

Manual del Gestor Energético Municipal en la Provincia de Alicante



La Agencia Provincial de la Energía de Alicante viene trasladando durante los últimos años la necesidad de hacer un **uso racional de la energía en todos los sectores** de la provincia de Alicante: administraciones públicas, industrias y empresas, hostelería, profesionales del sector, ciudadanía y turismo.



Sin lugar a dudas, la administración local conforma en nuestra provincia una red social que gestiona el territorio municipal y provincial y representa la primera línea de oferta de servicios y comunicación pública para la ciudadanía, la empresa y el turismo.

Esta **gestión municipal** debe ser todo lo eficiente posible, en todos los aspectos, para **contribuir al desarrollo y sostenibilidad de nuestro modelo social y económico**, al tiempo que se respetan los valores naturales del territorio. Una buena gestión energética municipal contribuirá a que los servicios prestados se hagan al menor coste posible, asegurando sus niveles de calidad y control. Consecuentemente, **la figura del gestor energético municipal se va consolidando como una necesidad** y es preciso dotarla de formación y herramientas de trabajo.

La Diputación de Alicante, a través de la Agencia Provincial de la Energía, ha desarrollado durante 2011 y 2012 dos cursos de gestores energéticos municipales con la asistencia de 59 técnicos procedentes de 52 ayuntamientos.

PRESENTACIÓN

El “*Manual del Gestor Energético Municipal en la Provincia de Alicante*” que tienen ahora en sus manos y que hemos desarrollado con ilusión desde la Agencia Provincial de la Energía, **recoge metodológicamente la información y experiencia desarrollada en los cursos impartidos.**

El técnico municipal más relacionado con la gestión energética podrá encontrar en esta publicación, por sectores (alumbrado público, iluminación interior, climatización de edificios, etc.) dónde se encuentran los potenciales más comunes de ahorro y qué métodos y tecnologías se pueden emplear.

El manual pretende ser una herramienta más para trabajar en la gestión energética municipal y en algún aspecto puede contribuir a **homogeneizar los criterios de gestión en nuestra provincia**, pues se ilustra a partir de nuestras realidades y necesidades.

Les invito a participar de sus propuestas para que formen parte de este proyecto del que todos nos beneficiamos, la Agencia Provincial de la Energía de Alicante.

Luisa Pastor Lillo

Presidenta de la Agencia Provincial de la Energía

Agencia Provincial de la Energía de Alicante,

Fundación Comunitat Valenciana.

Avd Denia 88, 2ºA

03016 Alicante

www.alicantenergia.es

info@alicantenergia.es

© Agencia Provincial de la Energía de Alicante

Título: “Manual del Gestor Energético Municipal en la Provincia de Alicante”

Dirección Técnica: Agencia Provincial de la Energía de Alicante

Elaboración Técnica: SGS Tecnos S.A.

Fotografías alumbrado: SGS Tecnos S.A.

Diseño y maquetación: TÁBULA Comunicación

Imprime: Quinta Impresión

Esta publicación ha sido producida por la Agencia Provincial de la Energía de Alicante durante el desarrollo del proyecto europeo cofinanciado ENERINTUR IEE/08/AGENCI-ES/741/512.528588 para el desarrollo de programas formativos para los Técnicos Municipales de la Provincia de Alicante.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin el permiso de los autores.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	06
2. EL SECTOR ENERGÉTICO	12
2.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL.....	14
2.2. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EN EL SECTOR ENERGÉTICO	20
3. AUDITORIAS ENERGÉTICAS	22
3.1. DEFINICIÓN	24
3.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	26
4. MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIOS	40
4.1. OPTIMIZACIÓN DE FACTURA ELÉCTRICA	42
4.2. ALUMBRADO PÚBLICO.....	54
4.3. EDIFICIOS MUNICIPALES.....	65
4.4. OTRAS INSTALACIONES MUNICIPALES	89
4.5. FLOTAS DE VEHÍCULOS MUNICIPALES	97
5. CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	102
5.1. SOLAR	106
5.2. MINIEÓLICA.....	113
5.3. GEOTERMIA	113
5.4. BIOMASA.....	116
5.5. MICROCOGENERACIÓN	117
6. GLOSARIO.....	120
7. DIRECCIONES WEB DE INTERÉS	124



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Los avances conseguidos en el desarrollo global de las sociedades han provocado un incremento general en el consumo de energía que implica la necesidad de plantear cambios en el uso de la misma. El planteamiento a la hora de utilizar las fuentes energéticas, debe implicar los conceptos de eficiencia y responsabilidad para que este desarrollo sea sostenible.

La optimización en el uso de la energía se ha convertido en la actualidad en un objetivo primordial en todos los ámbitos tanto sociales como empresariales. Este uso racional tiene como consecuencia fuertes implicaciones en los marcos ambientales, económicos, técnicos, etc.

Cuando hablamos de sostenibilidad y de energía podemos decir que existen actualmente tres aspectos claves a tener en cuenta:

- La energía es el motor que mueve el mundo: Según los últimos datos de la Agencia Internacional de la Energía el incremento de la demanda energética se mantendrá a largo plazo.
- La sociedad demanda un mundo más sostenible: La sociedad demanda, cada vez más, que se tomen medidas para producir de forma sostenible, es decir, hacer más con menos.
- La crisis financiera mundial: Es más necesario que nunca reducir gastos, tanto para los ciudadanos como para las administraciones públicas, con el fin de mejorar su competitividad.

Bajo este escenario, el objetivo debe ser la evolución del modelo económico global hacia uno más sostenible, más competitivo y basado en bajas emisiones de carbono; un modelo que asegure el respeto al medio ambiente, mantenga la competitividad de las empresas y la seguridad de suministro energético.

Para lograr alcanzar un escenario de eficiencia se requiere el esfuerzo de todos los agentes implicados: Empresas, Administraciones Públicas y de la Sociedad en general en la búsqueda y aplicación de soluciones.

En este contexto, desde hace unos años se vienen apoyando a nivel europeo distintas iniciativas de cara a la reducción de consumos y emisiones en municipios. Uno de los proyectos que más repercusión ha tenido a día de hoy es el “Pacto de los Alcaldes”, una ambiciosa iniciativa de la Comisión Europea que reúne a los Alcaldes de más de 4.750 ciudades de Europa en una red permanente de intercambio de buenas prácticas para mejorar la eficiencia energética e implementar el uso de las energías renovables a nivel del término municipal. El objetivo global del proyecto



Emisiones ambientales directas. Cortesía SGS.



Infraestructura eléctrica. Cortesía SGS.

es la reducción de las emisiones de CO₂ en los municipios firmantes en al menos un 20% en el año 2020. En la Provincia de Alicante, gracias al trabajo de apoyo y difusión realizado desde la Diputación Provincial de Alicante y a la implicación de los municipios, este proyecto ha encontrado una gran aceptación, siendo hoy en día la cuarta provincia europea con mayor número de municipios adheridos, sumando un total de 115 ayuntamientos. Esto representa casi el 80 % del total de municipios de la Provincia, lo que demuestra el alto grado de compromiso medioambiental de gobernantes y ciudadanos en la Provincia de Alicante.

La cantidad de energía consumida en los países desarrollados es muy superior a la estrictamente necesaria para garantizar todo lo anterior, y podría disminuirse de tal manera que se pudieran satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las de las generaciones futuras. Para lograr el ahorro y la eficiencia energética de una instalación es necesario seguir una serie de pasos, para los cuales el propietario o usuario de la instalación no siempre tendrá la capacidad o experiencia necesaria: cálculo de consumos energéticos, diseño de proyecto de reducción de energía, construcción, instalación, explotación, operación y mantenimiento. Además, para llevarlos a cabo es necesaria una financiación.

Los objetivos que se persiguen con este Manual es proporcionar una guía práctica para que cualquier municipio preocupado por disminuir su factura energética, conozca cuáles son los pasos que tiene que dar para implantar un plan de ahorro y eficiencia energética en sus edificios e instalaciones municipales, y definir una serie de medidas para reducir sus consumos energéticos y emisiones de CO₂.



EL SECTOR ENERGÉTICO

2.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL

El objetivo de este apartado es definir la demanda energética en la Provincia de Alicante dentro del contexto nacional y autonómico. Se pretende asimismo identificar el consumo de energía por sectores de manera que se establezcan los principales campos de actuación para el ahorro energético.

En primer lugar es necesario distinguir los conceptos “energía primaria” y “energía final”. La energía final es la energía tal como se usa en los puntos de consumo, por ejemplo, la electricidad o el gas natural utilizados en los hogares o bien la gasolina para los vehículos; la energía primaria sin embargo es aquella que se encuentra en la naturaleza, sin ninguna transformación, por ejemplo el petróleo o el carbón. Para que la energía esté disponible para el consumo son necesarias sucesivas operaciones de transformación y transporte, produciéndose en cada una de estas operaciones una serie de pérdidas.

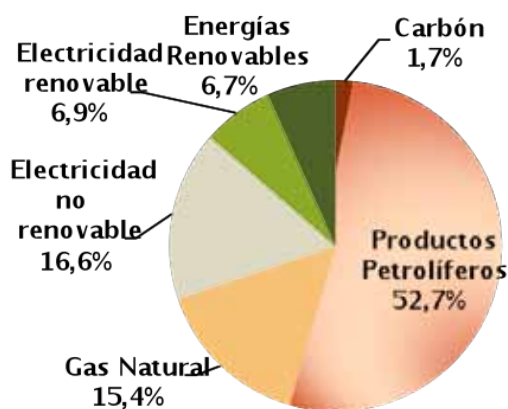


Según su origen, estas se clasifican en renovables y no renovables. La mayoría de las fuentes de energía renovables tienen su origen en el sol, por lo que los recursos son inagotables. Por el contrario, en el caso de las no renovables, estas no se reponen, y por lo tanto, al consumirlas se va reduciendo su existencia.

La generación de energía se realiza con una mezcla de las distintas fuentes de energía (mix de generación). Con el objeto de poder cuantificar, o al menos hacerse una

idea aproximada de la evolución de la eficiencia energética, se suele emplear un indicador: la intensidad energética. Éste se define típicamente como el consumo de energía, primaria o final, por unidad de Producto Interior Bruto (PIB). Como se desprende de su definición, la intensidad energética, en términos globales, viene a ser el valor medio de la cantidad de energía necesaria para generar una unidad de riqueza. Esto, en principio, justifica que, una evolución decreciente de este indicador tenga por consecuencia un consumo menor de energía para generar cada unidad de riqueza, y por lo tanto se puede interpretar como incremento en la eficiencia energética global del sistema analizado.

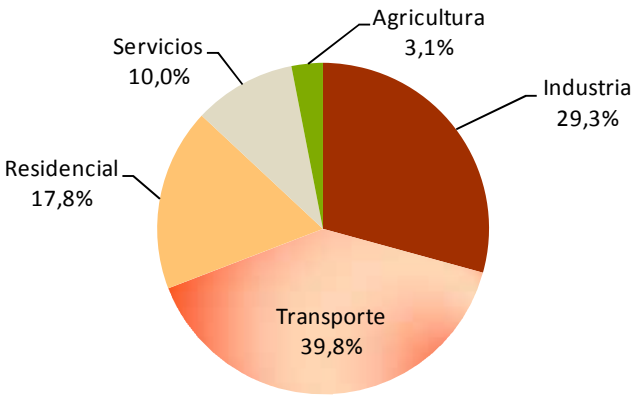
Dado el carácter práctico del presente manual, se aborda solamente la estructura de consumos de energía final. En el siguiente gráfico se aprecia la estructura de consumo en función de la fuente energética empleada.



Estructura consumos nacional por fuentes energéticas 2012 – Fuente: IDAE

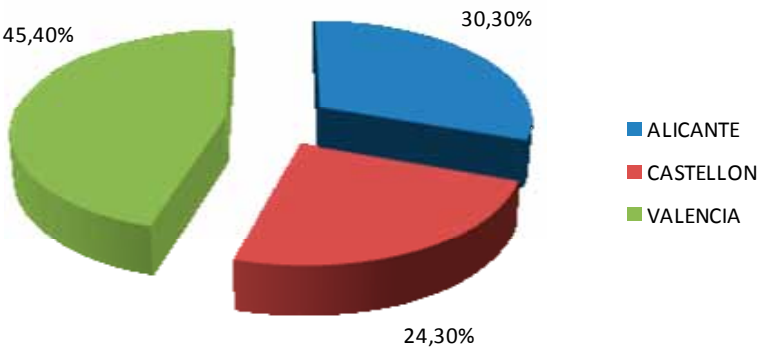
Cabe destacar la importancia que ha cobrado en los últimos años la electricidad procedente de fuentes renovables, tal y como se observa en el gráfico anterior.

Por otra parte, atendiendo a la distribución de consumos en función del sector, nos encontramos con una estructura en la que el transporte representa el mayor porcentaje del total, seguido por la industria y el sector residencial.



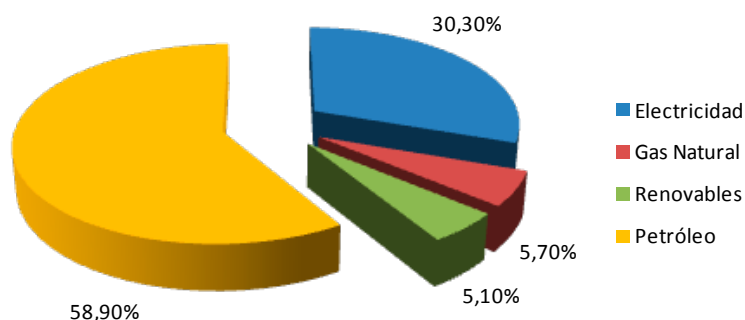
Estructura consumos nacional por sectores 2012 – Fuente: IDAE

Tal y como se observa en el gráfico a continuación, la Provincia de Alicante representa un 30,3 % del consumo final, ocupando el segundo lugar en consumo de energía final en la Comunidad Valenciana.



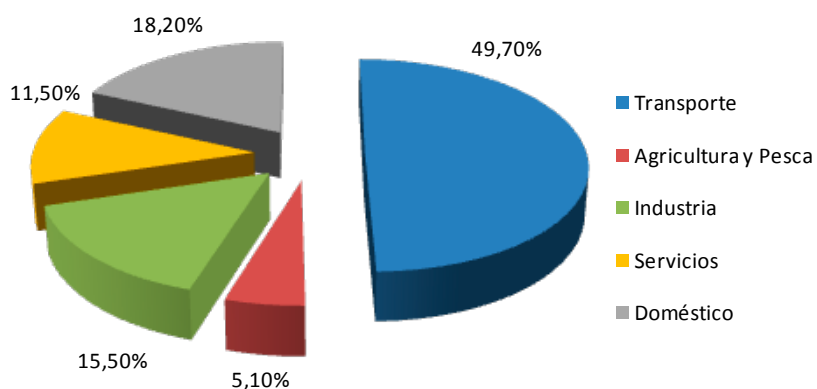
Estructura consumos por provincias (año 2011) - Fuente datos: AVEN

En relación a la estructura de consumos en la Provincia, a continuación se muestran los datos tanto para el caso de demanda en función de la fuente como para el caso de la demanda en función del sector.



Estructura consumos por fuentes energéticas en la Provincia de Alicante (año 2011)

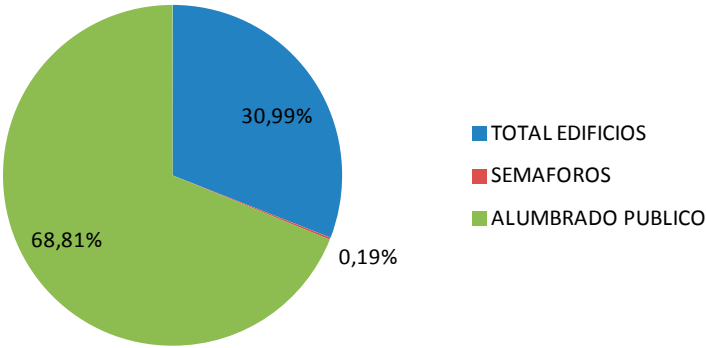
Fuente datos: AVEN



Estructura consumos por sectores en la Provincia de Alicante (año 2011). Fuente datos: AVEN

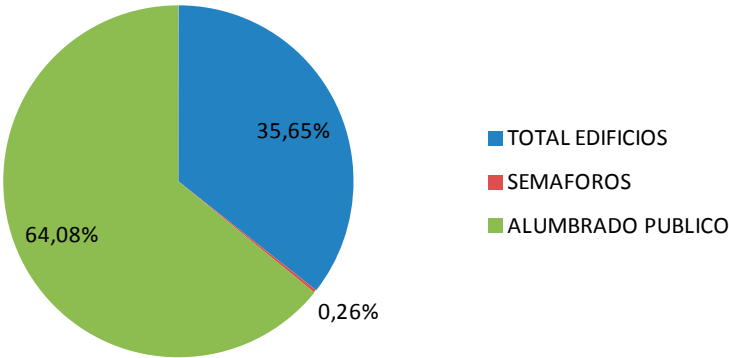
Los consumos de las Administraciones Públicas quedan incluidos dentro del sector Servicios reflejado en el gráfico anterior. Por otro lado, la electricidad representa el mayor consumo para un ayuntamiento, pudiendo llegar a valores superiores al 90%. Por ello se refleja a continuación dos gráficos donde se puede ver una distribución típica de consumos y costes eléctricos referidos estrictamente a las instalaciones de un municipio alicantino.

Consumo energético electricidad [kWh]



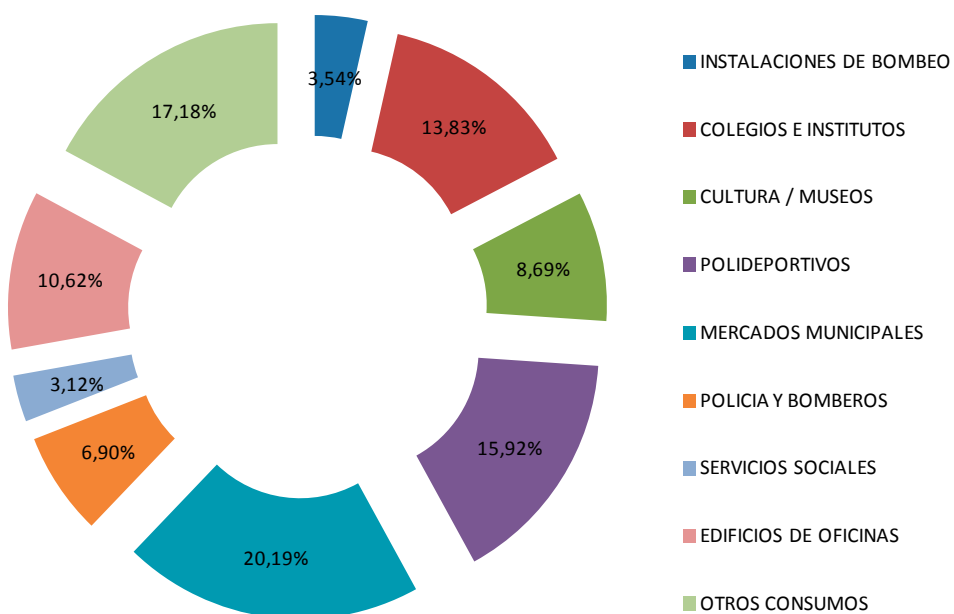
Estructura consumos electricidad municipal (50.000 hab.) – Fuente: Elaboración propia

Coste económico electricidad [€]



Estructura costes electricidad municipal (50.000 hab.) – Fuente: Elaboración propia

En el caso de los edificios, una estructura tipo de consumo eléctrico para un municipio en torno a 50.000 habitantes podría ser la que sigue a continuación.

