

Rehabilitación energética de edificios

Helena Granados Menéndez

1ª edición: abril 2012

© Helena Granados Menéndez
© Fundación Laboral de la Construcción
© Tornapunta Ediciones, S.L.U.
ESPAÑA

Edita:
Tornapunta Ediciones, S.L.U.
Av. Alberto Alcocer, 46 B Pª 7
28016 Madrid
Tel.: 900 11 21 21
www.fundacionlaboral.org

ISBN: 978-84-15205-56-2
Depósito Legal: M-12974-2012

PRESENTACIÓN

La edificación, concebida como lugar en el que los seres humanos desarrollan sus diferentes actividades en condiciones de confort, representa un porcentaje significativo del consumo energético global tanto en el ámbito nacional como en el ámbito internacional. Dentro de este porcentaje, si se consideran los diferentes elementos consumidores de energía dentro de la edificación (acondicionamiento térmico, acondicionamiento lumínico y equipamiento diferenciado para la realización de diversas actividades), el peso relativo de cada uno de ellos varía en función del tipo de uso del edificio, el período de uso del mismo y las condiciones energéticas del mismo.

Las condiciones energéticas del edificio marcan su respuesta frente a los requerimientos de confort térmico y lumínico del ser humano en cada momento, haciendo necesario un mayor o menor consumo energético para obtener estos confortos.

En este sentido, la adecuación del parque edificatorio existente para mejorar su comportamiento energético reviste una especial importancia de cara a reducir los consumos energéticos del parque edificatorio. Al conjunto de las actuaciones susceptibles de realizarse en este campo se las engloba bajo la descripción de “rehabilitación energética” del edificio.

Para comprender la importancia de este tema en el contexto actual y facilitar la comprensión de los diferentes mecanismos de actuación, se recogen en la Unidad didáctica 1 los elementos más significativos de la problemática energética actual en el sector edificatorio y los conceptos básicos relacionados con la eficiencia energética en la edificación.

La rehabilitación energética de la edificación requiere considerar la respuesta global del mismo frente a las condiciones ambientales exteriores, considerándolo como un sistema único, y la actuación en cada uno de los subsistemas que lo componen: elementos de cerramiento de la edificación, sistemas de acondicionamiento térmico y sistemas de acondicionamiento lumínico.

Estos grandes apartados se tratan de forma separada en este volumen.

Se analizan en primer lugar, en las Unidades didácticas 2 y 3, el edificio como contenedor, sus posibilidades de respuesta frente a las condiciones ambientales exteriores y el papel de los elementos de cerramiento como sistemas de regulación energética. Para facilitar esta comprensión se analizan los principios y las estrategias bioclimáticas de actuación, incorporándose las mismas en el análisis y propuesta de sistemas de mejora energética de los elementos de cerramiento.

Una vez analizado el edificio como contenedor, se analizan en las siguientes unidades didácticas los sistemas de acondicionamiento térmico y lumínico consumidores de energía en el edificio.

Se abordan, en la Unidad didáctica 4, las posibilidades de optimización energética de los sistemas de climatización de la edificación tanto en su composición como en su abastecimiento y funcionamiento.

Por último, se consideran en la Unidad didáctica 5 los sistemas de acondicionamiento lumínico de la edificación, sus características y las diferentes actuaciones para reducir su consumo energético.

Al finalizar el curso el alumno será capaz de:

- Comprender el concepto de eficiencia energética aplicado a la edificación.
- Comprender el objeto de la rehabilitación energética en los edificios existentes.
- Conocer las técnicas de mejora de las características físico-químicas de los elementos de cerramiento de la edificación que permiten limitar la demanda energética de los edificios.
- Aprender como el incremento del rendimiento de las instalaciones térmicas y de iluminación mejoran la eficiencia energética de los edificios.
- Identificar las posibilidades de intervención en edificios existentes.
- Conocer las principales soluciones bioclimáticas de rehabilitación energética que se pueden aplicar en la edificación existente en función de los condicionantes externos y de uso de la misma.