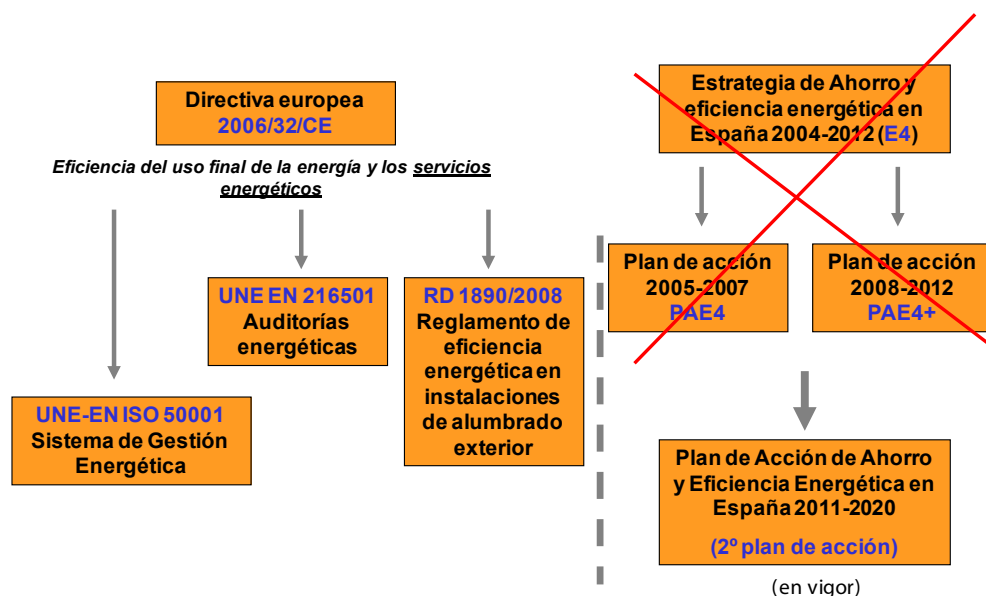


Estructura consumos electricidad en edificios (municipio de 50.000 hab.)

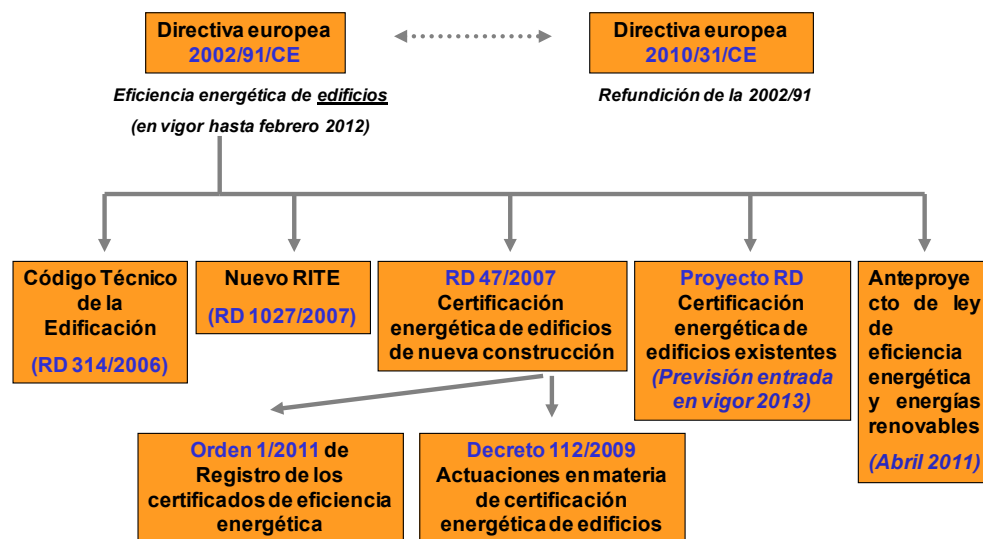
Fuente: Elaboración propia

2.2. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EN EL SECTOR ENERGÉTICO

Como se ha comentado en capítulos anteriores, el uso de la energía constituye hoy en día una cuestión de primer orden que implica a distintos ámbitos de la sociedad. Es por ello que se han emprendido una serie de medidas legislativas, tanto a nivel europeo como a nivel estatal y autonómico para contribuir al uso racional de la energía que conlleven la consecución de ahorros energéticos que permitan un desarrollo social sostenible. En la figura adjunta se muestra una “fotografía” del marco regulatorio en la actualidad:



En el caso de los edificios, donde en algún caso podrían verse afectados edificios de la administración pública, la legislación específica actual es la mostrada a continuación:



La legislación y normativa que aparece en el presente apartado constituye una muestra no extensiva de los distintos documentos que regulan la eficiencia energética a distintos niveles.

En apartados sucesivos se profundizará en algunos aspectos legislativos en función de la materia en concreto, como es la certificación energética de edificios existentes o el uso de la tecnología LED en alumbrado público.



MANUAL DEL GESTOR ENERGÉTICO
MUNICIPAL EN LA PROVINCIA DE ALICANTE

AUDITORÍAS ENERGÉTICAS MUNICIPALES

El desarrollo experimentado en los últimos años ha provocado un importante incremento de los consumos energéticos de las instalaciones municipales, ya sean de alumbrado público, de bombeo, edificios o servicios en general.

En esta situación, solo una política de fomento del ahorro energético y una gestión energética perfectamente planificada a escala local, puede mantener la energía consumida en el municipio en un entorno controlado. De este modo, se da respuesta a las demandas sociales de servicios de mayor calidad, siendo respetuosos con el medio ambiente en la línea de los compromisos derivados del protocolo de Kyoto.

La institución municipal es la que mejor puede estimular el ahorro energético entre sus ciudadanos, dando ejemplo por medio de las actuaciones que acometa en este sentido en los centros de consumo que dependan de ella: alumbrado público, colegios, polideportivos, dependencias municipales, transporte urbano, depuradoras de agua, etc.

Para disminuir el gasto energético municipal se propone en este apartado una metodología que permita a los técnicos municipales evaluar los consumos municipales e identificar oportunidades de mejora.

3.1. DEFINICIÓN

La auditoría energética se puede definir como un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de energía de la industria o del edificio, y cuyo objetivo es establecer un conjunto de soluciones encaminadas a un uso racional de la energía. Dichas mejoras deben conducir a un menor gasto energético y a un aumento de la calidad de los servicios prestados y del confort.

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético del municipio o de las instalaciones
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Los objetivos que se persiguen mediante la realización de una auditoría energética son:

- Conocer el mapa energético actual del municipio/instalación/edificio
- Disponer de un inventario de los principales equipos consumidores de energía
- Obtener el balance energético global de los equipos e instalaciones
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía
- Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables
- Analizar la viabilidad económica y los beneficios



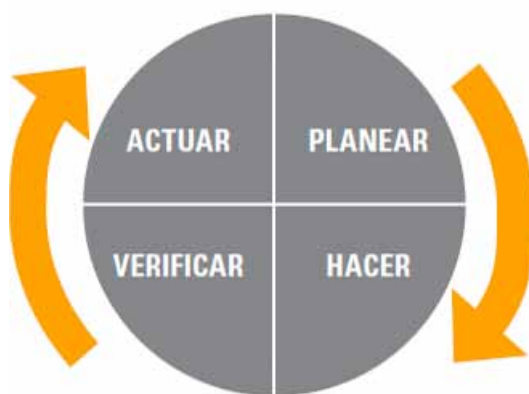
Alumbrado público municipal. Cortesía SGS.

3.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Una auditoría es un proceso complejo, por lo que para acometer su realización se diferencian diversas fases, es necesario establecer un procedimiento, de manera que se simplifica tanto su estudio como ejecución.

No existe una metodología única, por lo que la que se propone a continuación es una metodología a nivel orientativo que pueda servir de ayuda al técnico municipal. Esta sencilla metodología está basada en cuatro pasos principales, los cuales a su vez constan de diversas fases o acciones:

- Paso 1: Recopilación inicial de información
- Paso 2: Realización de mediciones y toma de datos
- Paso 3: Análisis y evaluación actual de la instalación
- Paso 4: Elaboración del informe con propuesta de mejoras y estudio económico



Esquema actuación. Cortesía SGS.

A continuación se profundizará en qué consiste cada uno de los pasos expuestos anteriormente.

3.2.1. Paso 1: Recopilación inicial de información

Este primer paso se presenta como parte fundamental para la óptima realización de los trabajos. Su objetivo es asegurar que se dispone de la información necesaria para realizar una buena preparación y organización de los trabajos, de manera que se optimice el tiempo que se invertirá en la realización de la auditoría.

Antes de pasar a la siguiente fase se realizará un detallado análisis de la información recopilada. Cuando no se disponga de dicha información, o ésta no se considere suficiente, es necesario tomarla in situ.

A continuación se muestra un posible listado de la documentación a recabar:

- Antigüedad de las instalaciones
- Facturas de, como mínimo, los últimos dos años (electricidad, combustibles, agua): esto nos permite conocer el orden de magnitud de los consumos así como cuáles de ellos tienen un mayor peso económico. ENERGIA CONSUMIDA (kWh).
- Horarios y turnos: información de carácter fundamental puesto que nos indica la periodicidad del uso que se hace de las instalaciones. Además nos puede ayudar a identificar si existen equipos o estancias que tengan horarios distintos y, por tanto, puedan ser compartimentadas. TIEMPO DE TRABAJO (horas)
- Equipos existentes: Aquí se debe indicar las características de cada uno de los equipos presentes (potencia, periodos de funcionamiento, antigüedad, fabricante, etc.). Estos equipos son objetivos clave en el estudio energético y esta información previa nos facilita la realización de un inventario. POTENCIAS (kW)
- Otros datos: También pueden ser de utilidad otros datos como por ejemplo las superficies ocupadas, los esquemas de principio y de distribución de las distintas instalaciones (agua, climatización, iluminación, etc.), esquemas unifcadores, etc.

El inventario es una parte fundamental, ya que es imposible calcular el potencial de las medidas de ahorro sin un inventario que nos diga qué tenemos. Éste se puede completar durante las visitas a las instalaciones, aunque es importante disponer de un inventario previo en base a la información recopilada.

Con los datos obtenidos anteriormente podemos hacer una primera estimación de reparto de consumos en base a la siguiente fórmula:

Energía consumida (kWh) = Potencia equipos (kW) x Tiempo de trabajo (horas)

3.2.2. Paso 2:

Toma de datos y realización de medidas en las instalaciones

En esta fase, inicialmente se definen los datos a tomar así como los parámetros que se deberán medir. En función de esta información se elabora un plan de mediciones a efectuar. El plan de mediciones deberá ajustarse a las necesidades detectadas, es decir, en ocasiones puede ocurrir que no se disponga de tiempo o recursos suficientes para tomar las medidas necesarias para analizar todos los consumos de todos los equipos; en estos casos se puede prever el estudio de los principales consumidores o de aquellos susceptibles de ser afectados por alguna mejora de manera que se consiguen estimar los costes de una manera más fidedigna.

Para la realización de las visitas es muy recomendable la preparación de un cuestionario de recogida de datos, de manera que se facilita el trabajo al técnico y nos aseguramos que durante las visitas se recopilan todos los datos y se efectúan todas las mediciones previstas.

TOMA DE DATOS

Con el propósito de realizar los trabajos posteriores asociados a la auditoría, se realiza la toma de datos de las instalaciones, para adquirir un conocimiento completo de la situación energética actual de las mismas y así poder determinar el funcionamiento y eficiencia energética de las instalaciones y equipos.



En esta fase es donde se debe realizar un inventario exhaustivo para completar el realizado inicialmente. A continuación se enumera una serie de datos que pueden servir de ejemplo como información más importante a recopilar:

Suministros energéticos

En este apartado se recopila diversa documentación, parte de la cual es probable que ya dispongamos de ella:

- Curvas de carga de consumo eléctrico, de gas y de otros combustibles
- Facturas de los suministros energéticos relativas a los dos últimos años
- Consumos parciales eléctricos, de gas y de otros combustibles en determinados equipos consumidores.

Tecnologías horizontales

Se deberá recopilar distinta información inherente a cada uno de los subsistemas. Dicha información se recogerá a través de equipos de medida que ya se encuentren instalados como caudales, temperaturas, lecturas de contadores, etc. Entre las posibles tecnologías horizontales, destacamos:

- Sistema eléctrico:
 - Planos de distribución de fuerza
 - Esquemas eléctricos unifilares
 - Disposición de CT
 - Canalizaciones eléctricas principales
- Sistema de Iluminación
 - Planos de alumbrado
 - Inventario de todas las lámparas y luminarias: tipo, potencia, tipo de balastos (fluorescentes), horas de uso ,etc.
 - Inventario de los sistemas de encendido, dispositivos de regulación y control de iluminación
- Sistemas de acondicionamiento térmico, climatización y ventilación
 - Planos de distribución de equipos terminales: extractores, climatizadores, radiadores, etc.
 - Planos de la red de conductos de distribución
 - Inventario de equipos consumidores de energía: calderas, quemadores, etc. con sus características (potencia, rendimiento, etc.)
 - Agua caliente sanitaria
 - Planos de la red general con indicación del número de grifos y duchas
 - Uso diario del agua caliente

Características constructivas

Aquí se deberán recoger todos los detalles referentes a las características constructivas de los edificios objeto de estudio. Se deberá obtener información como por ejemplo:

- Número de ventanas
- Características de los huecos y vidrios de la edificación
- Características de los cerramientos
- Material y tipo de aislamiento
- Grosor de las paredes
- Existencia de puentes térmicos
- Existencia de rendijas para ventilación

Otros

- Equipos ofimáticos
 - Número y tipo de los equipos utilizados
 - Horas y modo de uso (¿se apagan durante la noche?)
- N° personas trabajando en el edificio
 - Número de trabajadores en cada sección
 - Número máximo y mínimo de personas trabajando contemporáneamente en cada uno de los espacios

Una vez finalizada esta fase se pueden establecer criterios preliminares para incidir en los puntos de mayor consumo energético.

REALIZACIÓN DE MEDICIONES

Además de inventariar los diferentes elementos consumidores de energía, durante las visitas, se deben efectuar medidas que nos ayuden a entender el funcionamiento de las instalaciones y completar todos los datos y la documentación recopilada anteriormente. De igual manera que se ha hecho en el apartado anterior, se propone a continuación un plan de mediciones a seguir como directriz:

Suministros energéticos

Algunas de las mediciones que se pueden realizar en el ámbito de los suministros energéticos son:

- Medida de la curva de carga del cuadro general.



Medición eléctrica en instalación. Cortesía SGS.

- Instalación de equipos de medida para gas y otros combustibles

Tecnologías horizontales

- Sistema eléctrico: En puntos críticos donde no se disponga de datos, como puede ser el caso de bombas, grupos de frío, etc., se procederá a medir valores tales como la intensidad, la tensión y la potencia activa y reactiva
- Sistema de iluminación: Además de realizar el inventario de número, tipo y potencia de las distintas lámparas, se deberá medir en este apartado el nivel de iluminación (lux).
- Sistemas de acondicionamiento térmico, climatización y ventilación: Se deben realizar análisis de combustión de las calderas para evaluar el rendimiento,

temperaturas de confort y humedad relativa en las distintas estancias y puestos de trabajo. Se ha de tener presente en estas mediciones algunos factores como los meteorológicos, la orientación del edificio en cuestión o la presencia de elementos que puedan provocar sombra.

- Agua caliente sanitaria: En este punto se toman medidas representativas de un buen funcionamiento de la instalación como caudal, presiones, temperaturas, etc.

EQUIPOS DE MEDIDA

Para efectuar las diferentes medidas son necesarios una serie de equipos, algunos de los cuales se enumeran a continuación:

Analizador de redes: Mide el consumo eléctrico a lo largo de un cierto tiempo. Permite clasificar los consumos y, en consecuencia, detectar las áreas con ahorros potenciales más grandes. Entre sus funcionalidades destacan: armónicos, potencia, energía, transitorios, calidad eléctrica, etc.

Amperímetro: Mide la intensidad que se está consumiendo en un determinado aparato.

Cámara termográfica: Permite visualizar la temperatura a la que se encuentra cada objeto en una estancia. De esta manera se puede detectar fácilmente donde existen pérdidas de calor y frío en un cerramiento.

Termómetro: Permite medir temperaturas. Los hay analógicos y digitales.



Analizador de redes



Amperímetro



Cámara termográfica



Termómetro

Analizador de gases de combustión: Este instrumento se emplea para determinar si la combustión se está llevando a cabo de manera adecuada. La detección de valores elevados de ciertas sustancias es indicativo de que el equipo está comburiando inadecuadamente, por lo que su consumo puede ser excesivo.

Caudalímetro: Se emplea para la medición del caudal de un fluido.

Luxómetro: Mide la cantidad de luz que hay en un espacio. Con este aparato se puede determinar si la luz en una estancia es suficiente o no, y en consecuencia podemos adoptar las medidas oportunas.

Cámara fotográfica: En la realización de las visitas es muy importante llevar siempre una cámara fotográfica de manera que queden registrados para su posterior análisis todos los detalles (situación de equipos, número de equipos, etc.)



Analizador de gases de combustión



Caudalímetro



Luxómetro



Cámara fotográfica

3.2.3. Paso 3: Análisis y evaluación

Con la documentación y los datos y las medidas recopilados se puede realizar un análisis técnico de la situación energética de la instalación de cara a detectar posibilidades de mejora y recomendaciones de optimización.

Debe tenerse en cuenta que si se quiere evaluar la eficiencia de ciertos equipos o instalaciones en concreto, se deberán realizar balances específicos para dichos equipos o instalaciones.

Para analizar toda la información recogida de una manera metódica y eficiente, se debe:

- En primer lugar, realizar una clasificación del consumo energético en función de los diferentes usos. Es decir, clasificar el consumo según este se utilice en iluminación, climatización, equipos, etc. De este modo se pueden detectar los consumos más grandes y donde están los potenciales de ahorro más importantes.
- Una vez clasificados los consumos se deben identificar las ineficiencias en cada uno de ellos y las causas de las mismas (lámparas ineficientes, aislamientos insuficientes, etc.)

- Por último se procede a la descripción, para cada una de las ineficiencias detectadas, de las posibles medidas de ahorro.

Las medidas propuestas en el tercer punto atienden, de forma general, a la siguiente clasificación:

- Sustitución de equipos por otros mas eficientes (por ejemplo sustitución de balastos)
- Buenas prácticas en el uso de los equipos existentes, mediante su óptima regulación y/o uso eficiente de los mismos
- Mejoras en suministros energéticos
- Sustitución de fuentes energéticas / aprovechamiento de calores residuales (utilización de energías renovables)
- Mejoras del sistema actual de gestión energética

Las propuestas de actuación que son elaboradas tienen como finalidad reducir el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y repercutir en un ahorro económico. Cada una de las medidas debe valorarse tanto a nivel técnico como económico de acuerdo a distintos criterios como ahorro energético anual, porcentaje de ahorro respecto al consumo global, complejidad de la implementación de la medida en sí, posibles inconvenientes técnicos de la medida, ahorro económico, coste de implantación, periodo de retorno, etc.

Lo anteriormente expuesto se puede esquematizar de la siguiente manera:

- **Estudio de ahorro de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero**
Cada una de las propuestas es evaluada en función de los ahorros de energía que se conseguirán con su implantación, así como de emisiones de gases de efecto invernadero u otros impactos sobre el medio ambiente.

- **Estudio de viabilidad técnico-económica**

De todas y cada una de las alternativas propuestas se deben preparar presupuestos de las inversiones, así como un análisis coste-beneficio que permita realizar un estudio del retorno y la rentabilidad de cada medida.

De la misma manera se tiene que estudiar la viabilidad de acometer técnicamente dicha medida, lo cual se puede hacer a través del cálculo del periodo de retorno de la medida identificada en cuestión.

$$\text{PERIODO RETORNO SIMPLE [años]} = \frac{\text{INVERSION NECESARIA [€]}}{\text{AHORRO ECONOMICO ANUAL [\frac{€}{año}]}}$$

- **Clasificación de las propuestas de actuación**

Se han de clasificar las distintas medidas, lo cual puede realizarse en base a distintos criterios, como por ejemplo:

- Ahorro energético
- Periodo de retorno
- Prioridad de las actuaciones. Se acometen primero aquellas actuaciones relativas a las instalaciones menos eficientes

- **Cuadro resumen con las medidas de ahorro propuestas**

Es recomendable elaborar una tabla en la que vengan reflejadas todas las medidas propuestas con las características de cada una, de manera que se facilite la comparación entre ellas. El cuadro debería recoger para cada una, al menos, los siguientes aspectos:

- Descripción
- Ahorro energético
- Ahorro económico
- Inversión
- Periodo de retorno simple (amortización simple)
- Impacto ambiental en reducción de emisiones de CO₂

3.2.4. Paso 4: Realización del informe

Una vez se tienen los resultados del análisis anterior, se procede a la elaboración de un informe que recoja la situación actual a nivel energético de las instalaciones, las medidas propuestas y las mejoras tanto energéticas como económicas que se esperan conseguir.

En general los mayores consumos y por tanto los mayores potenciales de ahorro se darán en instalaciones o equipos con altos valores de potencia instalada (kW) y que además trabajen durante un número elevado de horas. La reducción de los consumos pasará por sustituir el equipo por otro más eficiente, por otro de menor potencia en función de las necesidades o a través de la disminución del tiempo de trabajo mediante el uso de sistemas de control y regulación.



MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIOS

En el apartado anterior se ha expuesto de manera general una metodología para poder llevar a cabo auditorías energéticas en cualquier tipología de instalación. En este apartado se recogen una serie de medidas concretas para ahondar en el estudio de las mismas y poder así entenderlas en su totalidad. Las medidas se han clasificado en función de las oportunidades de ahorro que existen dentro de un municipio.

4.1. OPTIMIZACIÓN DE FACTURA ELÉCTRICA

Uno de los aspectos que más posibilidades de ahorro ofrece, tanto energético como económico, es el consumo de energía eléctrica. Actualmente la situación del mercado eléctrico en España permite la adopción de varias medidas relativas a la facturación eléctrica a través de las cuales podemos conseguir importantes ahorros económicos.

El proceso físico de suministro de energía eléctrica está estructurado de la siguiente manera:

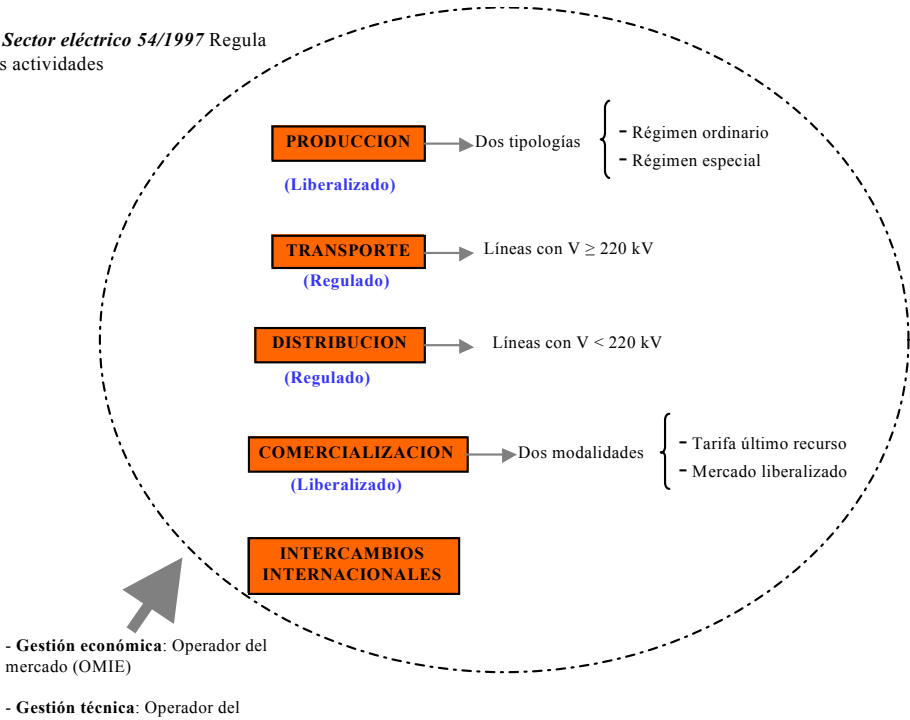


Red transporte. Cortesía SGS.

La Ley del sector eléctrico 54/1997 introdujo cambios significativos en aras de una liberalización del mercado eléctrico. En este sentido, nace la figura de la comercializadora, un agente situado entre la distribuidora y el cliente final.

Tanto el transporte como la distribución eléctrica están sometidos a regulación por parte del Gobierno, mientras que la generación y la comercialización se encuentran liberalizadas. Así pues, en el siguiente esquema se puede apreciar un resumen del mercado eléctrico:

Ley del Sector eléctrico 54/1997 Regula todas las actividades



Como se observa en el esquema anterior, el consumidor final tiene dos opciones para contratar un suministro eléctrico:



PRIMERA OPCIÓN

- Mediante contrato de suministro de último recurso a través de una comercializadora de último recurso y cuyo precio viene determinado por la tarifa de último recurso (TUR):

Esta opción solo es válida para aquellos consumidores en baja tensión ($V < 1000$ voltios) y con una potencia contratada menor de 10 kW.

El precio del suministro viene fijado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y consta de dos términos:

- **Término fijo:** es función de la potencia contratada y resulta de multiplicar el precio del término de potencia en vigor en el periodo de facturación por los kW contratados. También se suele denominar término de potencia.
- **Término variable:** aquí se factura el consumo realizado durante el periodo de facturación. Se calcula multiplicando los kWh medidos por el contador por el precio del término de energía. También se conoce con el nombre de término de energía.

Los clientes acogidos a esta tarifa podrán acogerse a distintas modalidades: sin discriminación horaria, con discriminación horario de dos periodos y discriminación horaria supervalle.

A continuación se muestra las tarifas de último recurso vigentes para el primer trimestre del año 2013:

SUMINISTRO ELÉCTRICO DE ÚLTIMO RECURSO A CONSUMIDORES CON P < 10 kW				
Nivel de consumo de referencia	Término de potencia €/kW y año	Término de energía €/kWh		Horarios
Potencia, P < 10 kW Sin Discriminación horaria	21,893189	0,150938		0 - 24 h.
Potencia, P < 10 kW Con Discriminación horaria 2 periodos	21,893189	0,063770	Valle	22:00 - 12:00
		0,183228	Punta	12:00 - 22:00
Potencia, P < 10 kW Con Discriminación horaria supervalle	21,893189	0,052775	Supervalle	1:00 - 7:00
		0,077720	Valle	Resto
		0,184298	Punta	13:00 - 23:00

SEGUNDA OPCIÓN

- Contratar el suministro en el mercado liberalizado:

Se deberán acoger a esta modalidad aquellos consumidores en baja tensión con potencias contratadas superiores a 10 kW y todos aquellos consumidores con suministros en alta tensión, independientemente de la potencia contratada.

En este caso el precio del suministro se compone de:

- **Tarifa de acceso o peaje:** es un término del precio que se encuentra regulado y es establecido periódicamente por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Dicho término hace referencia al uso de las redes del distribuidor. Consta a su vez de dos términos, uno fijo en función de la potencia contratada y otro variable en función de la energía que haya circulado por la red del distribuidor.
- **Precio libre:** este término se refiere al valor de la energía eléctrica que se adquiere al comercializador de acuerdo con el precio libremente pactado.

En la siguiente tabla se recogen los distintos tipos de tarifa de acceso existentes:

PEAJES DE ACCESO EXISTENTES	
Tarifas de baja tensión ($U \leq 1\text{kV}$)	Tarifas de alta tensión ($U > 1\text{kV}$)
Tarifa 2.0: 1, 2 ó 3 periodos horarios y potencias contratadas $\leq 10\text{ kW}$	-
Tarifa 2.1: 1, 2 ó 3 periodos horarios y potencias contratadas $> 10\text{ kW}$ y $\leq 15\text{ kW}$	-
Tarifa 3.0A: 3 periodos horarios y potencias contratadas $> 15\text{ kW}$	Tarifa 3.1A: 3 periodos horarios y potencias contratadas $\leq 450\text{ kW}$
-	Tarifas 6: 6 periodos horarios y 5 escalones de tensión

En base a las dos posibilidades de contratación del suministro eléctrico expuestas, se estudiarán las distintas medidas que se pueden proponer para optimizar la factura eléctrica.

MEDIDA 1: OPTIMIZACIÓN DE LA POTENCIA CONTRATADA

En ocasiones puede ocurrir que se tenga contratada una potencia superior a las necesidades reales, con lo cual se incurre en un gasto innecesario en la factura en el término de potencia. Por el contrario, también puede ocurrir que la potencia contratada sea inferior a la que se necesita para llevar a cabo las actividades. En este segundo caso se penalizarán económicamente los excesos de potencia demandados

o bien, si se dispone de ICP (interruptor de control de potencia) éste cortaría el suministro eléctrico, impidiendo el trabajo.

Así pues, para no incurrir en gastos innecesarios y poder trabajar sin cortes de suministro, es importante contratar una potencia adecuada a las necesidades reales.

En función del tipo de tarifa contratada, la penalización por exceso de potencia se realiza de manera distinta. En el caso de contratos a tres periodos, las fórmulas que se utilizan en la facturación del término de potencia son las siguientes:

PRM < 0,85 PC	→ PF = 0,85 PC
0,85 PC < PRM < 1,05 PC	→ PF = PRM
PRM > 1,05 PC	→ PF = PRM + 2 (PRM – 1,05 PC)

Donde,

PF: Potencia facturada

PC: Potencia contratada

PRM: Potencia registrada por el máxímetro

Así pues, en función de las fórmulas anteriores y de los registros de años anteriores, se ajusta la potencia a contratar de manera que el pago en concepto de término de potencia sea el mínimo.



En cuanto a los contratos con 6 periodos, para determinar la potencia óptima, se parte de la curva de potencia cuarto-horaria que debe facilitar la compañía suministradora. La potencia a facturar en cada periodo tarifario será la potencia contratada. En caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier periodo horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y cada uno de los excesos registrados en cada periodo, de acuerdo con la metodología establecida en el RD 1164/2001, donde se recoge la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i \times 1,4064 \times \sqrt{\sum_{j=1}^{j=n} (Pdj - Pci)^2}$$

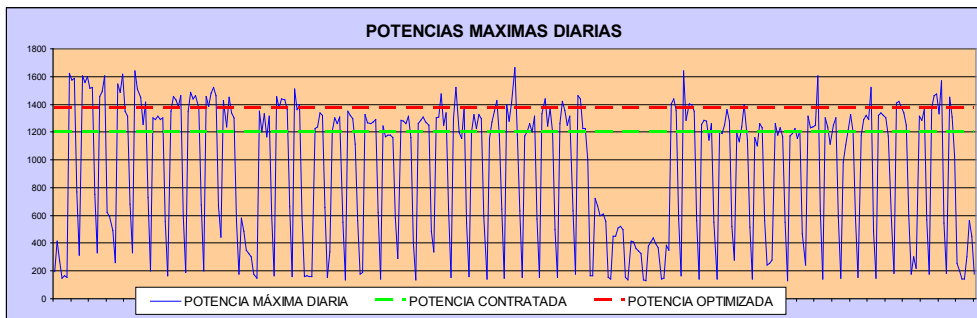
Donde:

K_i es un coeficiente que toma valores en función del periodo tarifario i

Pci es la potencia contratada en el periodo i .

Pdj = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del periodo i en que se haya sobrepasado Pci .

En el gráfico anexo se puede observar un ejemplo en el que se paga demasiado en concepto de excesos de potencia y conviene, contratar una potencia superior. Se debe tener en cuenta en estos casos que un aumento de potencia conlleva gastos asociados como derechos de enganche y acometida, etc.



Fuente: Cortesía SGS

EJEMPLO 1**COSTES TÉRMINO DE POTENCIA**

Análisis de costes del término de potencia para un contrato a 3 periodos con potencia contratada 30 kW y los siguientes datos:

Lecturas maxímetro: P1: 31 kW; P2: 33 kW; P3: 21 kW

Precios término energía: P1: 0,72 €/kW; P2: 0,43 €/kW; P3: 0,29 €/kW

Término de potencia en periodo 1:

La lectura registrada se corresponde con el intervalo $0,85 \text{ PC} \leq \text{PRM} \leq 1,05 \text{ PC}$, con lo que la potencia a facturar será $\text{PF} = \text{PRM} = 31 \text{ kW}$.

El coste del término de potencia en este periodo será de $31 \text{ kW} \times 0,72 \text{ €/kW} = 22,32 \text{ €}$.

Término de potencia en periodo 2:

La lectura registrada se corresponde con el intervalo $\text{PRM} > 1,05 \text{ PC}$, con lo que la potencia a facturar será $\text{PF} = \text{PRM} + 2 (\text{PRM} - 1,05 \text{ PC}) = 33 + 2 (33 - 31,5) = 36 \text{ kW}$

El coste del término de potencia en este periodo será de $36 \text{ kW} \times 0,43 \text{ €/kW} = 15,48 \text{ €}$.

Término de potencia en periodo 3:

La lectura registrada se corresponde con el intervalo $\text{PRM} < 0,85 \text{ PC}$, con lo que la potencia a facturar será $\text{PF} = 0,85 \times \text{PRM} = 25,5 \text{ kW}$.

El coste del término de potencia en esta periodo será de $25,5 \text{ kW} \times 0,29 \text{ €/kW} = 7,395 \text{ €}$.

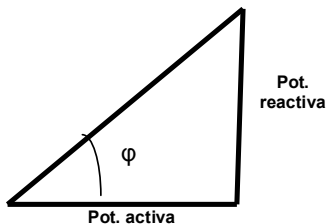
Es decir, el término de potencia para esta factura será de 45,195 €, mientras que si en los tres periodos se hubiera registrado un valor igual a la potencia contratada, el término de potencia sería 43,2 €.

MEDIDA 2: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

Las máquinas eléctricas que trabajan en corriente alterna convierten la energía eléctrica en trabajo mecánico y calor. Esta energía se llama activa y es medida en kWh. Algunos receptores (receptores inductivos) necesitan campos magnéticos para su funcionamiento, como los transformadores, los motores, etc. y consumen otro tipo de energía denominada reactiva. Estos receptores absorben energía de la red para la creación de los campos magnéticos y la entregan durante su destrucción.

Este funcionamiento entre la red y el receptor provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos y un aumento de consumo de energía suplementaria que no es aprovechada directamente por el usuario.

Una de las actuaciones que se pueden llevar a cabo para disminuir la factura eléctrica es la compensación de esta energía reactiva. La energía reactiva viene definida por el $\cos \varphi$, también llamado factor de potencia, el cual se calcula como:



$$\cos \varphi = \frac{Pot. activa}{\sqrt{Pot. activa^2 + Pot. reactiva^2}}$$

Cuanto más próximo al valor unitario se encuentre el factor de potencia, menos energía reactiva se estará consumiendo en la instalación y, en consecuencia, se obtendrán una serie de ventajas:

- Disminución de la cuantía económica de la factura
- Aumento de la potencia disponible
- Reducción de la sección de los cables
- Reducción de las caídas de tensión
- Disminución de las pérdidas

Los escalones de los posibles cosenos que se pueden producir y las penalizaciones correspondientes vienen contemplados en la tabla siguiente:*Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo*

COS φ	€ / kVA _{rh}
Cos φ < 0,95 y hasta Cos φ = 0,8	0,041554
Cos φ < 0,8	0,062332

Fuente. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

En el mercado liberalizado se paga únicamente por los excesos de reactiva que sobrepasen el 33% de los kWh consumidos en los periodos punta y llano. No existe penalización en periodos valle.

Para la corrección de la energía reactiva, generalmente, se suelen utilizar equipos de compensación automáticos, los cuales están constituidos por tres elementos principales:

- El regulador: su función es medir el cos φ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse al cos φ objetivo.
- Los contactores: son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que componen la batería.
- Los condensadores: son los elementos que pueden aportar la energía reactiva a la instalación.

Para la compensación de la energía reactiva, se debe proceder en primer lugar a la lectura y análisis de las facturas eléctricas para así determinar la magnitud de la energía reactiva consumida y el sobrecoste en la factura. Si se dispone de un analizador de redes es muy útil realizar las correspondientes mediciones para poder visualizar en que periodos se consume energía reactiva. Una vez determinado el factor de potencia medio de la instalación y la distribución de consumos de energía reactiva, se puede proponer la adquisición de una batería de condensadores con regulación automática que se ajuste a la potencia reactiva demandada por la

instalación. Esta decisión estará condicionada por los costes correspondientes a la compra e instalación de la batería y por el coste anual de la energía reactiva repercutido en factura. Así pues, la inversión y el ahorro económico anual determinarán la amortización en número de años.

EJEMPLO 2

COSTES ENERGIA REACTIVA

Análisis de costes debidos a energía reactiva en factura en base a las siguientes lecturas reales:

	Energía kWh	Reactiva kVArh	Potencia kW
Periodo 1	0	0	0
Periodo 2	0	0	0
Periodo 3	0	0	0
Periodo 4	0	0	0
Periodo 5	64686	42119	408
Periodo 6	11837	14277	358

La tarifa de acceso correspondiente establece que el coste de la energía reactiva se calculará en función del $\cos \varphi$ de la instalación en cada uno de los diferentes periodos, exceptuando el periodo 6, en el que no se cobrará la energía reactiva demandada. Del mismo modo establece que solo se facturará la energía reactiva que supere el 33% de la energía activa demandada en el mismo periodo.

Los precios a aplicar para los excesos de energía reactiva, en función del valor del $\cos \varphi$ de la instalación, para todas las tarifas de acceso se han mostrado anteriormente.

En este caso solo tendremos en consideración el periodo 5 para el cálculo de la energía reactiva a facturar.

Para la estimación del $\cos \varphi$ empleamos la ecuación:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{activa}}}{\sqrt{(P_{\text{activa}}^2 + P_{\text{reactiva}}^2)}}$$

	Cos φ
Periodo 5	0,84

Con lo que obtenemos que:

El coseno calculado es de 0,84, por tanto, pertenece al escalón de $\cos \varphi < 0,95$ y hasta $\cos \varphi = 0,80$, el precio por kVA_{rh} de exceso consumido se penalizará a razón de 0,041554 € / kVA_{rh}.

El exceso producido es igual a: $42.119 - (64.686 * 0,33) = 20.773$ kVA_{rh}.

El precio a pagar será: $20.773 \text{ kVA} \times 0,041554 \text{ € / kVA}_{rh} = 863,20 \text{ €}$.

Mediante medidas de compensación de energía reactiva se puede anular completamente este sobre coste. Puesto que los precios establecidos en el contrato suelen ser inamovibles, la compensación de los excesos de energía reactiva es una de las pocas técnicas que nos permite optimizar una contratación liberalizada.

MEDIDA 3: CAMBIO DEL TIPO DE TARIFA O DEL CONTRATO

Otra de las opciones interesantes a la hora de buscar ahorros económicos en cuanto a la facturación de la electricidad se trata del estudio de la idoneidad de la tarifa contratada. Esto dependerá de las ofertas de las distintas comercializadoras, por lo que se deberá efectuar un estudio para determinar el coste €/kWh y elegir aquella más económica. Este caso es habitual en los alumbrados públicos, donde una de las medidas habituales suele ser la contratación de tarifas con discriminación horaria para beneficiarse de precios ventajosos en determinadas franjas horarias.

Por otro lado, cabe la posibilidad de cambiar incluso la tipología de contrato. Esto dependerá en gran medida de la curva de consumo de cada instalación. Algunos ejemplos de tipos de contrato que se pueden encontrar en el mercado son:

- Descuento sobre la factura que se paga actualmente
- Fijar un valor sobre el término de energía y otro sobre el término de potencia
- Fijar un valor a pagar por la energía (kWh) en cada periodo
- Fijar un valor del kWh a pagar para todos los kWh consumidos

MEDIDA 4: POSIBILIDAD DE CAMBIAR LA TENSIÓN DE SUMINISTRO

Por último, otro aspecto que es importante recalcar es la posibilidad de cambiar la tensión del suministro. Puede ser que clientes conectados en AT estén incurriendo en sobrecostos por pérdidas de transformación o bien que a clientes conectados en BT les sea más rentable realizar una inversión para conectarse en AT.



Instalación proyectores. Cortesía SGS.

Se muestra a continuación los diferentes periodos horarios para las tarifas 3P y 6P

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0 - 1	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2
6 - 7												
7 - 8												
8 - 9												
9 - 10												
10 - 11	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1
11 - 12												
12 - 13												
13 - 14												
14 - 15												
15 - 16	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2
16 - 17												
17 - 18												
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												

Discriminación horaria en tipología 3.OA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7												
7 - 8												
8 - 9				P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2			
9 - 10												
10 - 11												
11 - 12												
12 - 13	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2
13 - 14												
14 - 15												
15 - 16												
16 - 17												
17 - 18												
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2							P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2

Discriminación horaria en tipología 3.1A

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6		P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6	P. T. 6
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7												
7 - 8												
8 - 9	P. T. 2	P. T. 2				P. T. 4	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 4			P. T. 2
9 - 10												
10 - 11	P. T. 1	P. T. 1				P. T. 3	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 3			P. T. 1
11 - 12			P. T. 4									
12 - 13												
13 - 14												
14 - 15	P. T. 2	P. T. 2		P. T. 5	P. T. 5					P. T. 5		P. T. 2
15 - 16												
16 - 17												
17 - 18												
18 - 19			P. T. 3			P. T. 4	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 4		P. T. 3	P. T. 1
19 - 20	P. T. 1	P. T. 1										
20 - 21												
21 - 22	P. T. 2	P. T. 2										
22 - 23			P. T. 4								P. T. 4	P. T. 2
23 - 24												

Discriminación horaria en tipología 6 periodos

4.2. ALUMBRADO PÚBLICO

Las instalaciones que componen el alumbrado público no pueden considerarse individualmente sino como integrantes de un conjunto global: el alumbrado público de la población.