ÍNDICE

1

Introducción a la eficiencia energética en los edificios

.....
Pág. 8

Mapa conceptual	10
1. Energía y edificación	11
2. La problemática ambiental.....	16
3. Las reacciones internacionales y de los Estados. El Protocolo de Kioto	23
4. Eficiencia energética. Conceptos generales	25
5. Marco Normativo. Evolución y disposiciones legales y básicas que regulan la eficiencia energética.....	33
Resumen	40
Terminología	42
Siglas utilizadas.....	43

2

Técnicas de mejora de los elementos del cerramiento para la limitación de la demanda energética

.....
Pág. 44

Mapa conceptual	46
1. Conceptos generales. La energía procedente del sol. La radiación solar.....	47
2. Mecanismos de transferencia térmica.....	50
3. Opacos y semitransparentes. Propiedades energéticas Fundamentales	54
4. Los elementos de cerramiento como reguladores térmicos y lumínicos.....	57
5. Fachadas: el sistema muro-hueco. Características y técnicas de mejora	66
6. Cubiertas. Características y técnicas de mejora.....	81
7. Forjados. Características y técnicas de mejora.....	85
Resumen	88
Terminología	90

3

El edificio como sistema energético. Aplicaciones bioclimáticas en el proceso de rehabilitación de la edificación



Pág. 92

Mapa conceptual	94
1. El edificio como sistema energético	95
2. El ciclo invernal y las estrategias bioclimáticas	98
3. El ciclo estival y las estrategias bioclimáticas	105
4. Ventilación y calidad del aire interior	110
5. Iluminación natural	118
6. Los sistemas de regulación y control	126
7. Arquitectura y climas	128
8. El marco normativo	131
Resumen	133
Terminología	135
Siglas utilizadas	136

4

Instalaciones de climatización: tecnologías de alta eficiencia energética y empleo de energías renovables



Pág. 138

Mapa conceptual	140
1. Conceptos generales. Eficiencia energética e instalaciones de climatización	141
2. Fuentes de abastecimiento energético: recursos finitos y recursos renovables. Posibilidades de utilización en la edificación existente	148
3. Los sistemas de acondicionamiento térmico y sus elementos: generación, distribución y emisión	157
4. Mejora de los sistemas de generación. Tecnologías de generación de energía de alta eficiencia energética	161
5. Distribución y limitación de pérdidas energéticas. Medidas de actuación	176
6. Emisores. Adecuación, regulación y control de consumos	181
7. El marco normativo	184
Resumen	186
Terminología	189
Siglas utilizadas	191

5

Instalaciones de iluminación: técnicas y elementos de mejora



Pág. 190

Mapa conceptual	194
1. Conceptos generales sobre iluminación natural y artificial.....	195
2. Los sistemas de acondicionamiento lumínico y la eficiencia energética: componentes.....	198
3. Manejo de la instalación: mantenimiento y sistemas de regulación y control.....	210
4. Parámetros del análisis de los sistemas de iluminación existentes y criterios de diseño y mejora de la instalación.....	214
5. Componentes. Adecuación, regulación y control de consumos.....	218
6. El marco normativo	226
Resumen	230
Terminología	232
Siglas utilizadas.....	234

Introducción a la eficiencia energética en los edificios

1

El consumo energético del ser humano ha aumentado exponencialmente en los dos últimos siglos gracias al acceso a fuentes de abastecimiento energético de bajo coste basadas en la combustión. Este aumento ha generado daños importantes sobre el medio ambiente y el clima, entre los que cabe mencionar el crecimiento de las emisiones de CO² y el calentamiento global asociado.