El alumbrado público difiere mucho de un municipio a otro, sus diferencias básicas dependen de:

- Características del núcleo urbano: extensión del casco urbano, la población que abarca, anchura de las calles, etc.
- Características de las instalaciones de alumbrado público del municipio: tipo de tecnología instalada, horas de funcionamiento de las lámparas, equipamiento de las instalaciones, regulación, etc.



Alumbrado público. Cortesía SGS

El gasto eléctrico asociado al servicio de alumbrado público de un municipio puede llegar a representar del 50% al 60% del gasto energético global del municipio en función del número de habitantes. Por este motivo, a priori, el servicio energético en alumbrado público constituye uno de los puntos más interesantes, por lo que las medidas propuestas a continuación son las que tienen un mayor potencial de ahorro.

VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN

Ventajas: Permiten regulación de tensión

Índice de reproducción cromática (IRC) aceptable > 50

Desventajas: Eficiencia luminosa deficiente

Necesario de 3 a 5 min. entre apagado y encendido

**VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN**

Ventajas: Eficiencia luminosa alta

Admiten regulación de tensión permitiendo ahorros altos

Desventajas: Luz amarilla – IRC en torno a 25

Estabilización no instantánea

**VAPOR DE SODIO BAJA PRESIÓN**

Ventajas: Eficiencia luminosa alta

Larga vida útil

Desventajas: Luz amarilla – IRC muy pobres

Flujo luminoso no instantáneo

**HALOGENUROS METÁLICOS**

Ventajas: Eficiencia luminosa alta

Luz blanca– IRC muy buenos > 70

Desventajas: Sensibilidad a las variaciones de tensión (existe tecnología de halogenuros metálicos cerámicos que sí admite regulación de tensión)

Alta depreciación del flujo

**INDUCCIÓN**

Ventajas: Elevada vida útil

Buena reproducción cromática

Desventajas: Baja eficiencia luminosa

Flujos luminosos solo hasta 12.000 lúmenes aprox.

Lámparas muy grandes

**LED**

Ventajas: Elevada vida útil

Buena eficacia luminosa (> 80)

Desventajas: Tecnología menos madura que el resto

Tecnología cara



Antes de entrar en detalle en las distintas medidas aplicables en alumbrado público, se hace un repaso a las tecnologías existentes actualmente y sus principales características.

Cabe destacar en este punto que el comportamiento lumínico de una tecnología depende del conjunto luminaria / lámpara. Los gráficos de curvas de iluminación nacen del conjunto de ambos elementos y en cualquier medida de mejora de alumbrado público tiene que existir un estudio lumínico previo que contraste la viabilidad de la tecnología propuesta.

Se exponen a continuación algunas medidas de eficiencia energética que se pueden adoptar en alumbrado público.

MEDIDA 1: ESTUDIO DE LA TARIFA MÁS CONVENIENTE Y ADECUACIÓN AL REGLAMENTO DE EFICIENCIA EN ALUMBRADO EXTERIOR

En cuanto a la optimización tarifaria, ésta se estudió en detalle en el apartado correspondiente y las medidas propuestas son extensibles al sector del alumbrado público. Tal como se comentaba, la opción más habitual suele ser el cambio de tarifas sin discriminación horaria a tarifas de dos ó tres periodos en función de la potencia contratada.

Por lo que respecta al RD 1890/2008 por el que se desarrolla el “Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior” cabe destacar que es en este ámbito del alumbrado público donde encuentra su mayor aplicación.

El presente Reglamento, pretende regular el impacto que tienen las instalaciones de alumbrado exterior sobre el medioambiente, evitando los usos no racionales de la energía eléctrica, así como de la posible contaminación lumínica. La mejor forma de poder controlar estos aspectos, se consigue mediante la obtención de una correcta eficiencia energética en este tipo de instalaciones

La norma aprobada establece requisitos mínimos de eficiencia energética de las instalaciones, limita los valores máximos de luminancia, fija los valores máximos de emisiones luminosas, requiere un régimen de funcionamiento inteligente, determina las características energéticas de las lámparas y exige una programación sistemática de mantenimiento.

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior, se define según la siguiente expresión:

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

siendo:

- ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$)
- P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);
- S = superficie iluminada (m^2);
- E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (RD 1890/2008)

El reglamento fija además niveles de iluminación en función del uso del espacio exterior, caracteriza los espacios abiertos a efectos de la contaminación lumínica y establece niveles mínimos de eficiencia energética.

La norma afecta a todo el alumbrado exterior y limita las emisiones luminosas hacia el cielo, salvo en días festivos y en fechas navideñas. En estos casos, sí se permite la iluminación genérica, pero se limita la potencia por metro cuadrado de calle.

A continuación se expone a modo de resumen las distintas Instrucciones Técnicas que componen el Reglamento de manera que quede claro sobre qué aspecto de las instalaciones influye cada una de ellas:

- ITC-EA01-Eficiencia Energética
- ITC-EA02-Niveles de iluminación
- ITC-EA03-Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta
- ITC-EA04-Componentes de las instalaciones
- ITC-EA05-Documentación técnica, verificaciones e inspecciones
- ITC-EA06-Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones
- ITC-EA07-Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado

Así pues, otra de las medidas posibles deriva de una posible situación de excesiva iluminación en determinados espacios públicos respecto a los valores de referencia del RD 1890, lo que se podría solucionar ajustando los valores de iluminancia a los valores máximos permitidos y ahorrando por tanto en la factura eléctrica del alumbrado público.

MEDIDA 2: SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS POR OTRAS DE MAYOR RENDIMIENTO LUMINOSO

En el mercado existe una extensa variedad de lámparas para cubrir la totalidad de usos o aplicaciones a las que pueden destinarse. En el punto anterior se destacó las principales tecnologías empleadas en alumbrado público.

Las sustituciones que se pueden proponer en alumbrados públicos son varias y dependen del criterio que se escoja. A la hora de proponer cambios de tecnología es importante conocer cuáles son los parámetros luminotécnicos de partida, pues es posible que existan algunas zonas del municipio sobreiluminadas. En todo caso la compatibilidad lámpara/luminaria tiene que quedar garantizada a través de las certificaciones, homologaciones y marcado CE. Algunos cambios de tecnología que mejorarían la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado público podrían ser:

- Sustitución de lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión. Las lámparas de vapor de mercurio de 400 W tienen un flujo luminoso similar a las de vapor de sodio de alta presión de 250 W, por lo que mediante esta sustitución se mantiene el flujo luminoso y se disminuiría la potencia instalada. Otro cambio posible sería de 250 W de vapor de mercurio por 125 W de vapor de sodio. En este tipo de acciones se tiene que tener en cuenta que se modifica el color de la lámpara.
- Sustitución de vapor de sodio alta presión ó vapor de mercurio por halógenos metálicos. Este tipo de sustituciones se proponen en instalaciones en las que se necesita un alto índice de reproducción cromática. Las sustituciones de VSAP por este tipo de tecnología se da cuando se parte de una situación de sobreiluminación.

- Sustitución de luminarias por luminarias tipo LED. Se trata de dispositivos semi-conductores con una vida útil aproximada de 50.000 horas. Este tipo de tecnología está experimentando un auge en los últimos años debido a la drástica reducción de potencia que supone, no obstante, es importante tener en cuenta el flujo luminoso de la luminaria, que marcará la eficacia luminosa (lm/W) y cada caso concreto deberá ser estudiado a través de las curvas que facilite el fabricante.

EJEMPLO 3 SUSTITUCION LUMINARIAS

Se dispone en un municipio en el que el alumbrado público de algunas zonas está compuesto por luminarias de vapor de mercurio, y se va analizar el ahorro anual que se consigue sustituyéndolas por unas luminarias de menor consumo energético y mismo flujo luminoso.

En la zona existe un total de 75 luminarias de Vapor de mercurio de 400W; estas luminarias se encienden durante la noche una media de 11 horas.

La alternativa que se presenta es sustituir las lámparas de vapor de mercurio de 400W por lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250W; el flujo luminoso que se obtiene con estas lámparas es muy similar 23.000 Lúmenes y 25.000 Lúmenes (incluso es superior el de las lámparas de vapor de sodio).

El coste y los consumos de ambas opciones de iluminación se pueden ver en la siguiente tabla:

Luminaria	Potencia (W)	Potencia (Con Equipo Auxiliar)	Horas Func (Horas/Día)	Horas Func. (Horas/Año)	Nº Luminarias
VM	400	417	11	4.015	75
VSAP	250	261	11	4.015	75

Luminaria	Potencia Instalada (Kw)	Consumo Anual (Kwh/Año)	Precio €Kwh	Consumo Previsto (€/Año)
VM	31,275	125.569	0,14	17.579
VSAP	19,575	78.593	0,14	11.003

Tal y como se observa se alcanza un ahorro de más de 6.500 €, lo cual constituye más del 35% respecto al coste económico de la factura actual.

Cabe destacar en este caso que en la propuesta se estaría pasando de un color blanco que ofrece el vapor de mercurio a un color amarillento que ofrece la tecnología de sodio. Este parámetro también debería ser tenido en cuenta en la propuesta de cara a la decisión final.

Por otra parte, aunque no exista legislación de obligado cumplimiento aplicable a dicha tecnología puesto que el RD 1890/2008 no hace alusión al LED, existe un documento técnico del comité Español de Iluminación y de IDAE “Requerimientos Técnicos Exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior” cuyo objetivo es desarrollar aquellos conceptos y requerimientos técnicos que han de cumplir los productos técnicos y las propias empresas que ofrezcan tecnología LED y garantizar que los resultados lumínicos, económicos y de explotación, una vez instalados, se corresponden con los presentados en los estudios previamente realizados

Es importante tener claro que el LED se debe de entender no como una fuente individual de luz sino como un conjunto LED-luminaria. De hecho existe a este respecto un “Informe Técnico del Comité Español de Iluminación respecto a la modificación de luminarias para sustituir sus bloques ópticos originales por bloques ópticos LED” en el que se informa de cómo afectan, tanto técnica como legalmente las posibles modificaciones de luminarias ya instaladas equipadas con lámparas de descarga, adaptándolas a diferentes soluciones con fuentes de luz tipo LED.



Por último y en otro orden de cosas, resulta de vital importancia fomentar el uso de luminarias que eviten las pérdidas por dispersión, evitando de esta manera la contaminación lumínica.

MEDIDA 3: INSTALACIÓN DE UNIDADES DE REGULACIÓN DE FLUJO: ESTABILIZADORES DE TENSIÓN Y REGULADORES

En los alumbrados públicos con lámparas de descarga puede reducirse el consumo energético en las horas de madrugada o en circunstancias de menor exigencia visual mediante la reducción del flujo luminoso.

En las antiguas instalaciones se solían montar dos lámparas sobre cada luminaria destinada a alumbrado viario, con objeto entre otros de disponer de dos niveles de iluminación según las conveniencias. Actualmente se utiliza una luminaria con una sola lámpara de descarga incorporada y con equipo de doble nivel para disminuir los niveles luminosos a partir de una hora en la que el tráfico peatonal o rodado decrece.

Existen varias maneras de regular el flujo:

- **Balasto electromagnético de doble nivel:**

Este balasto, permite la reducción de la potencia consumida mediante la introducción en el circuito de la lámpara de una inductancia adicional incorporada en el mismo núcleo de hierro de la inductancia principal. Puede aplicarse en lámparas de mercurio a alta presión y en lámparas de sodio de alta presión. Este sistema no es adecuado con las lámparas de halogenuros metálicos porque el color de la luz resulta muy afectado por las modificaciones de potencia.

- **Balasto electrónico regulable:**

Se basa en la regulación punto a punto anterior pero mediante componentes electrónicos.

Este tipo de equipos es el que se usa para poder disponer de un sistema de control centralizado. Permiten un mayor control y ahorro sobre la instalación.

- **Reguladores de flujo en cabecera de línea:**

Es ésta una técnica que consiste básicamente en reducir la tensión de alimentación al conjunto lámpara - balasto, con lo que se obtienen reducciones de potencia en torno al 40 % para reducciones de flujo luminoso del 50 %. Se instalan en cabecera de línea, alojándose en el propio armario de maniobra y medida, o bien en un armario independiente junto a éste.

Cabe destacar también el hecho de que puede aplicarse de forma relativamente fácil y sencilla en alumbrados realizados con anterioridad, sin que sea necesaria una intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado.



Sistema alumbrado sin regulación de flujo. Cortesía SGS.

EJEMPLO 4 **INSTALACIÓN REDUCTOR DE FLUJO**

Se presenta un cuadro de alumbrado público municipal con 30 luminarias de VSAP de 250 W en el que no existe ningún tipo de regulación relativa al flujo luminoso de las luminarias, emitiendo éstas la misma cantidad de luz independientemente de la hora.

Actualmente la instalación funciona una media de 11,5 horas al día. Se propone como medida la instalación de un reductor de flujo que disminuya en un 45 % la potencia de las lámparas en las horas de la madrugada. El reductor se programa para que actúe de la 1:00 de la mañana a las 5:00.

Así pues, el consumo actual sin reductor de la instalación sería el siguiente:

CONSUMO ACTUAL (kWh / año) = POTENCIA (kW) x HORAS

Consumo actual = 0,25 kW x 30 luminarias x 11,5 horas x 365 días = 31.461,25 kWh / año

En este caso, con la medida propuesta, la instalación funcionará durante 6,5 horas al 100% y durante 5 horas al 65%, luego:

CONSUMO PREVISTO (kWh / año) = POTENCIA (kW) x HORAS MODIFICADAS

Consumo previsto = (0,25 kW x 30 luminarias x 6,5 horas x 365 días) + (0,65 x 0,25 kW x 30 luminarias x 5 horas x 365 días) = 26.690,63 kWh / año

Así pues, existe en este caso un ahorro potencial de 4.790,63 kWh. Considerando un coste de la electricidad de 0,14 € / kWh, el ahorro económico sería de 670,68 €.

El coste de inversión de un reductor de flujo depende de la potencia del mismo. Para el caso considerado podría rondar los 2.000 € aproximadamente, por lo que estaríamos en un periodo de retorno de 2,98 años (2.000 € / 670 €/año). No obstante, modificando la regulación podríamos ampliar el horario de actuación y disminuir el periodo de retorno.

MEDIDA 4: INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN DEL ENCENDIDO / APAGADO

Esta medida consiste en la instalación de sistemas de control que permitan una regulación sobre el encendido y apagado de las instalaciones. Se pueden distinguir los siguientes sistemas:

- **Interruptor fotoeléctrico:**

Este tipo de aparatos realizan el encendido y apagado de manera automática en función de unos valores prefijados de nivel de iluminación. Su funcionamiento no es totalmente exacto, ya que poseen una determinada inercia y sus características varían a lo largo del tiempo, por lo que deben sustituirse regularmente. Además, requieren de un mantenimiento periódico para su limpieza puesto que son instalados en el exterior.

- **Interruptor horario:**

Son interruptores horarios normales y no específicos para alumbrado. Suelen instalarse de manera conjunta con fotocélulas.



Reloj astronómico instalado en cuadro. Cortesía SGS.

- **Programador astronómico:**

Ejecuta un programa de encendidos y apagados en función de las coordenadas de latitud y longitud del lugar. No necesitan mantenimiento y su funcionamiento es más exacto, lo que encarece su precio. No obstante, este tipo de sistemas presenta unos periodos de amortización cortos si se parte de una instalación en la que no existe ningún tipo de control sobre el encendido y apagado. Es el sistema que permite unos ahorros mayores en cuanto que es más exacto en el proceso de encendido / apagado.

4.3. EDIFICIOS MUNICIPALES

En apartados anteriores se ha visto la estructura de consumos de un municipio así como el reparto por tipología de edificio. A diferencia del alumbrado público, en este sector existen consumos no solo de índole eléctrica sino también derivados del uso de combustibles como son el gas natural, el gasóleo, etc. Se proponen a continuación distintas medidas de eficiencia energética aplicables en edificios municipales.

4.3.1. Características constructivas

Esta parte viene regulada por el “DB HE1 Limitación de la demanda energética” recogido en el Código Técnico de la Edificación. En él se establece que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la



radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Se proponen a continuación algunas medidas que se pueden adoptar en este ámbito para la reducción de los consumos energéticos.

MEDIDA 1: MEJORA DEL NIVEL DE AISLAMIENTO

La rehabilitación de los edificios suele asociarse a una necesidad puntual debida a algún problema o deterioro de una parte de los mismos. Sin embargo, recientemente, las Administraciones Públicas están incorporando un nuevo concepto: la rehabilitación térmica. Si hay que rehabilitar, debe hacerse con criterios energéticos. La razón es muy simple: en España más de la mitad de los edificios están contruidos sin la protec-



ción térmica adecuada; es decir, sin el necesario aislamiento térmico. Estos edificios son auténticos depredadores de energía y con el tiempo, todos los edificios necesitan de reformas o rehabilitaciones. De ahí nace la idea de que una vez sea necesaria la rehabilitación de un edificio, es el momento de incorporar el aislamiento para reducir su consumo de energía.

Aislar térmicamente un edificio consiste en lograr que sus elementos en contacto con el exterior aumenten su resistencia al paso del calor, lo que se consigue incorporando materiales aislantes en: muros exteriores, cubiertas, suelos, tabiques y huecos. Algunas actuaciones que se pueden llevar a cabo en este sentido son:

- Aprovechar la reparación de goteras y humedades para la instalación o sustitución de material aislante térmico en la cubierta.
- Instalar un material aislante térmico en los muros, ya sea por el exterior, interior o inyectando dentro del muro, y/o sustituyendo los vidrios y ventanas por otras más eficientes y de mayor calidad, como por ejemplo doble acristalamiento con vidrio bajo emisivo.

MEDIDA 2: ELIMINACIÓN DE PUENTES TÉRMICOS

Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías y representan canales de fuga térmica.



Algunos de los puentes térmicos más comunes en construcción son:

- Pilares integrados en los cerramientos de las fachadas
- Contorno de huecos y lucernarios
- Cajas de persianas
- Frente de forjados en fachadas
- Encuentros de tabiquería interior con fachadas

Los puentes térmicos pueden identificarse fácilmente utilizando cámaras termográficas. La solución a este tipo de problemas pasa por el aislamiento de los mismos, bien sea desde el interior o desde el exterior del edificio.

MEDIDA 3: SUSTITUCIÓN VENTANAS Y TRATAMIENTOS ESPECIALES DE LOS VIDRIOS PARA MEJORAR SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO EN INVIERNO/VERANO

Existen actualmente en el mercado vidrios de distinto factor solar obtenidos mediante tratamiento selectivo angular o depósitos metálicos. La deposición de óxidos metálicos permite obtener acristalamientos de baja emisividad (Low-E) que transmiten la luz visible y en cambio tienen un elevado índice de reflexión de la gama de infrarrojos de onda larga. El desarrollo de las capas funcionales ha permitido respuestas flexibles de los vidrios frente a la luz y la energía solar aunque su uso no se ha generalizado.

Existen investigaciones centradas en estudiar el relleno de la cámara de acristalamientos dobles con materiales que modifican, de forma reversible, sus cualidades físicas de transmisión como la introducción dentro de la cámara de elementos regulables de sombreado, como el sistema de doble acristalamiento (laminar, reflectante, transparente o coloreado) con persianas venecianas de lamas de aluminio, cuya inclinación se controla mediante un dispositivo exterior. La persiana además de regular la entrada de luz y la visibilidad, mejora el aislamiento acústico y térmico del acristalamiento, siendo similar al de uno triple con cámara de aire.

Dentro de esta categoría de vidrios cabe mencionar como medida para mejorar la eficiencia energética la sustitución de ventanas con vidrios de hojas simples por otros con doble vidrio con cámara de aire intermedio y carpintería con rotura de puente térmico.

MEDIDA 4: INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE SOMBRA

El clima y las condiciones del entorno son la base para plantear la estrategia del diseño de protección solar de los huecos. Las diferencias de recorrido solar entre los solsticios de verano e invierno, y su influencia sobre las diferentes orientaciones de los huecos de un edificio, son las pautas para optar entre permitir la captación solar en condiciones de invierno o proteger los huecos con dispositivos de sombra en condiciones de verano.

Mediante la instalación de elementos de sombra como por ejemplo voladizos se puede mejorar el factor solar modificado, optimizando el aprovechamiento de energía solar en función de la estación.

4.3.2. Climatización

La climatización representa un elevado porcentaje del consumo energético de un edificio, por lo que supone uno de los campos con mayor potencial de ahorro en el global del edificio.

La parte relativa a las instalaciones en edificación viene recogida en el DB HE 2 “Rendimiento de las instalaciones térmicas” del Código Técnico de la Edificación. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.

Así pues, basándonos en las exigencias de carácter general que establece el RITE, se pueden proponer algunas medidas de mejora.

MEDIDA 1: INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DEL CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN

El calor residual del aire de retorno cuya procedencia es la ventilación del edificio, se emplea para precalentar el aire de impulsión mediante recuperadores. Los más utilizados son los estáticos y los rotativos de aire-aire. Para obtener el máximo rendimiento en los recuperadores aire-aire es necesario que éstos se muevan en contracorriente.

Estos dispositivos de recuperación de calor son siempre obligatorios en los subsistemas en los que el caudal de aire exterior es superior a 3 m³/s, salvo cuando su régimen de funcionamiento sea inferior a 1.000 horas anuales.

MEDIDA 2: REGULAR EL CAUDAL DE AIRE O AGUA A IMPULSAR MEDIANTE VARIADORES DE VELOCIDAD

Como se verá en apartados posteriores (ver aptdo “instalaciones municipales), el uso de variadores de velocidad permite mejorar el rendimiento de los motores, ajustando su funcionamiento al par y velocidad que requiere la aplicación en cada momento, consiguiendo de esta manera un ahorro energético importante.

En el caso de la climatización, pueden ser aplicados para la regulación del caudal, bien sea de aire o de agua, de manera que se optimiza la velocidad y con ello el consumo.

MEDIDA 3: EVITAR CLIMATIZAR ZONAS DESOCUPADAS O FIJAR TEMPERATURAS DE CONSIGNA DISTINTAS A LAS DE ZONA OCUPADA

Otra de las medidas de ahorro que se pueden adoptar en el ámbito de la climatización de edificios es el estudio detallado de las distintas zonas existentes y el uso de cada una.

Las zonas, al tener usos distintos, pueden tener necesidades de climatización distintas, por lo que diferenciando la temperatura de consigna (por ejemplo una estancia destinada a almacén no tendrá las mismas necesidades que un recinto destinado a despacho) en las distintas estancias se pueden conseguir importantes ahorros.

En estos casos es importante realizar un estudio detallado de la inversión necesaria para determinar hasta qué punto es conveniente la instalación de un sistema de estas características.

MEDIDA 4: RECUPERACIÓN DEL CALOR SENSIBLE DE LOS HUMOS DE LA CALDERA

Los humos, producto de la combustión de una caldera, contienen una considerable energía, ya que al generar vapor se alcanza un nivel de temperatura muy elevado. Si se aprovecha esta energía o una parte, se aumentaría la eficiencia energética del proceso, ya que con estos equipos se ahorra de un 2% - 5% de combustible. Este

calor residual se puede destinar a varios usos, como precalentamiento de la carga, producción de aire caliente, calentamiento del combustible o precalentamiento del aire de combustión.

Existen varios tipos de equipos destinados a la recuperación del calor de los humos. Los más habituales son los economizadores, recuperadores, regeneradores y las calderas de recuperación.

MEDIDA 5: AJUSTE Y CONTROL DE LA COMBUSTIÓN DE LA CALDERA



Medición rendimiento combustión en caldera.
Cortesía SGS.

Para disminuir las pérdidas de calor sensible con los gases de la combustión, es conveniente optimizar el exceso de aire que se introduce en el equipo, para así disminuir el caudal de humos de combustión que sale de la caldera. A su vez, al reducir este caudal, aumenta la temperatura del ambiente, por lo que el porcentaje de inquemados gaseosos disminuye. Así, el exceso de aire para calderas de combustibles sólidos debería estar entre un 80% - 100%, para calderas

de fueloil del 30% - 40% y para las de gas natural, del 15% - 20%. Con esta medida se podría ahorrar en torno al 10% de combustible para las calderas de combustibles sólidos y hasta el 5% para las de fueloil o gas natural.

MEDIDA 7: SUSTITUCIÓN DE CALDERAS ANTIGUAS POR CALDERAS DE ALTO RENDIMIENTO

Una vez alcanzado el periodo de obsolescencia o antes de ese tiempo, cuando se observe un mal funcionamiento es recomendable sustituir las calderas antiguas por una de alto rendimiento.

Las calderas de alto rendimiento, por condensación de humos, consumen menos combustible que las del tipo tradicional y producen elevados ahorros energéticos cuando el agua demandada es a baja temperatura. Estas calderas de alta eficiencia pueden suponer un ahorro del 10% - 20% del combustible utilizado, especialmente si se trabaja a bajas cargas.

Existen una serie de actuaciones que se deben realizar para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas, como son: verificación y mantenimiento periódico de la caldera, mejora de la distribución de fluidos, racionalización de las cargas, selección de combustibles por criterios económicos y ecológicos, como, por ejemplo, calderas que utilizan biomasa.

EJEMPLO 5 **SUSTITUCIÓN CALDERA ANTIGUA**

Se dispone de un colegio en el que se supone un funcionamiento de 40 horas semanales y una temporada de calefacción de 4 meses entre octubre y febrero.

Para cubrir la demanda de calefacción del colegio existe una caldera antigua de gasóleo C de 80 kW de potencia y un rendimiento de 0,80. Se considera que dicha caldera funciona 40 horas semanales durante 4 meses, es decir, 640 horas anuales.

Se propone como medida de eficiencia energética la sustitución de dicha caldera dado que el grado de envejecimiento de la misma por una nueva caldera de condensación de la misma potencia y alimentada mediante gas natural. Puesto que se trata de una caldera de condensación, la nueva caldera de gas natural tiene un rendimiento del 110%.

Se muestran a continuación los ahorros que se obtendrían así como el periodo de amortización de la instalación:

CONSUMO CALDERA ACTUAL DE GASOLEO (kWh / año) =
(POTENCIA (kW) x HORAS) / RENDIMIENTO GC

Consumo actual = 80 kW x 640 horas / 0,8 = 64.000 kWh / año

Suponiendo un coste del gasóleo C de 0,055 €/kWh, el coste económico anual ascendería a 3.520 €.

**CONSUMO PREVISTO CALDERA GAS NATURAL (kWh / año) =
(POTENCIA (kW) x HORAS) / RENDIMIENTO GN**

Consumo previsto = 80 kW x 640 horas / 1,1 = 46.545,45 kWh / año

En este caso suponiendo un coste del gas natural de 0,040 €/kWh, supondría un coste de 1.861,82 €.

Por tanto, existe un ahorro energético debido al aumento de rendimiento de la caldera, que supone 17.454,55 kWh. Y por otro lado existe un ahorro económico que se debe a dos factores, por un lado el ahorro de kWh que se dejan de consumir y por otro lado la disminución en el precio unitario del kWh puesto que se cambia de gasóleo C a gas natural. La suma de estas dos componentes resulta un ahorro total de 1.658,18 €.

Suponiendo una inversión de aproximadamente 7.500 € para una caldera de gas natural de esas características, estaríamos hablando de un periodo de retorno en torno a los 4 años y medio

Cabe destacar que los cálculos son orientativos en cuanto a que el rendimiento de una caldera no es fijo, si no que varía con el grado de carga de la misma.

4.3.3. Sistema de agua caliente sanitaria

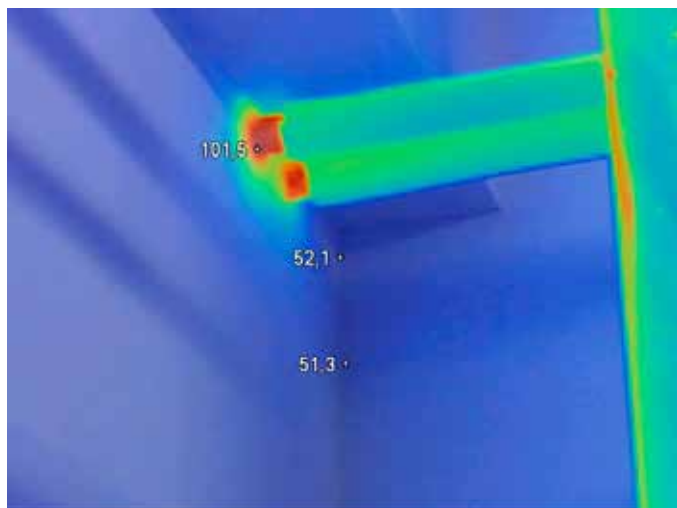
Los sistemas de agua caliente sanitaria son aquellos que distribuyen agua de consumo sometida a algún tratamiento de calentamiento. Dentro del Código Técnico de la edificación, en su capítulo dedicado al ahorro energético, la sección HE-4, hace referencia a la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS).

MEDIDA 1: REVISIÓN DEL AISLAMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y REGULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS DEL ACS

Se recomienda aislar adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento de ACS para limitar las pérdidas de calor, así como instalar la caldera/acumulador lo más cerca posible de los puntos de consumo para limitar las pérdidas que se producen a través de las paredes de las conducciones. Los aislantes normalmente utilizados para tuberías por donde circula el agua son coquillas de espumas

elastoméricas y lana de roca, y deben instalarse tanto en las tuberías de impulsión como en las de retorno. Un buen aislamiento de las tuberías llega a reducir las pérdidas térmicas hasta en un 50%.

Igualmente, no se debe sobrecalentar el agua más de lo necesario (cada 10° C de más en la temperatura del ACS incrementa el consumo de energía un 15%). Para ahorrar energía, se recomienda ajustar la temperatura del acumulador de ACS a 60° C (no debe bajarse de esta temperatura para evitar problemas de formación de legionella), así como instalar válvulas mezcladoras a la salida del sistema de acumulación de ACS para mantener y regular la temperatura del agua a un valor constante, evitando así las pérdidas de agua caliente por ajuste de la temperatura del grifo.



4.3.4. Ventilación

La ventilación es la técnica que permite sustituir el aire interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características. El sistema de ventilación permite cambiar, renovar, y extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior.

La ventilación de un local puede ser natural o forzada. Se habla de ventilación natural cuando no hay aporte de energía artificial para lograr la renovación del aire. La ventilación forzada utiliza ventiladores para conseguir la renovación.

En la actualidad más del 50% de los intercambios de energía, entre un edificio y su entorno, se producen por la renovación de aire, por lo que resulta de extrema importancia la optimización de ésta mediante diversas medidas como pueden ser:

MEDIDA 1: INSTALACIÓN DE UNIDAD DE VENTILACIÓN CON RECUPERADOR DE CALOR

La unidad de ventilación con recuperación de calor recupera la energía calorífica perdida en el proceso de ventilación y minimiza los cambios de temperatura ambiente causados por la ventilación mediante la extracción del calor del aire a expulsar y su utilización para precalentar el aire de admisión, con lo que se consigue mantener un ambiente confortable y limpio. Este sistema también reduce la carga del sistema de climatización y permite ahorrar energía.



4.3.5. Iluminación interior

Dentro de las mejoras en este ámbito, cabe hacer una distinción sectorial en cuanto al marco regulatorio, pues con carácter general existe la UNE 12464-1 y el RD 486/1997 (anexo IV) relativos a la iluminación interior en los lugares de trabajo, que establecen unas disposiciones mínimas en cuanto a niveles de iluminación en función de las exigencias de la actividad desarrollada. En el sector de la edificación, con la entrada en vigor del CTE (HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del DB-Ahorro de Energía) se fijan, por primera vez en la normativa española, requisitos de eficiencia para instalaciones de iluminación en edificios.

A continuación se citan algunas de las medidas de carácter general que se pueden llevar a cabo en el ámbito de la iluminación.

MEDIDA 1: APROVECHAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

El aprovechamiento de la iluminación natural es una de las medidas de aplicación más sencilla, siempre y cuando se haya tenido en cuenta este aspecto en el momento del diseño del edificio y se disponga de las protecciones solares adecuadas.

Con esta medida se consigue reducir sustancialmente el consumo energético de los sistemas de alumbrado. En este sentido, no hay que olvidar que, en el seno de la Unión Europea, se efectúa cada año el cambio horario verano/invierno, que tiene como principal objetivo la optimización de la jornada laboral para lograr un mejor aprovechamiento de la luz natural.

En el caso de oficinas es aconsejable un acristalamiento de la fachada tanto por su ahorro energético en iluminación como en climatización, siempre que se hayan tenido en cuenta criterios bioclimáticos en el diseño del edificio.

MEDIDA 2: ADAPTACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

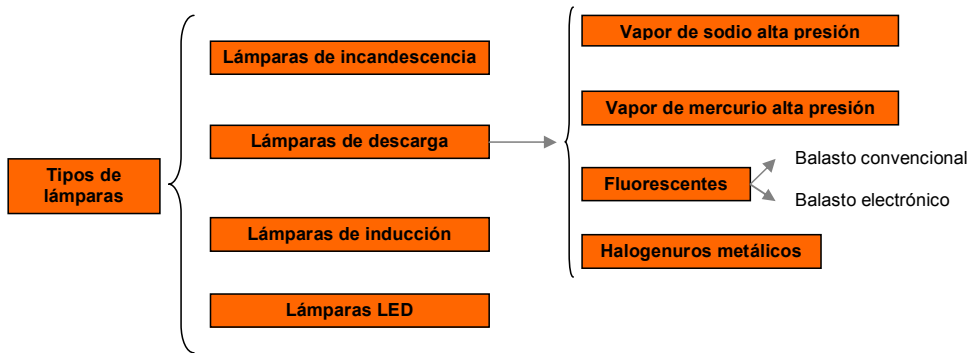
En el momento de proyectar un sistema de alumbrado resulta de vital importancia ajustar el nivel luminoso a las necesidades reales de cada zona. Para esto se debe tener en cuenta las recomendaciones publicadas por los organismos nacionales e internacionales acreditados en materia de iluminación (Comité Español de Iluminación – CEI). Existirán zonas donde los requisitos de iluminación sean menores, como pueden ser zonas de paso o locales poco utilizados (almacenaje, etc.), y zonas que requieran un alto nivel de iluminación, como puede ser aquellas zonas donde deban realizarse tareas de precisión.

Esta medida consiste en la identificación de las necesidades de cada una de las zonas y la adecuación del nivel de iluminación de las mismas mediante sustitución o incluso eliminación de algunas lámparas. Los valores que se pueden utilizar de referencia en función de la actividad a desarrollar se pueden encontrar en la UNE 12464-1.

MEDIDA 3: SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS O LUMINARIAS

En el mercado existe una extensa variedad de lámparas para cubrir la totalidad de usos o aplicaciones en interiores a las que pueden destinarse. En base a su principio de funcionamiento, las lámparas más habituales se pueden clasificar como sigue:

Las lámparas más utilizadas en entornos de interior son las fluorescentes, tanto de balasto electromagnético como electrónico, las fluorescentes compactas, las halógenas, las incandescentes, actualmente en desuso y últimamente los tubos de LED.



Por lo que se refiere a las lámparas fluorescentes, encuentran su ámbito de aplicación en edificios de altura media (entre 3 y 6 m). Si los sistemas de iluminación mediante lámparas fluorescentes no son satisfactorios, podrían sustituirse las luminarias fluorescentes gemelas de regleta por otras de mayor rendimiento fotométrico.

En el caso de proponer iluminación LED, será clave un estudio luminotécnico y tener en cuenta las variables de temperatura de color para evitar tonalidades indeseadas.

Así pues, no existe la lámpara “perfecta”, sino que cada una de ella tiene su ámbito de aplicación. No solo se debe analizar el rendi-

miento energético, sino otros factores no menos importantes, como el coste, la capacidad de reproducción cromática, la vida útil, el factor de potencia, la facilidad de mantenimiento, estética, tonalidad, etc...

MEDIDA 4: SUSTITUCIÓN DE LAS REACTANCIAS ELECTROMAGNÉTICAS POR BALASTOS ELECTRÓNICOS EN LÁMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes son generalmente las más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad y pocos encendidos. La depreciación del flujo luminoso para su vida media es aproximadamente del 25%. Este tipo de lámpara, como todas las lámparas de descarga, necesita de un elemento auxiliar para el encendido, que es la reactancia o balasto.

El balasto convencional que se utiliza en la mayoría de luminarias de tubo fluorescente es de tipo electromagnético, que consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo y que, por su concepción, tiene elevadas pérdidas térmicas.

Los balastos electrónicos constituyen un sistema de alimentación de alta frecuencia para lámparas fluorescentes. Son equipos sustitutivos de la instalación convencional compuesta de reactancia electromagnética, cebador y, en su caso, condensador para mejorar el factor de potencia. Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

EJEMPLO 5 SUSTITUCIÓN TUBOS FLUORESCENTES

Supongamos unas oficinas municipales con un funcionamiento anual de 1.100 horas. El sistema de iluminación de las oficinas se compone de un total de 100 tubos de 18 W que disponen de balasto electromagnético.

En la siguiente tabla se muestran los consumos del sistema actual y de distintas alternativas de ahorro.

Luminaria	Potencia (W)	Horas func. (horas/año)	Nº Lum.	Potencia instalada (kW)	Consumo anual (Kwh/año)	Precio €/Kwh	Consumo previsto (€/año)
Actual	22	1.100	100	2,2	2.420	0,16	387
Con balasto Electrónico	18	1.100	100	1,8	1.980	0,14	277
Uso de led	9	1.100	100	0,9	990	0,14	139

En este caso se debería estudiar la inversión a realizar en cada propuesta, pues los costes de inversión de cada una de las tecnologías expuestas difieren de manera significativa, lo que nos varía el periodo de retorno.

Nota: Se considera una potencia de 22 W en el caso del sistema actual puesto que se ha considerado un aumento del 20% debido al balasto electromagnético que utiliza la lámpara actual.

MEDIDA 5: CONTROL, GESTIÓN Y MANTENIMIENTO

Un buen sistema de control de alumbrado proporciona una iluminación de calidad sólo cuando es necesario y durante el tiempo que es 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.

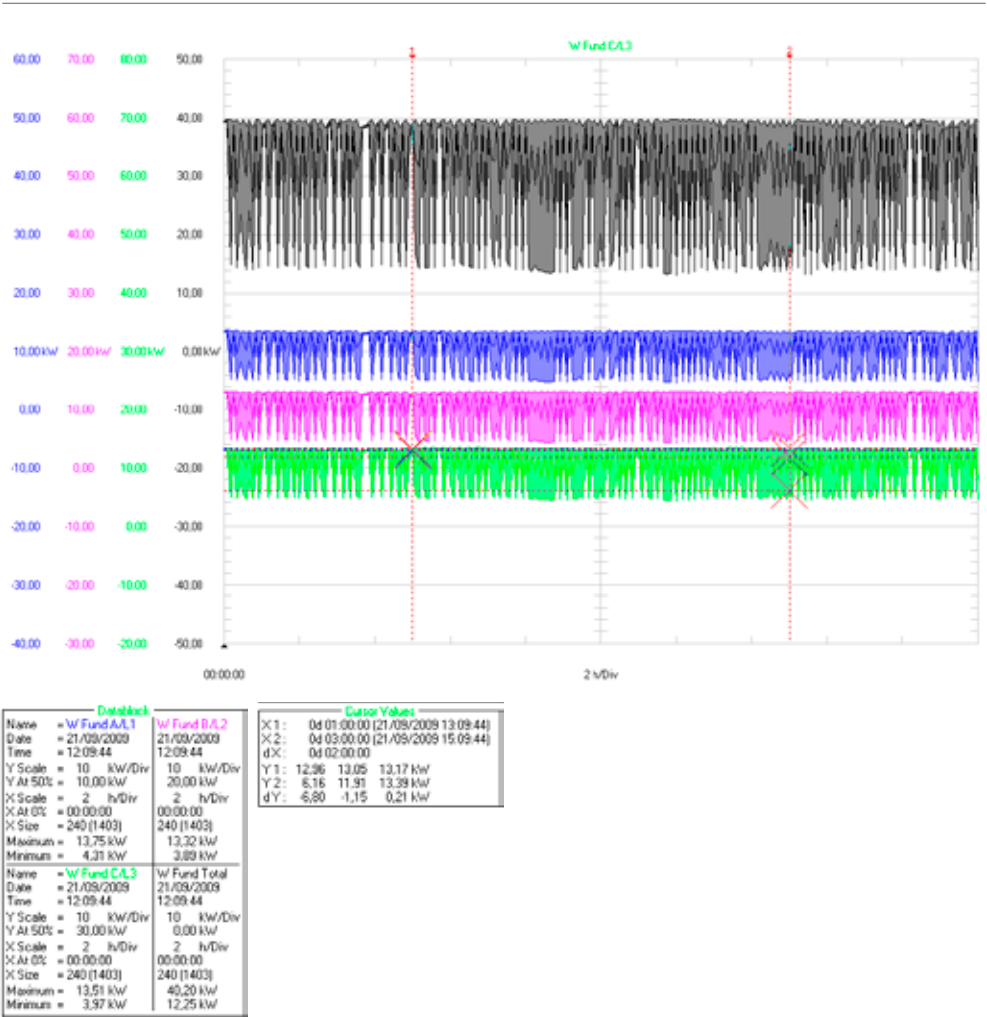
Los sistemas de control de tiempo permiten apagar las luces según un horario establecido, para evitar que las mismas estén encendidas más tiempo del necesario. En este punto cabe destacar la instalación de interruptores horarios para el control de zonas comunes con horarios de uso limitados.