El parque edificatorio existente, poco adaptado, ha respondido a la evolución de los patrones de confort con modelos más consumidores de energía, por lo que actualmente tiene una gran repercusión en este consumo. Para corregir esta tendencia, se articulan desde la Administración herramientas que promueven y garantizan el aumento de la eficiencia energética. La identificación del problema y las estrategias propuestas son un primer paso para abordar la problemática de la rehabilitación energética de los edificios.

Mapa conceptual



Contenido

Mapa conceptual

1. Energía y edificación
2. La problemática ambiental
3. Las reacciones internacionales y de los Estados. El Protocolo de Kioto
4. Eficiencia energética. Conceptos generales
5. Marco Normativo. Evolución y disposiciones legales y básicas que regulan la eficiencia energética

Resumen

Terminología

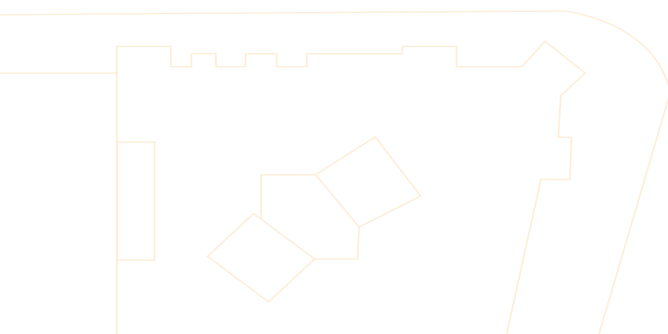
Siglas utilizadas

Al finalizar esta Unidad Didáctica, el alumno será capaz de:

- Adquirir una idea global acerca de la problemática energética y medioambiental y su relación con la actividad edificatoria.
- Comprender el concepto de eficiencia energética aplicado a la edificación.
- Comprender los diferentes modos de actuación sobre el edificio para mejorar su comportamiento energético.
- Conocer la normativa relativa a la eficiencia energética en los edificios en sus diferentes apartados.



abc Terminología



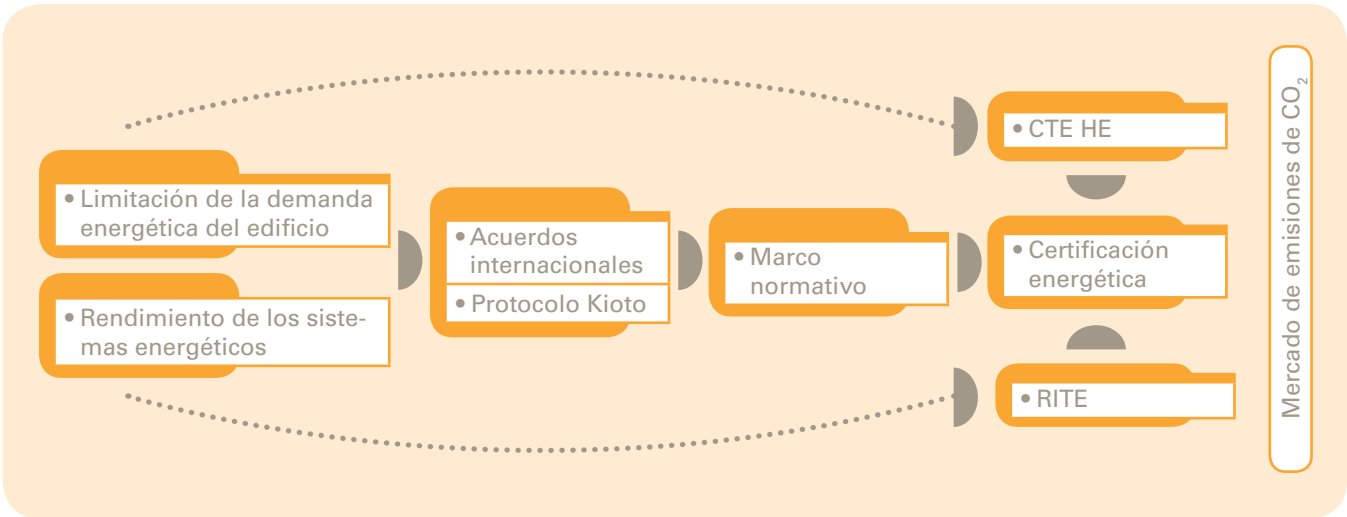


Mapa conceptual

ENERGÍA Y EDIFICACIÓN



EFICIENCIA ENERGÉTICA



REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

1

ENERGÍA Y EDIFICACIÓN

La edificación nace como cobijo del ser humano frente a condiciones ambientales adversas.