De los sistemas de control de la ocupación se hablará en mayor profundidad en capítulos posteriores.

Respecto a los sistemas de aprovechamiento de la luz diurna, se basan en la instalación de una serie de fotocélulas que se utilizan para apagar la iluminación cuando la luz natural es suficiente, y también, cuando las luminarias disponen de balastos electrónicos regulables, para ajustar la intensidad de las lámparas en función de la luz diurna disponible. Esto se puede aplicar tanto a la iluminación interior como a la exterior.

Otro elemento a considerar dentro de las estrategias de control del alumbrado es la instalación de interruptores localizados que permitan la desconexión de toda la

iluminación de una zona cuando sólo es preciso en una pequeña parte de la misma y fraccionar los circuitos de alumbrado, de modo que puedan apagarse las zonas no utilizadas, por ejemplo: pasillos, lugares de paso, zonas desocupadas... El fraccionamiento deberá realizarse teniendo en cuenta las zonas iluminadas de forma natural. También se deberán establecer circuitos parciales de alumbrado reducido para vigilancia, limpieza, etc...



Medición seguimiento consumos instalación. Cortesía SGS.

Por otro lado, para un buen aprovechamiento de las instalaciones de alumbrado es necesario realizar un correcto mantenimiento de las mismas. Si las lámparas y luminarias no se encuentran suficientemente limpias disminuye en gran medida el flujo luminoso emitido, además de aumentar la temperatura de las lámparas, lo cual influye en su rendimiento luminoso y en su vida útil.

Para programar la sustitución de las lámparas debe tenerse en cuenta la vida útil de las mismas y su régimen de funcionamiento, en función de las características de cada una. Por ejemplo, la vida de las lámparas de descarga está muy condicionada por el número de encendidos, disminuyendo si el número de horas de funcionamiento por cada encendido es bajo.

MEDIDA 6: MEJORAR EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN EN TÉRMINOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (SEGÚN CTE-HE3)

El Código Técnico de la Edificación define el Valor de eficiencia energética de la instalación como:

$$VEEI = \frac{Px100}{SxE_m}$$

Donde,

- P Potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W]
- S Superficie iluminada [m²]
- E_m Iluminancia media mantenida [lux]

En función de la zona de actividad a la que pertenezca la estancia se establece un VEEI límite. Así pues se pueden llevar a cabo diversas actuaciones para mejorar dicho VEEI como la sustitución de lámparas por otras que ofrezcan la misma iluminación con una menor potencia.

MEDIDA 7: EMPLEO DE SISTEMAS DE REGULACIÓN (DETECTORES DE PRESENCIA)

Los sistemas de control de la ocupación permiten, mediante detectores de presencia, la conexión y desconexión de la iluminación en función de la existencia o no de usuarios en las estancias controladas. Estos sistemas se suelen instalar en los pasillos de acceso, zonas de servicio y mantenimiento, servicios, etc... Igualmente, resulta aconsejable disminuir el número de lámparas encendidas cuando los niveles de ocupación sean bajos.

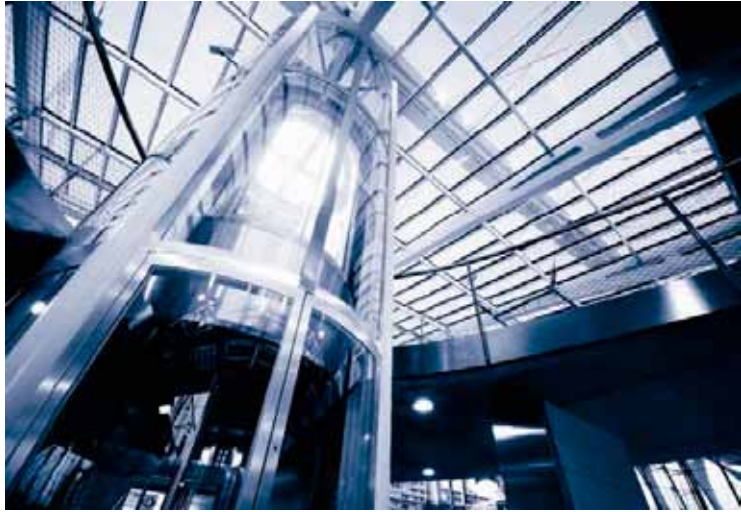
Otra de las alternativas para ahorrar energía, contemplada en el CTE como obligatoria es la instalación de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona.

4.3.6. Equipamiento

En los edificios municipales destinados a oficinas existe un gran número de ordenadores y de otro tipo de equipos ofimáticos: impresoras, fotocopiadoras, escáners, faxes, plotters, etc. Los consumos unitarios de cada uno de estos equipos suelen ser relativamente bajos, pero considerados en conjunto, y dado el gran número de horas que están en funcionamiento, puede suponer una parte importante de la factura eléctrica. Los equipos de oficina pueden ser responsables de más del 20% del gasto eléctrico en algunos edificios de oficinas (llegando en algunos casos hasta el 70%), y de ellos tan sólo los ordenadores personales representan cifras en torno al 56%. Por otra parte en función del tipo de edificio se pueden encontrar distintos consumos asociados a la parte de servicios (ascensores, electrodomésticos, etc.)

Asimismo, en ambas tipologías es necesario tener en cuenta los ascensores. La mayor parte del consumo de los ascensores se produce durante los arranques, debido a los elevados picos de potencia demandada, que ascienden a tres o cuatro veces el valor de la potencia nominal. Estos equipos, además, pueden ser los causantes de los consumos de la “energía reactiva” que provocan caídas de tensión y pérdidas de potencia de la instalación eléctrica. Esta energía reactiva está, como se ha estudiado, penalizada en la factura eléctrica, por lo que más allá del aspecto energético y ambiental, la gestión eficiente del consumo energético de estos aparatos puede conllevar importantes beneficios.

El consumo de energía eléctrica de un ascensor depende de muchos factores: tipo de tecnología empleada, régimen de uso y horas de funcionamiento. La eficiencia energética de estos sistemas no es generalmente un criterio determinante a la hora de su elección, y en muchos casos, renovar los equipos suelen suponer una inversión demasiado elevada. No obstante, se pueden conseguir ahorros energéticos signi-



ficativos potenciando el uso racional y eficiente de estos sistemas por parte de los usuarios y también mediante el empleo de tecnologías más eficientes.

Además, no hay que olvidar que todos los equipos generan calor con su uso, aumentando la carga térmica en el interior de las instalaciones e influyendo indirectamente en la demanda de energía del aire acondicionado de los espacios. Reducir el consumo de estos equipos puede proporcionar, por lo tanto, importantes beneficios tanto ambientales como económicos. Algunas medidas que se pueden plantear son:

MEDIDA 1: REDUCIR PÉRDIDAS STAND-BY

Muchos equipos siguen consumiendo energía aunque nadie los use al permanecer en posición stand-by (con el piloto luminoso encendido), e incluso aunque estén apagados del todo, por el simple hecho de permanecer conectados a la red. Por eso es importante desconectar todos los equipos por completo de la red cuando no se estén usando.

Para evitar estos “consumos fantasma” tan habituales y asegurarse de que no se producen consumos de energía innecesarios en modo espera durante las ausencias nocturnas, se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiple, o regleta, con interruptor, de manera que al acabar

la jornada laboral se puedan apagar todos a la vez de la toma de corriente pulsando el interruptor de la regleta.

También pueden usarse enchufes programables que permiten el apagado y encendido automático de todos los equipos conectados a ellos, dentro de los horarios seleccionados por los usuarios, evitando así que tener que apagar manualmente la regleta.

MEDIDA 2: CONFIGURACIÓN AHORRO ENERGÍA

Se recomienda configurar adecuadamente el modo de ahorro de energía de los ordenadores, impresoras, fotocopadoras y resto de equipos ofimáticos, con lo que se puede ahorrar hasta un 50% del consumo de energía del equipo.

Por otro lado, es importante que en los centros de trabajo los empleados adquieran una serie de pautas de gestión eficiente de los equipos para optimizar su consumo:

- Al hacer paradas cortas, de unos 10 minutos, apagar la pantalla del monitor, ya que es la parte del ordenador que más energía consume (entre el 70-80%). Para paradas de más de una hora se recomienda apagar por completo el ordenador.
- Al ajustar el brillo de la pantalla a un nivel medio se ahorra entre un 15-20% de energía. Con el brillo a un nivel bajo, fijado así en muchos portátiles por defecto cuando funcionan con la batería, el ahorro llega hasta el 40%.
- Elegir imágenes con colores oscuros para el fondo de pantalla del escritorio. En promedio, una página blanca requiere 74 W para desplegarse, mientras que una oscura necesita sólo 59 W (un 25% de energía menos).
- El salvapantallas que menos energía consume es el de color negro, ahorra una media de 7,5 Wh frente a cualquier salvapantallas animado. Es recomendable configurarlo para que se active tras 10 minutos de inactividad.
- Al imprimir o fotocopiar documentos, es conveniente acumular los trabajos de impresión (ya que durante el encendido y apagado de estos equipos es cuando más

energía se consume), y realizar los trabajos de impresión a doble cara y en calidad de borrador. Además de papel, se ahorra también energía, agua y tóner/tinta.

- Los empleados deberán asegurarse que los equipos permanecen correctamente apagados al finalizar la jornada laboral.

4.3.7. Certificación energética de edificios

Este apartado no constituye un área en la que adoptar medidas de ahorro energético, sino que representa los objetivos de las medidas propuestas hasta el momento.

El concepto de calificación energética de un edificio nace de la necesidad de poder comparar desde el punto de vista de la eficiencia energética cómo se comportan los distintos edificios, es decir, cuanta energía consumen para mantener unos niveles adecuados de confort. Así, en España se establece una escala en función de las emisiones de CO₂ por cada m² de edificio. La escala establecida abarca desde la letra A para aquellos más eficientes hasta la G para los menos eficientes.

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE, la cual ha sido sustituida por la Directiva 2010/31/CE, donde cabe distinguir dos puntos bien diferenciados: la certificación energética de edificios de nueva construcción y la certificación energética de edificios existentes.

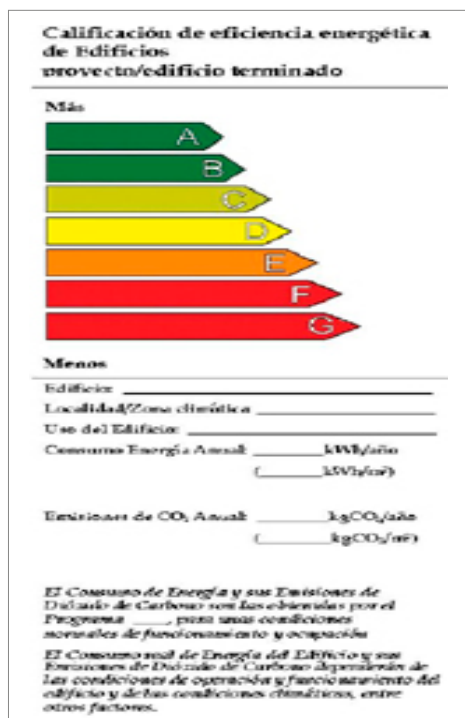
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. El ámbito de aplicación de este RD abarca a todos los edificios nuevos y a aquellos con una superficie útil mayor de 1.000 m² que sean sometidos a reformas o rehabilitaciones que afecten al 25% del total de sus cerramientos.

En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:



Etiqueta energética edificio nueva construcción – Fuente: Minetur

- La opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta. La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica. Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Está disponible el borrador de un Procedimiento simplificado aplicable a los edificios de viviendas que cumplen estrictamente los requisitos del CTE-HE.

- La opción general, de carácter prestacional, que se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Energía y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- Calener_VYP: para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener_GT: para grandes edificios del sector terciario.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIO EXISTENTE

La Directiva 2010/31/CE, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios. De esta forma se podrá valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

Según dicha Directiva, el ámbito de aplicación comprendería todos aquellos edificios existentes, que a su entrada en vigor no dispongan de un certificado de eficiencia energética, cuando sean objeto de contrato de compraventa o de arrendamiento. Los edificios existentes que sean objeto de contrato de compraventa o de arrendamiento deben disponer de un certificado de eficiencia energética obtenido de acuerdo con el Procedimiento básico que se apruebe.

Los Estados miembros deben transponer esta Directiva a más tardar el 9 de julio de 2012. A enero de 2013 el Real Decreto está pendiente de aprobación por parte del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

En el borrador de Real Decreto viene contemplado que todos los edificios o unidades de edificios ocupados por las autoridades públicas y que sean frecuentados habitualmente por el público, con una superficie útil total superior a 250 m², exhibirán la etiqueta de eficiencia energética de forma obligatoria, en lugar destacado y bien visible.

La calificación energética de un edificio existente, una vez se realice la transposición de la Directiva 2010/31/UE, se debe realizar mediante la utilización de un programa informático que tenga la consideración de documento reconocido.

Mediante concurso público abierto, el Consejo de Administración del IDAE aprobó la adjudicación de la contratación de servicios para la elaboración de dos procedimientos de calificación energética de edificios existentes, denominados CE3 y CE3X.

En la actualidad, ambos procedimientos, han superado los test de validación y son programas reconocidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y de Fomento para la certificación energética para edificios existentes. Este software y sus manuales de uso y fundamentos técnicos pueden ser descargados gratuitamente en el Registro general de documentos reconocidos para la certificación energética del MINETUR

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda global de calefacción [kWh/m²-año]</i>	<i>Demanda global de refrigeración [kWh/m²-año]</i>

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m²-año]</i>	<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m²-año]</i>
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	<i>Energía primaria ACS [kWh/m²-año]</i>	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m²-año]</i>
<i>Consumo global de energía primaria [kWh/m²-año]</i>		

Etiqueta energética edificio existente – Fuente: Minetur

4.4. OTRAS INSTALACIONES MUNICIPALES

4.4.1. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son dispositivos que convierten energía eléctrica en mecánica. Dentro de las instalaciones municipales, es habitual encontrar motores eléctricos en estaciones de bombeo y depuración de aguas residuales.

Aunque tradicionalmente se han considerado los motores eléctricos como equipos que ofrecen limitadas posibilidades de ahorro energético, existen diversas medidas, fácilmente aplicables, que conducen a ahorros sustanciales de su consumo las cuales se describen en este apartado.

MEDIDA 1: USO DE VARIADORES DE FRECUENCIA

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad.

La velocidad del motor asíncrono depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. El método más eficiente para controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales y son mucho más eficientes energéticamente que otros sistemas.

Los variadores de frecuencia aplicados en motores permiten controlar el caudal de fluido en sistemas de presión constante y volumen variable como es el caso de las bombas y las soplantes, ajustándose a las necesidades puntuales del usuario. En este caso, se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad del motor, o sea, que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

MEDIDA 2: SELECCIÓN CORRECTA DEL MOTOR PARA LA APLICACIÓN A LA QUE VA DESTINADO

Los motores modernos están diseñados generalmente para ofrecer su rendimiento máximo a un 75% de su carga nominal. Además, funcionando entre un 50% - 100% de la misma, solo existe una mínima variación de este parámetro. Sin embargo, a cargas menores del 25%, el rendimiento sufrirá una caída y debe ser tomada en consideración la sustitución del motor por uno de menor potencia nominal.

Se recomienda que la potencia nominal esté sobredimensionada del 5% al 15% respecto a la potencia necesaria para la aplicación, con el objetivo de que el motor opere con eficiencia y factor de potencia adecuados. El procedimiento para el cálculo de la potencia adecuada depende del régimen de carga del motor, ya que es posible subdimensionar en ciertos casos el motor en función de la cantidad de arranques y paradas a las que se vea sometido.

MEDIDA 3: UTILIZACIÓN DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

Este tipo de motores cuentan con un diseño y construcción especiales que favorecen unas menores pérdidas que los motores estándar. El coste de compra del motor es poco significativo respecto al coste total de operación, por eso, al seleccionar motores eléctricos hay que considerar fundamentalmente su eficiencia.

Antes existían tres tipos estandarizados de motores en base a la eficiencia (EFF1: Motores de alto rendimiento; EFF2: Motores de rendimiento mejorado; EFF3: Motores de rendimiento estándar). Desde julio de 2009, existe una nueva clasificación de los motores eléctricos regulada por el Reglamento (CE) N° 640/2009:

- IE1: Eficiencia estándar, equivalente a la antigua EFF2
- IE2: Alta eficiencia, equivalente a la antigua EFF1
- IE3: Eficiencia Premium

A continuación se enumeran una serie de ventajas y limitaciones que presentan estos motores.

Ventajas de los motores de alta eficiencia:

- Son más robustos que los motores estándar, lo que se traduce en menores gastos en mantenimiento y mayor tiempo de vida.
- Una mayor eficiencia supone un menor coste de operación.

Limitaciones de los motores de alta eficiencia:

- Operan a una velocidad mayor que los motores estándares. Esto puede significar un incremento en la carga. Esta posibilidad debe valorarse en cada caso.
- El par de arranque puede ser menor que el de un motor estándar, por lo que hay que analizar cuidadosamente cada caso. La corriente de arranque suele ser mayor, lo que puede provocar que se sobrepase el límite de caída de tensión en la red en el momento del arranque.

4.4.2. Bombas y ventiladores

La finalidad de una instalación de bombeo consiste en el transporte de un fluido, generalmente agua en el caso de las instalaciones municipales, hasta el punto de consumo, almacenamiento o evacuación, venciendo una determinada altura geométrica y las pérdidas por rozamiento generadas en el circuito de tuberías (pérdida de carga).

Un sistema de bombeo está formado por dos componentes principales:

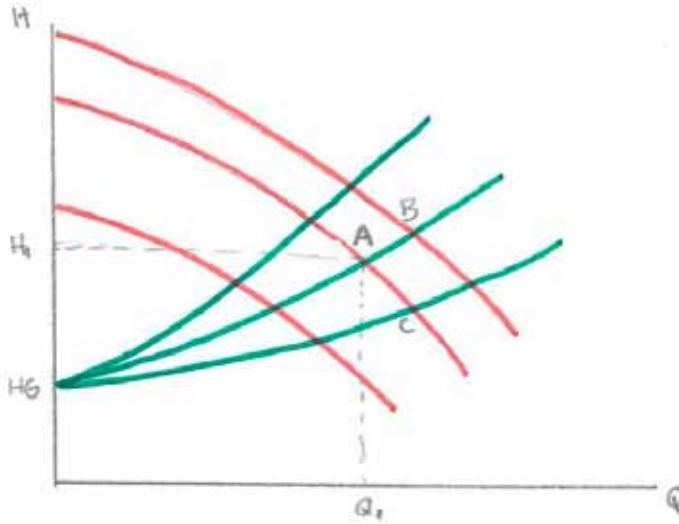
- **Circuito hidráulico:** por el que circula el fluido, caracterizado por la longitud, diámetro y rugosidad del entramado de tuberías. Este circuito vence una determinada altura geométrica y, además, para un caudal determinado que circula por él tiene asociada una determinada pérdida de carga (resistencia al paso del fluido de las paredes de las tuberías), lo que permite elaborar una curva característica (altura-caudal) del funcionamiento del circuito.



Instalaciones de bombeo. Cortesía SGS.

- **Equipos de bombeo:** bomba o agrupación de bombas que impulsan un determinado caudal de fluido, de modo que le confieren la energía necesaria para vencer la altura geométrica y la pérdida de carga determinada por dicho caudal en el circuito. La bomba consiste en un rodete con álabes arrastrado por un motor, normalmente eléctrico. En función del circuito al que esté conectada, la bomba es capaz de impulsar un determinado caudal hasta una determinada altura (altura geométrica más altura equivalente por pérdidas de carga). Ello permite trazar una curva característica (altura-caudal) de la operación de la bomba.

La combinación de ambas curvas características permite la determinación del punto de operación del sistema, que, como puede observarse en la figura, viene dado por el punto de corte (A) de ambas curvas.



Curvas características de bombas y circuitos.

El consumo energético de la bomba depende del motor empleado para arrastrarla, de la altura a vencer, el caudal y las pérdidas de carga del circuito.

Las instalaciones de ventilación y extracción son muy parecidas a las de bombeo, diferenciándose en las propiedades del fluido transportado, que en este caso es aire. Las medidas que se proponen a continuación para el caso de las instalaciones de bombeo son aplicables en su totalidad a los sistemas de ventilación y extracción.

MEDIDA 1: ESTUDIO IDONEIDAD DEL CIRCUITO

En ocasiones un circuito no funciona correctamente debido a un diseño defectuoso o a modificaciones de la instalación original. Debido a que la característica de funcionamiento de una bomba es fuertemente no lineal, toda desviación de la operación del sistema fuera del rango óptimo de la bomba conduce a un funcionamiento

ineficiente de la misma. Estas desviaciones pueden ser fruto de un mal dimensionamiento o de posteriores modificaciones o ampliaciones del circuito hidráulico. Toda modificación del circuito ha de llevar consigo un estudio de la modificación del punto de funcionamiento de la bomba para determinar la necesidad del ajuste o sustitución del equipo de bombeo para asegurar que trabaja en unas condiciones óptimas.

MEDIDA 2: ADECUADA REGULACIÓN

A menudo los circuitos de bombeo no funcionan con una carga constante sino que el caudal que circula por ellos es variable. Para variar el caudal que circula por el circuito es necesario modificar las condiciones de operación del circuito o de la bomba. Las distintas opciones son las siguientes:

- Válvulas de estrangulamiento: se introduce una pérdida de carga adicional en el circuito, por lo que el caudal disminuye. La potencia requerida disminuye, pero el rendimiento global de la instalación desciende en mayor medida.
- Arranque/parada: es una opción muy perjudicial para la bomba y el circuito porque se producen golpes de ariete (cambios bruscos en la presión del fluido). Energéticamente es más eficiente que la opción anterior.
- By-pass: se recircula cierta cantidad de fluido por la apertura de una válvula de by-pass. Es la opción menos eficiente energéticamente.
- Control de velocidad: es el método más eficiente, ya que en todo momento la bomba opera en su punto óptimo de funcionamiento.

EJEMPLO 6

SUSTITUCIÓN MOTORES

En este ejercicio se va a comparar un motor existente en un bombeo municipal, y el ahorro que se alcanza al sustituirlo por otro nuevo. Se dispone de un motor eléctrico de 15 kW de potencia nominal, 400V de tensión nominal, 40 Amperios de corriente nominal y un factor de potencia en régimen nominal de 0,75 (todos datos de placa). Con estos datos se puede calcular las potencias absoluta y de pérdidas, así como el rendimiento del motor; que son los datos que emplearemos para compararlos con los del nuevo motor.

Motor actual:

P absorbida (Kw)	P (Kw)	Pperd (Kw)	η
20,78	15	5,783	72,16%

Los motores de alta eficiencia poseen unos rendimientos superiores a los de este motor convencional; veamos los resultados que se obtendrían empleando un motor de alta eficiencia IE2.

Para una potencia nominal de 15 KW, se tiene un rendimiento del 90 %, con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

P absorbida (Kw)	P (Kw)	Pperd (Kw)	η
16,627	15	1,63	90%

Una vez se tienen estos datos, es el momento de calcular el coste económico de ambos motores. Para ellos se supone que se trata de un motor en una instalación de bombeo y que el funcionamiento de éste es de 12 horas diarias todos los días del año. Para el cálculo del coste eléctrico anual se estima 0,15 € / KWh:

	P (kW)	Energía consumida (kWh)	Coste económico (€)
Motor estándar	20,78	75.847,00 €	11.377,05 €
Motor alta eficiencia	16,627	60.688,55 €	9.103,28 €
Ahorro anual	4,153	15.158,45 €	2.273,77 €

4.4.3. Semáforos

MEDIDA 1:

SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS EN LOS SEMÁFOROS POR DIODOS LED



Uno de los planes más ambiciosos lanzados en los últimos años ha sido la sustitución de las lámparas tradicionales de incandescencia ó halógenas de los semáforos por diodos LED. Aunque el coste de estos semáforos es mayor, esto supone un gran ahorro energético pudiendo llegar a ahorros de entre un 80% y un 90%. No obstante debe estudiarse los plazos de retorno de estas inversiones.

Como ventajas cabe destacar la eliminación del efecto fantasma; los semáforos halógenos, al utilizar una óptica diferente, llegan a producir un efecto por el cual, según el reflejo del sol, pueden llegar a confundir al conductor al dar la impresión de estar encendido cuando no es así. Con los semáforos de leds, este efecto no está presente. Otra de las ventajas sería el control de la luminosidad, conocido también como 'dimming'; es posible variar la tensión del controlador de tráfico para que, durante la noche, se baje la luminosidad del mismo, ajustándola a la luz solar existente y permitiendo un ahorro energético mayor.

Por el contrario, este tipos de semáforos presentan problemas ligados a la exposición a altas temperaturas, donde los diodos LED presentan un alto porcentaje de averías.

4.5. FLOTAS DE VEHÍCULOS MUNICIPALES

En el funcionamiento normal de un municipio se utilizan a diario diversas modalidades de transporte para el correcto funcionamiento del mismo, como son los vehículos de limpieza, de la policía, etc. La gran mayoría de desplazamientos se realiza mediante vehículos motorizados, los cuales funcionan con gasolina o gasóleo. Si bien este nos suele representar un punto crítico desde el punto de vista de costes dentro de un ayuntamiento, sí existen diversas medidas que se pueden adoptar de cara a la disminución del gasto energético asociado a las flotas de vehículos municipales.

La política energética relacionada con los vehículos deba girar en torno a dos ejes: mejorar la eficiencia energética de los vehículos y usar otras fuentes de energía.



MEDIDA 1: EFICIENCIA EN VEHÍCULOS

La Directiva 1999/94/CE obliga a los Estados Miembros de la Unión Europea a adaptar su legislación para implantar procedimientos de información sobre consumo y emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos. El Real Decreto 837/2002 incorpora la anterior Directiva al ordenamiento jurídico español, estableciendo los soportes informativos: etiquetas, una guía, carteles e impresos de promoción.

Así, el consumo oficial de combustible de un coche se compara con el valor medio de los coches con igual superficie y carburante y a la diferencia con esta media, se le asigna un color y una letra.



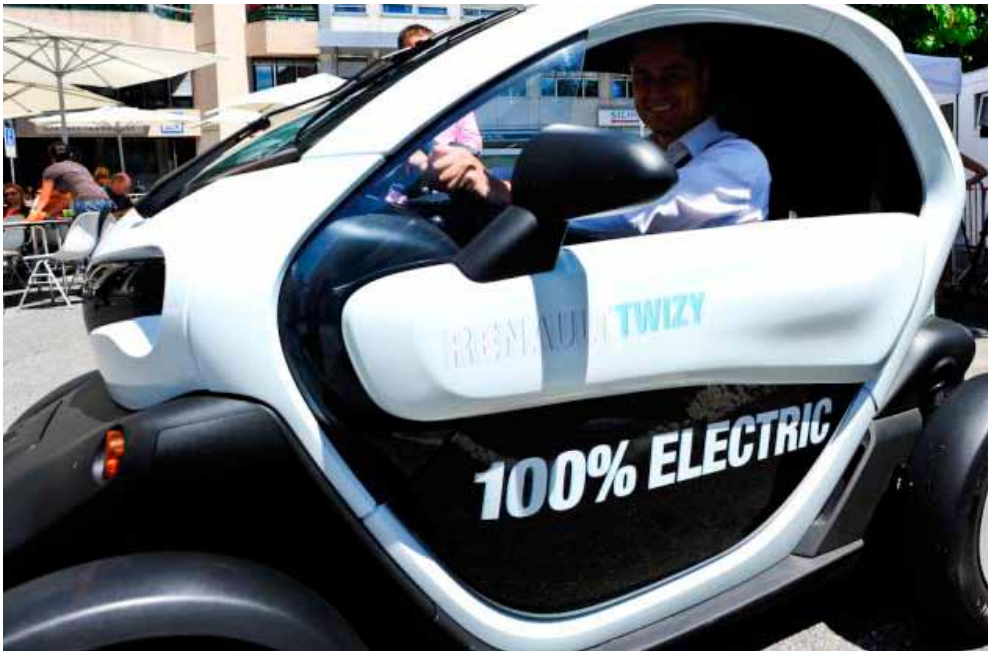
Etiqueta energética de vehículo – Fuente: IDAE

A través de la página web “www.idae.es/coches” se puede consultar el Consumo de combustible, emisiones de CO₂ y otras características de coches nuevos puestos a la venta en España. Este punto debe ser tenido en cuenta por parte del Ayuntamiento a la hora de renovar vehículos, tratando de adquirir siempre vehículos más eficientes.

MEDIDA 2: USO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS

En este apartado, vamos en primer lugar a dar la definición tanto de vehículo eléctrico como híbrido:

- **Vehículo híbrido:** Combina un motor térmico tradicional de combustión interna, con un motor de tracción eléctrica. El vehículo a baja velocidad se mueve con la electricidad almacenada en las baterías, y cuando necesita más potencia utiliza el motor de combustión.
- **Vehículo eléctrico:** Este tipo de vehículo es propulsado exclusivamente por un motor eléctrico alimentado desde una batería que se carga a través de un enchufe a la red eléctrica.



Vehículo eléctrico. Cortesía SGS.

Para hacer posible la incorporación del vehículo eléctrico a los municipios es necesaria una infraestructura de carga que habilite a los vehículos un lugar de repostaje. Existen tres tipos de carga:

- Standard: Recarga lenta. Correspondiente a recarga nocturna, en garaje o zona residencial. La potencia estaría en torno a los 3 kW y el tiempo estimado para una recarga completa es de 6-8 horas.
- Faster: Recarga intermedia. Correspondiente a zonas de destino, como zona comercial, hospitales, área industrial, etc. En este caso la potencia se sitúa entre los 7 y los 43 kW y el tiempo de carga total desciende hasta las 2-3 horas.
- Rapid: Recarga rápida. Correspondiente a electrolíneas. En este caso ya se habla de potencias elevadas que pueden llegar a los 100 kW y el tiempo de recarga es de 15 a 20 minutos.

Una adecuada gestión de la demanda del vehículo eléctrico sería hacer coincidir ésta con “horas valle”, que son el momento de menor demanda eléctrica.

Es interesante la implantación de esta tecnología en municipios por los siguientes motivos:

- La autonomía del vehículo eléctrico se adapta muy bien al uso urbano
- El problema de la carga está mejor definido en cuanto a que estos vehículos pasan la noche en garajes
- Imagen medioambiental
- Posibilidad de integración de energías renovables

Por otra parte, existen una serie de limitaciones:

- Coste vehículo
- Inversión en infraestructura
- Mercado de vehículos escaso de momento
- Determinados servicios difíciles de cubrir



CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

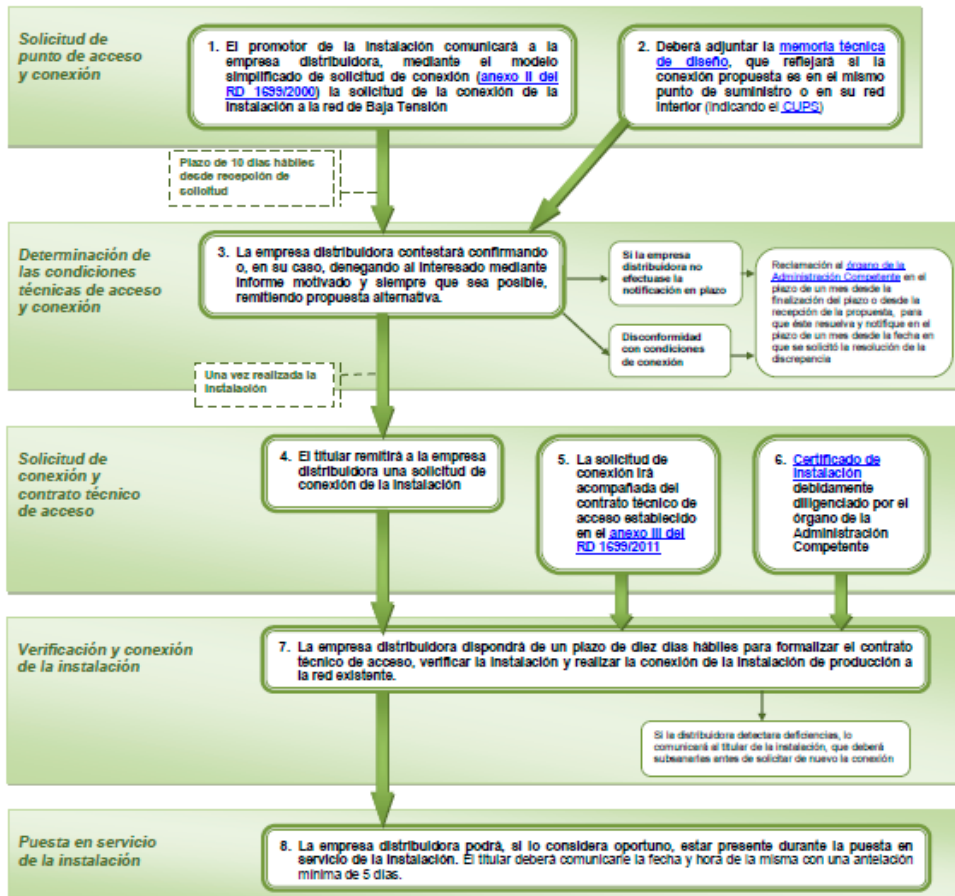
Uno de los grandes problemas energéticos es la dependencia de los combustibles fósiles, ya que provocan un fuerte impacto ambiental además de diversos trastornos económicos. El reto está en conseguir que las energías alternativas y renovables vayan sustituyendo paulatinamente a esos combustibles. La principal ventaja de las energías renovables es su menor impacto ambiental, ya que reducen el número de contaminantes a la atmósfera, pero además su distribución territorial es más dispersa y menos concentrada.

Algunas de las ventajas que aportan las energías renovables son:

- No emiten CO₂ a la atmósfera y evitan así el proceso de calentamiento terrestre como consecuencia del efecto invernadero.
- No contribuyen a la formación de lluvia ácida
- No dan lugar a la formación de NOx
- No necesitan sofisticadas medidas de seguridad
- No producen residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación.

Antes de describir las diferentes tecnologías cabe destacar algunas de las últimas novedades respecto a la situación normativa actual en España en cuanto a las energías renovables.

En el año 2011 se publica el Real decreto 1699/2011, el cual regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (fotovoltaica, minieólica, etc.). Este decreto es aplicable a consumidores de energía eléctrica de potencia contratada no superior a 100 kW por punto de suministro o instalación que utilicen cualquier tecnología renovable para la generación eléctrica. Existe además un procedimiento abreviado para la conexión de instalaciones con potencia hasta 10 kW.



Fuente: CNE

En dicho Real Decreto se indica que se procederá a la elaboración de una regulación del suministro de la energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo. Actualmente, dicha regulación está pendiente de aprobación, existiendo un borrador de la CNE. De producirse esta regulación, el consumidor podría utilizar la red eléctrica como elemento de almacenamiento y se activaría un mecanismo de suma y resta entre la energía vertida a la red y la energía consumida.

El otro punto importante relativo a la normativa viene con la publicación del RDL 1/2012 por el cual se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos. Es decir, las instalaciones de energías renovables no tienen una prima económica ligada a la producción como sucedía hasta entonces.

Es decir, anteriormente solo existían dos opciones, o toda la energía producida se inyectaba en la red y se pagaba al propietario de la instalación una prima regulada en función de los kWh inyectados en base al derogado RD 661/2007 o toda la energía se consumía para fines propios, sin inyectar nada en red (autoconsumo total). Con las novedades normativas previstas se pretende que en un futuro el consumidor pueda consumir parte de la energía generada e inyectar en red el resto de la energía mediante el mecanismo explicado en párrafos anteriores (autoconsumo parcial).

Establecido el escenario normativo, a continuación se procede a describir las diferentes tecnologías de energías renovables susceptibles de instalación en dependencias municipales. En este análisis se tienen en cuenta tanto las tecnologías de producción de energía eléctrica como aquellas aplicadas a la producción de energía de uso final, principalmente calorífica. La clasificación se ha realizado por fuentes de energía renovable.

5.1. SOLAR

El Sol produce energía en forma de radiación electromagnética derivadas de las reacciones de fusión que tienen lugar en su interior, por las que el hidrógeno que contiene se transforma en helio. Es, sin duda, la fuente energética más grande con la que cuenta la Tierra considerándose inagotable.

Los fenómenos producidos por el Sol dan origen a los recursos en los que se basan el resto de energías renovables. El aprovechamiento directo de la energía solar se puede realizar transformándola mediante la tecnología adecuada en energía térmica o en energía eléctrica. En el primer caso se utilizan los sistemas solares térmicos y en el segundo los sistemas solares fotovoltaicos.

5.1.1. Térmica

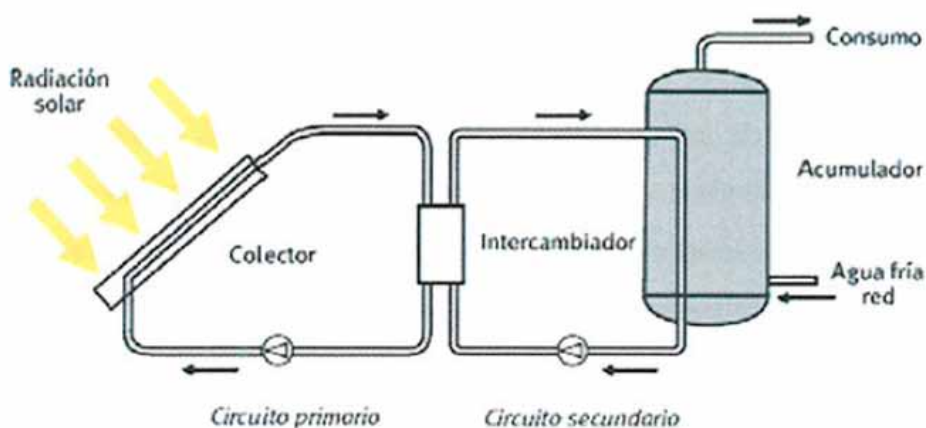
La energía solar térmica se basa en la capacidad de conversión de la energía luminosa del sol en energía calorífica. La transformación se realiza por medio de unos dispositivos denominados colectores, que concentran e intensifican el efecto térmico producido por la radiación solar. Estos colectores utilizan la radiación solar para calentar un fluido (que, por lo general, suele ser agua) a una cierta temperatura. Las instalaciones solares térmicas se pueden clasificar en función de la temperatura de trabajo, pero este manual se centrará en las instalaciones de baja temperatura por ser éstas las que representan un mayor potencial de instalación en dependencias municipales y que, además, precisa de una tecnología sencilla, una inversión inicial reducida y es amortizable en pocos años.

Los elementos principales que constituyen una instalación solar térmica de baja temperatura son:

- Colector: su finalidad es la captación de la energía solar.
- Almacenamiento: tiene como objetivo adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer cuando se solicite.
- Subsistema de distribución o consumo: transporta el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo.
- Sistema de apoyo convencional: es un sistema de energía auxiliar basado en energías “convencionales” para evitar que las instalaciones sufran restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto. Los sistemas de apoyo pueden ser eléctricos o calderas de gas/gasóleo.