Los primeros cobijos de los que se tiene constancia se basan en la idea de protección frente a las condiciones exteriores, requiriéndose mínimas condiciones de confort para el ser humano en su interior del edificio.

A lo largo de la historia, los requerimientos y las condiciones de confort perseguidos y alcanzados en el interior de los edificios van evolucionando en función de diferentes factores, siendo la facilidad para obtener combustible con que calentarse uno de los más significativos.

En este sentido, la Revolución Industrial significa un gran cambio en los modelos de edificación y de asentamientos humanos, ya que la energía y el transporte pasan a actuar como motores del crecimiento: las ciudades aumentan en tamaño y número, mientras que la energía para su abastecimiento procede cada vez de lugares más lejanos.

En la actualidad, el concepto de cobijo incluye condiciones ambientales interiores adecuadas para la actividad humana prevista (temperatura, humedad del aire y ausencia de sustancias en el aire que puedan dañar la salud humana), además de incorporar equipamientos consumidores de energía dedicados a diferentes funciones: producción de alimentos, conservación de los mismos, lavado, conservación, entretenimiento, producción...

Dada la diversidad de localizaciones y características de la edificación, los patrones de consumo energético varían en función de las condiciones ambientales exteriores, el tipo de actividad, el nivel de desarrollo tecnológico y la economía.

Además, las variaciones en los parámetros de confort de las diferentes culturas y estamentos sociales así como el nivel adquisitivo de los ocupantes, que condiciona la cobertura de estos requerimientos, inciden sensiblemente en el consumo.

En sociedades con bajo nivel de desarrollo y bajo Producto Interior Bruto (PIB), en muchos de los hogares los consumos energéticos continúan limitándose a la producción de alimentos, mientras que en sociedades más desarrolladas incluyen el confort **higrotérmico** y los aparatos electrónicos.



Ejemplo

A modo de ejemplo, el consumo de energía en los Estados Unidos es de 11,4 kW por persona, mientras que en Bangladesh -el país con menor consumo per capita- este solo llega a 0,2 kW por persona, 57 veces menos.

Esta evolución en los patrones de confort hace que la edificación o “parque edificatorio” existente necesite ajustes y modificaciones para adaptarse a los nuevos requerimientos energéticos, en general mayores que los imperantes durante el período en el que fueron concebidos.

Recuerda



El consumo energético de la edificación ha ido variando a lo largo del tiempo en función del incremento de los requerimientos de confort y del tipo de actividades que se desarrollan en su interior.

Este aumento es mayor en los países desarrollados y con mayor PIB, debido a los costes económicos que conlleva el consumo de energía, tanto en el ámbito público como en el ámbito privado.

El incremento del número de edificaciones, sumado a la incorporación de sistemas consumidores de energía para su funcionamiento, convierte al sector de la edificación en uno de los mayores consumidores de este recurso.

Por otra parte, cuando se habla de los consumos energéticos ligados a la actividad edificatoria, deben también tenerse en cuenta los asociados a la creación de la edificación como bien de consumo y los derivados de su eliminación o transformación una vez agotada su vida útil para el uso para el que fue construida.

A la suma de las diferentes etapas del hecho constructivo se la denomina **ciclo global de la edificación**; en él se incluye desde la extracción de los materiales que serán necesarios para la construcción, pasando por su procesado, transporte y puesta en obra, que permiten la construcción del edificio, hasta su mantenimiento en adecuadas condiciones de operación y eliminación del mismo y de sus sistemas, cuando se considera que ya no “sirve” como bien de consumo.

No todas las edificaciones consumen lo mismo ni en su fase de producción ni, posteriormente, en su uso. Sus consumos serán variables en función de su localización, de la forma en que fue construida la edificación y de cómo se usa: el sistema de construcción empleado, los sistemas de procesado de los materiales y la distancia

de su lugar de origen a la obra, la adecuación de la edificación para los usos a los que está destinada, la gestión energética a lo largo de su vida útil, la durabilidad de los materiales y de los sistemas que la componen, las estrategias de mantenimiento y los tratamientos necesarios para la eliminación de sus componentes una vez finalizada su vida.

1.1 Edificación y consumo de energía. Los grandes números

Cuando se habla de energía y edificación hay que distinguir dos conceptos: energía final y energía primaria.

Se entiende por **energía final** la energía tal y como se usa en los puntos en los que se consume. Esta energía se obtiene mediante procesos de transformación de la energía contenida en los combustibles, que se denomina **energía primaria**, y su transporte hasta los puntos de consumo.

La edificación, en su proceso de producción y mantenimiento en condiciones de habitabilidad, seguridad y confort, tiene un papel relevante en el consumo energético global en el mundo, tanto en energía primaria como en energía final.

En la Unión Europea se estima que el consumo de energía final representa el 40% del total anual.

En España, supone cifras algo menores, aunque su porcentaje anual supera la tercera parte del consumo de energía final global del país.

De estos porcentajes, los costes de las diferentes fases del ciclo constructivo tienen magnitudes muy diferentes en el cómputo total del sector, siendo sensiblemente mayores los que corresponden a su producción que los que corresponden a su uso.



Ejemplo

Se considera que para la construcción de 1 m² de edificio el consumo energético es al menos 20 veces superior al necesario para su funcionamiento a lo largo de todo su ciclo de vida útil.

Esta proporción, sin embargo, puede variar en función del tipo de uso, del tipo de sistema constructivo empleado y de las condiciones ambientales exteriores: en la geografía española se dan condiciones climáticas muy diferentes que generan, a su vez distintos patrones de consumo para el acondicionamiento térmico en el interior de los espacios.

Si nos fijamos exclusivamente en la energía que consume para su funcionamiento el parque edificatorio existente, dejando a un lado el resto de su ciclo global, se considera (de acuerdo con el Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España) que este representa el 17% del consumo de energía final nacional anual.

Lógicamente, debido a las condiciones climáticas españolas, que se asemejan a las adecuadas para el confort humano durante un mayor número de días al año, este consumo es menor que el correspondiente a la media europea variando, además, por regiones en función de las diferencias climáticas del territorio español.



Ejemplo

La demanda media anual de calefacción en un edificio destinado a vivienda en Burgos se estima en 113,1 kWh/m², mientras que para Cádiz este valor es de 17,2 kWh/m², más de 6 veces menor.

Dentro de este parque edificatorio, el sector residencial es el de mayor repercusión, ya que supone un 85% del parque construido, correspondiendo el 15% restante al sector terciario. Si se desglosan los consumos por usos, un 10% del consumo de energía final nacional anual corresponde al sector doméstico y un 7% al sector terciario.

Estas cifras nos permiten ver las grandes diferencias de consumo que se producen según usos.

Si descendemos aún más al detalle, podemos ver que en el sector residencial, el mayor porcentaje del consumo energético en nuestro país corresponde al acondicionamiento térmico.

Los datos recogidos en la Figura 1 nos muestran porcentajes cercanos al 50% en calefacción y refrigeración para los hogares españoles en el año 2007.