El ahorro energético de una instalación solar térmica es directamente proporcional al porcentaje de contribución solar calculada en la instalación sobre el consumo total térmico.

En la siguiente figura se puede observar un esquema típico de una instalación solar térmica de baja temperatura para ACS.



Esquema instalación solar térmica – Fuente: IDAE

Las aplicaciones en municipios de la energía solar térmica podrían ser:

- Producción de ACS: es una alternativa madura y rentable muy apropiada para este uso por los niveles de temperatura que se requiere alcanzar (40 y 45 °C). Además, esta aplicación debe satisfacerse todo el año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente que en el caso de otros usos solares como la calefacción (que tiene utilidad durante los meses fríos).
- Sistemas de calefacción: permite satisfacer parcialmente la necesidad de calefacción de edificios. Estos equipos suelen ser compatibles con la producción de ACS, existiendo elementos control que dan paso a la calefacción una vez cubiertas las necesidades de ACS. El principal inconveniente de los sistemas de calefacción mediante energía solar térmica es que no suelen trabajar a temperaturas superiores a 60 °C por lo que se utilizan para precalentar el agua

mientras que las instalaciones de calefacción convencionales abastecen los radiadores de agua con temperaturas entre 70 y 80 °C. Otra aplicación de sumo interés es la utilización de esta tecnología en sistemas de calefacción por suelo radiante, los cuales operan a temperaturas menores, por lo que se consiguen buenos rendimientos.



- Climatización de piscinas: constituye una aplicación interesante tanto para piscinas cubiertas como a la intemperie. En el caso de las piscinas al aire libre, el sistema es muy simple, ya que el agua es circulada directamente por los captadores solares sin requerirse ningún sistema acumulador y la temperatura de trabajo suele ser baja (30 °C), lo que permite prescindir de cualquier tipo de material aislante y consigue reducir el precio del captador sin excesivo perjuicio en su rendimiento. Asimismo, la energía solar es también ventajosa para climatizar piscinas cubiertas aunque en estos casos los sistemas empleados son un poco más complejos. Se suelen emplear captadores de placa plana con un sistema formado por un doble circuito e intercambiadores combinables con la producción de ACS y calefacción. Además, se requiere un aporte energético convencional para alcanzar una temperatura de 25 °C.
- Refrigeración de edificios: es una de las aplicaciones térmicas con mayor futuro, ya que las épocas en las que más se necesita enfriar el espacio coinciden con las que se disfruta de mayor radiación solar. Además, permite aprovechar las instalaciones solares durante todo el año, empleándolas en el invierno para la calefacción y en verano para la producción de frío. La fórmula para aprovechar el calor solar para acondicionar térmicamente el ambiente es la constituida por el sistema de refrigeración por absorción, que se basa en la capacidad de determinadas sustancias para absorber un fluido refrigerante.

EJEMPLO 7

INSTALACIÓN SOLAR TERMICA

Suponemos un polideportivo municipal que tiene una instalación de vestuarios asociada. Se propone instalar paneles solares térmicos en la cubierta, de manera que el 65% del agua caliente consumida en polideportivo se produzca mediante dicha instalación.

La potencia calorífica requerida para la producción del A.C.S. se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q = C_e \times C \times (T_{ac} - T_r) \times n$$

Donde:

Q = Energía calorífica media mensual (J/mes)

C_e = Calor específico del agua (4,187 J/kg °C)

C = Consumo de agua para el día medio del mes (kg/día)

T_{ac} = Temperatura distribución A.C.S. (45 °C)

T_r = Temperatura agua fría para el día medio del mes.

n = número de días del mes en consideración

Por lo tanto la energía necesaria para la producción del A.C.S. en los vestuarios del campo de fútbol es de:

109.680.140 kJ/año (30.467 kWh/año).

Considerando que el 65% de esas necesidades vendrán cubiertas por la instalación solar térmica, se obtendría un ahorro de 0,65 x 30.467 kWh = 19.803,55 kWh.

Y el ahorro económico, suponiendo que la fuente auxiliar de energía es gas natural (coste 0,04 € /kWh), ascendería a 792,14 € anuales

5.1.2. Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica está basada en la aplicación del denominado efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores, de tal modo que se genera un flujo de electrones en el interior del material y, en condiciones adecuadas, una diferencia de potencial que puede ser aprovechada para producir energía eléctrica.

Estas instalaciones pueden servir para abastecer de energía eléctrica puntos de consumo que no dispongan de conexión a una red de distribución, o pueden estar conectadas en paralelo a la red de distribución

A continuación se describen los componentes de una instalación fotovoltaica conectada a red:

- **Módulos fotovoltaicos:** Las células solares transforman directamente la energía recibida del sol en energía eléctrica. Pero proporcionan valores de tensión y corriente muy pequeños en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, además de ser extremadamente frágiles y no estar aisladas eléctricamente. Es por ello que su utilización exige la interconexión de varias células para aumentar su voltaje y su intensidad, y la protección y ensamblaje del conjunto para constituir una única estructura, que es el módulo fotovoltaico.
- **Inversor:** Es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga, transformando la energía continua producida por los módulos en energía alterna, para poder así introducirla en la red.
- **Cuadro de protecciones:** Sirve para que la energía eléctrica introducida en la red tenga todas las características requeridas por la misma, según unas condiciones de calidad impuestas. Además debe evitar que, en caso de avería, el sistema fotovoltaico afecte a la red eléctrica.
- **Contador de energía:** Mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante todo el periodo de funcionamiento.



Instalación fotovoltaica en cubierta de edificio. Cortesía SGS.

En el caso de instalaciones fotovoltaicas aisladas se requiere, adicionalmente a los elementos enumerados, un banco de baterías para acumular la energía y poder así adaptar el suministro a la demanda y un regulador de carga que permita proteger las baterías frente a sobrecargas y sobredescargas.

Es importante destacar la importancia del autoconsumo parcial comentando anteriormente en el caso de las instalaciones fotovoltaicas, pues resolvería el actual problema de desfase entre demanda de un edificio y producción solar fotovoltaica. Concretamente para edificios que tienen un consumo de energía permanente (cámaras frigoríficas, etc.) las instalaciones fotovoltaicas podrían compensar en la modalidad de autoconsumo buena parte de estos consumos permanentes con unos plazos de amortización de las inversiones razonables y evitando emisiones de CO₂.

5.2. MINIEÓLICA

Una instalación de energía mini eólica consiste en un pequeño aerogenerador conectado a las redes de baja tensión, con capacidad de producir un máximo de 100kW. En su gran mayoría y a nivel doméstico, son instalaciones de no más de 10kW.

Las aplicaciones de estos sistemas, al igual que ocurría con la energía fotovoltaica, se clasifican en:

- **Instalaciones de energía mini eólica en lugares aislados**

Donde se aporta un gran beneficio al disponer de energía eléctrica en lugares aislados donde no llega la red de distribución convencional. En estos casos suele utilizarse conjuntamente con instalaciones fotovoltaicas, pues cuando no hay sol el viento puede ser el complemento perfecto para seguir produciendo energía. Un caso sería el de los bombeos aislados donde no llega la red.

- **Instalaciones de energía mini eólica que pueden conectarse a la red eléctrica para autoproducción según RD 1699/2011.**

Actualmente en España las instalaciones de minieólica han tenido una implantación menor frente a otras energías renovables.

5.3. GEOTERMIA / AEROTERMIA

Existen diferentes tipos de energía geotérmica en función de la temperatura del fluido geotermal que determinará su uso y aplicaciones. Considerando las instalaciones que pueden tener aplicación en municipios y teniendo en cuenta el grado de implantación de los diferentes tipos de energía geotérmica, se describirá con mayor detalle la tecnología geotérmica de baja temperatura en la cual las temperaturas permanecen por debajo de los 100 °C.

La energía geotérmica se puede usar tanto en edificaciones con grandes requerimientos energéticos, como hospitales, edificios de oficinas, etc..., así como para construcciones con menos consumo de energía. Asimismo, la geotermia se podría implantar tanto en edificios de nueva construcción como en edificios ya construidos.

Un equipo de climatización geotérmica cuenta con:

- Una bomba de calor geotérmica. Éste es un aparato eléctrico que realiza el intercambio de calor con el suelo.
- Un intercambiador enterrado. Este dispositivo está formado por un conjunto de tuberías plásticas de alta resistencia y gran duración enterradas en el suelo por las que circula agua.
- Una bomba hidráulica, que bombea el agua que fluye por las tuberías.

Los intercambiadores pueden ser:

- Captador horizontal: Este tipo de captador se compone de uno o varios circuitos compuestos de un colector de polietileno de alta densidad y enterrado a una profundidad de hasta 1,5m.
- Captador vertical: Es la captación geotérmica más recomendable, también es la opción menos económica. Entre 10 y 20 metros de profundidad la temperatura permanece constante durante todo el año, rondando entre los 10°C y 15°C, y por cada 100 metros de profundidad la temperatura aumenta 3 grados.



Captadores horizontales – Fuente: Geoexchange



Captadores verticales – Fuente: Geoexchange

Las ventajas que presenta la energía geotérmica son:

- Grado de eficiencia muy considerable.
- En términos generales, se estima que se puede alcanzar un ahorro energético asociado de hasta un máximo del 70% en calefacción y del 50% en refrigeración.
- Flexibilidad en todo tipo de climas, ausencia del carácter estacional y su distribución en el territorio.
- Además, permite la calefacción y refrigeración simultánea.

Esta tecnología es justificable desde un punto de vista económico en zonas con climas rigurosos. En climas más suaves, desde un punto de vista económico, la tecnología de aerotermia tiene más sentido.

La aerotermia se define como la energía contenida en el aire. En cuanto a la consideración de esta tecnología como renovable, cabe destacar que la Directiva Europea 2009/28/CE establece que en función de las características de la bomba de calor, ésta podrá ser considerada como renovable. Las características que definen las bombas de calor son:

- COP: Coeficiente de rendimiento. Representa la eficacia de la máquina cuando esta trabaja en modo calefacción.
- EER: Eficiencia energética en refrigeración. Término análogo al COP pero cuando la máquina se encuentra trabajando en modo refrigeración.

En las bombas de calor aerotérmicas, ambos coeficientes varían con la temperatura exterior, por lo que en los cálculos se deberá emplear un coeficiente estacional. Para justificar la tecnología geotérmica hay que hacer un estudio del COP estacional según la variación de las temperaturas registradas en periodos anteriores para compararla con la aerotermia. En emplazamientos con condiciones climáticas rigurosas el COP aerotérmico será bajo frente al COP geotérmico ya que el intercambio se realiza con el interior de la tierra donde la T^a es constante y parecida a la media anual.

5.4. BIOMASA

La biomasa se puede definir como toda materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial que es susceptible de aprovechamiento energético.

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar para producir energía eléctrica, calor y biocombustibles. En el caso que nos ocupa, nos centraremos en el uso de la biomasa en calefacción y producción de agua caliente en edificios. Actualmente, la mayoría de las aplicaciones térmicas en edificios o redes centralizadas con biomasa suponen un ahorro que puede llegar aproximadamente al 40% respecto al uso de combustibles como el gasóleo C, pudiendo alcanzar niveles aún mayores según el tipo de biomasa, la localidad y el combustible sustituido.

Cabe destacar que las instalaciones de calefacción con biomasa son más seguras que una instalación de gasóleo o gas (al tratarse de un combustible sólido con bajo riesgo de explosión y de emisiones tóxicas).



Sistema abastecimiento biomasa – Fuente: IDAE

No obstante, existen algunas desventajas, como la necesidad de un silo de almacenamiento (mayor que los depósitos de combustibles líquidos) y la necesidad de retirar eventualmente las cenizas producidas y compactadas automáticamente por la caldera.

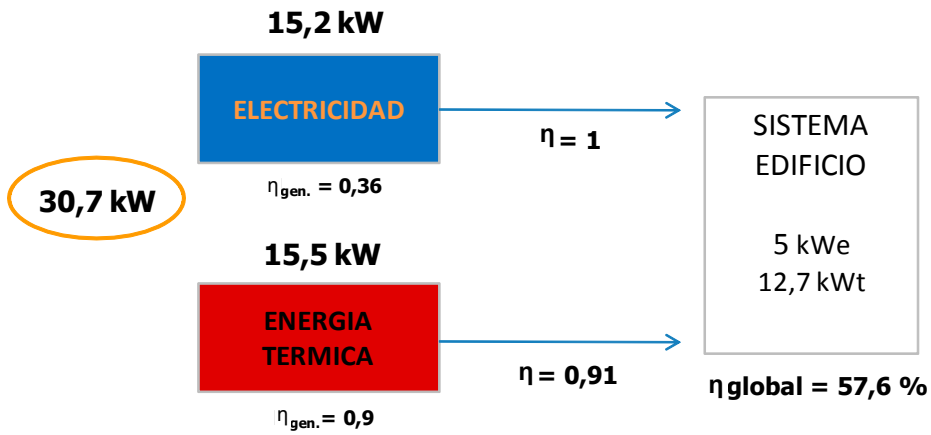
Por ello, la opción con biomasa es especialmente recomendable para aquellos edificios que dispongan de calefacción de carbón, ya que pueden utilizar el mismo lugar de almacenamiento del combustible.

5.5. MICROCOGENERACIÓN

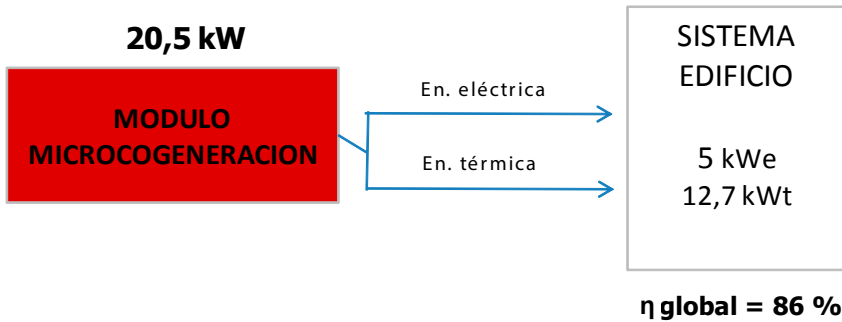
Un sistema de cogeneración es un sistema de generación conjunta de electricidad y de energía térmica útil, a partir de un único combustible. Este sistema supone una reducción notable de la factura energética, debido al menor coste de la energía generada. Esta tecnología permite una mayor calidad y continuidad del suministro eléctrico así como un uso más racional de la energía respecto a las tecnologías convencionales, con las ventajas que ello comporta. Debido al aprovechamiento del calor residual, los sistemas de cogeneración presentan rendimientos globales muy altos, en algunos casos del 85%, lo cual implica un importante ahorro de energía primaria debido a este uso más racional de la energía.

Este ahorro de energía primaria supone una reducción del impacto ambiental de esta tecnología. Si tenemos en cuenta que para producir una unidad eléctrica por medios convencionales se necesitan tres unidades térmicas, mientras que en cogeneración se necesitan 1,5 unidades, la cantidad total de agentes contaminantes emitidos se verá disminuida en un 50%. Asimismo, el efecto invernadero asociado a las emisiones de CO₂ se reduce notablemente, dependiendo el nivel de reducción del combustible utilizado, siendo la reducción más alta cuando el combustible es el gas natural.

En nuestro país, estos sistemas han tenido gran éxito en el sector industrial, tanto por su eficiencia energética como medioambiental. Ahora, el avance de estas tecnologías hace que también puedan aplicarse en pequeñas instalaciones y, por tanto, en edificios de menor tamaño. El término microcogeneración se aplica a instalaciones de cogeneración menores de 50 kW según COGEN (definición según COGEN “Asociación Española para la promoción de la Cogeneración”)



Sistema abastecimiento energético convencional – Fuente: elaboración propia



Sistema abastecimiento energético mediante cogeneración – Fuente: elaboración propia

Las opciones de microgeneración son:

- Los micromotores alternativos de combustión: están diseñados para funcionar un elevado número de horas en continuo con la máxima eficiencia por lo que se trata de buscar el régimen de funcionamiento que maximice el rendimiento eléctrico.

Los motores disipan calor a través de los circuitos de agua de refrigeración y de los gases de escape. En los micromotores, se recuperan ambas fuentes de calor para finalmente dar toda la energía en forma de agua caliente que pueda ser usada para climatización.

- Las microturbinas de gas: son máquinas de combustión basadas en el mismo principio que las turbinas convencionales pero simplificando los elementos mecánicos.

Las microturbinas generan energía alterna a frecuencia variable que es convertida a corriente continua y, mediante un inversor parecido al que incorporan los sistemas fotovoltaicos, se convierte a corriente alterna trifásica 400 V y 50 Hz que exigen las aplicaciones en baja tensión. Finalmente los gases de escape tienen una temperatura de 300 °C aproximadamente que permite una recuperación térmica útil para la producción de ACS, calefacción y frío.



GLOSARIO

Auditoría energética: Procedimiento sistemático para obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de una edificación, de una instalación industrial o de un servicio privado o público, identificando y cuantificando las posibilidades rentables de ahorro de energía y reducción de emisiones

Balasto: Dispositivo conectado entre la alimentación y una o varias lámparas de descarga, que sirve para limitar la corriente de las lámparas a un valor determinado

Baterías de Condensadores: Agrupación de condensadores que tienen la misión de aminorar el consumo de energía reactiva de una instalación

Caldera Convencional o Estándar: Caldera en la que la temperatura media del fluido caloportador puede limitarse a partir de su diseño. Así, una caldera de agua caliente diseñada para operar entre las temperaturas de 70 °C a la entrada y 90 °C a la salida tiene limitada su temperatura media a 80 °C

Caldera de Baja Temperatura: La que puede operar continuamente con una temperatura del agua de entrada comprendida entre 35 °C y 40 °C y que, en determinadas circunstancias, puede producir en su interior la condensación del vapor de agua contenido en los humos. Las calderas de baja temperatura operan con combustibles líquidos y gaseosos.

Caldera de Condensación: una caldera diseñada para poder condensar de forma permanente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases de combustión.

Detector de presencia: Detector de radiación óptica que utiliza la interacción entre la radiación y la materia resultante de la absorción de fotones y la consecuente liberación de electrones a partir de sus estados de equilibrio, produciendo así una tensión o corriente eléctrica, o una variación resistencia eléctrica, excluyendo los fenómenos eléctricos producidos por cambios de temperatura

Eficiencia energética: Se dice que un equipo es eficiente energéticamente cuando con iguales o mejores prestaciones de servicio que otros, consume menos energía.

Energía final: Aquella que los consumidores gastan en sus equipos profesionales o domésticos (combustibles líquidos, gas, electricidad...). Proceden de las fuentes de energía primaria por transformación de éstas

Energía primaria: Aquella presente en la naturaleza y que no ha sido sometido a ningún proceso de conversión

Energía reactiva: Energía que ciertos receptores (transformadores, lámparas de descarga, motores, etc.) emplean para crear campos magnéticos. No produce ningún trabajo útil, por lo que resulta conveniente disminuir su cuantía mediante baterías de condensadores.

Flujo luminoso: Magnitud derivada del flujo energético por la evaluación de la radiación, según su acción sobre un receptor selectivo, en el que la sensibilidad espectral es relativa. Observador de referencia C.I.E.

Luminaria: Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de una o varias lámparas y que incluye, además de las propias lámparas todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y cuando sea necesario, circuitos auxiliares junto con los medios de conexión al circuito de alimentación.

Maxímetro: Aparato registrador de potencia eléctrica. Mide las potencias demandadas en intervalos determinados de tiempo y registra las máximas obtenidas en dichos intervalos.

Variador de frecuencia: equipo electrónico que se acopla a los motores de inducción y regula progresivamente la frecuencia de dicho motor, tanto en carga como en arranque.



DIRECCIONES WEB DE INTERÉS

www.ladipu.es

Diputación Provincial de Alicante

www.alicantenergia.es

Agencia Provincial de la Energía de Alicante

www.aven.es

Agencia Valenciana de la Energía

www.minetur.com

Ministerio de Industria, Energía y Turismo

www.marm.com

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

www.idae.es

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

www.cne.es

Comisión Nacional de la Energía

www.ree.es

Red Eléctrica de España

www.omie.es

Operador del Mercado Ibérico, Polo Español

www.ceisp.com

Comité Español de Iluminación

www.codigotecnico.org

Código Técnico de la Edificación

<http://gcee.aven.es/publico/>

Registro de certificados de eficiencia energética para edificios
en Comunidad Valenciana