Consumo energético por usos en el sector residencial en España y UE

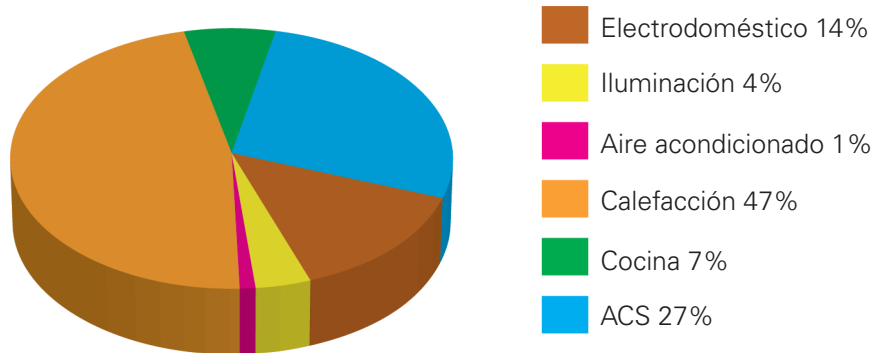


Figura 1.
Consumo energético por usos en el sector residencial en España en el año 2007.
Elaboración propia con datos procedentes de IDAE

Por otra parte, la incidencia del consumo energético en el presupuesto familiar es alta. La media española de consumo en acondicionamiento térmico, agua caliente sanitaria e iluminación representa alrededor del 3% del presupuesto familiar, de acuerdo con datos procedentes del Instituto Nacional de Estadística (INE).



Recuerda

El sector de la edificación requiere más de la tercera parte del consumo global de energía final en España para su producción y funcionamiento.

Aunque existen variaciones en el consumo en función de parámetros tales como localización, tipo de sistema constructivo utilizado o tipo de uso de la edificación, el coste energético de su producción es siempre sensiblemente mayor al de su funcionamiento.

No obstante, el mantenimiento y rehabilitación del parque edificatorio existente puede tener una gran importancia en la reducción del consumo global anual español al eliminarse los costes de producción.



LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

El consumo creciente e indiscriminado de energía, asociado al actual modelo productivo y a los modelos de asentamiento urbano basados en el tráfico rodado generan una serie de problemas que se manifiestan tanto en el lugar en el que se produce el consumo (escala local) como en todo el planeta (escala global).

Los problemas más significativos en la escala global son los siguientes:

- a) Agotamiento de los combustibles fósiles, que son recursos energéticos no renovables.
- b) Deterioro del territorio (suelo y entorno natural), causado por las actividades extractivas.
- c) Pérdida del suelo y del entorno natural, debida a la construcción de centrales generadoras de energía alejadas del entorno urbano.
- d) Producción de lluvias ácidas, consecuencia de la emisión de compuestos de nitrógeno y azufre a la atmósfera.
- e) Procesos contaminantes del suelo, la atmósfera y el agua por diferentes sustancias.

Si nos centramos en los procesos contaminantes derivados del consumo energético, las emisiones de **gases de efecto invernadero (GEI)** a la atmósfera resultan un grave problema que puede convertir el planeta en un lugar no apto para la vida debido al aumento de la temperatura.

Se denomina **efecto invernadero** al fenómeno por el cual estos gases, como el CO_2 y el metano, una vez que forman parte de la atmósfera que envuelve al planeta, retienen parte de la energía emitida por las masas terrestres, al ser éstas calentadas por la radiación solar.

Este fenómeno, que limita que la energía térmica generada por el sol vuelva al espacio, conlleva un aumento de las temperaturas semejante al que se produce en un invernadero acristalado. De ahí su nombre y la denominación de los gases que lo producen como gases de efecto invernadero.

Este incremento de temperaturas se identifica como un problema ambiental muy grave y se le denomina **Calentamiento Global**.

Se estima que un calentamiento global promedio en la superficie terrestre superior a los $2\text{ }^\circ\text{C}$ puede generar problemas irreversibles en los ecosistemas y, por supuesto, en las sociedades humanas: economía, modelos productivos, alteraciones en la agricultura, fenómenos climáticos extremos...