

**La gestión de la demanda de energía  
en los sectores de la edificación  
y del transporte**

**José Ignacio Pérez Arriaga *et al.***

Documento de trabajo 114/2007



## **Xavier García Casals**

Dr. Ingeniero aeronáutico por la UPM. Profesor en la ETSII e Investigador del IIT de la UPCo hasta 2006. Especializado en el campo de las energías renovables y la simulación energética de edificios, actualmente desarrolla proyectos de ingeniería e investigación en AIGUASOL relacionados con las energías renovables, la ingeniería bioclimática y la eficiencia energética.

## **María Mendiluce Villanueva**

Licenciada en Dirección y Administración de Empresas por la Universidad de Navarra y MBA por el Henley Management College del Reino Unido. Asesora de Desarrollo Sostenible en la Oficina Económica del Presidente del Gobierno; trabajó en Iberdrola y en la AIE. Desde 2004 realiza su tesis doctoral sobre la Intensidad Energética en España en la Universidad Comillas.

## **Pedro Miras Salamanca**

Ingeniero industrial, MBA y MGIE. Vocal de la Junta Directiva de CORES y Director de Petróleo de la CNE. Profesor del Máster de Economía y Regulación de los Servicios Públicos de la Universidad de Barcelona y del Instituto de Formación Empresarial de la Cámara de Comercio.

## **José Ignacio Pérez Arriaga**

Ingeniero industrial del ICAI, Master of Science y PhD en Ingeniería Eléctrica por el MIT (EE UU), director de la Cátedra BP de Desarrollo Sostenible en la Universidad Pontificia Comillas, director of Training en la Florence School of Regulation (European University Institute, Florencia), miembro de número de la Real Academia de Ingeniería. Ha dirigido más de 50 proyectos de investigación, realizado actividades de consultoría y dictado cursos en más de 30 países.

## **Luis Jesús Sánchez de Tembleque**

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Subdirector de Regímenes Especiales de la Dirección de Energía Eléctrica de la Comisión Nacional de Energía. Ha participado como profesor en cursos de Máster en Gestión técnica y económica en el sector eléctrico (Universidad Comillas), Economía y regulación de los servicios públicos de red (Universidad de Barcelona, y Energías renovables de la Escuela de Organización Industrial (EOI).

Ninguna parte ni la totalidad de este documento puede ser reproducida, grabada o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de la Fundación Alternativas

© Fundación Alternativas

© José Ignacio Pérez Arriaga, Xavier García Casals,  
María Mendiluce Villanueva, Pedro Miras Salamanca  
y Luis Jesús Sánchez de Tembleque

ISBN: 978-84-96653-65-8

Depósito Legal: M-26602-2007

## Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Resumen ejecutivo</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>1. El contexto energético español</b> .....   | <b>7</b>  |
| 1.1 La actual encrucijada energética y el rol que tienen que desempeñar el ahorro y la mejora de la eficiencia ..... | 7         |
| 1.2 Conclusiones de un análisis detallado de la intensidad energética en España .....                                | 11        |
| <b>2. El ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación</b> .....                                  | <b>15</b> |
| 2.1 Descripción del sector .....   | 15        |
| 2.2 Indicadores y criterios de eficiencia energética .....   | 27        |
| 2.3 Marco regulatorio actual del sector .....  | 30        |
| 2.4 Descripción y valoración de las actuaciones previstas .....  | 41        |
| <b>3. El ahorro y la eficiencia energética en el sector del transporte</b> .....                                     | <b>46</b> |
| 3.1 Descripción del sector .....   | 46        |
| 3.2 Indicadores y criterios de eficiencia energética .....   | 51        |
| 3.3 Marco regulatorio actual del sector .....  | 54        |
| 3.4 Descripción y valoración de las actuaciones previstas .....  | 59        |
| <b>4. Conclusiones y recomendaciones</b> .....   | <b>73</b> |
| 4.1 Recomendaciones para el sector de la edificación .....   | 73        |
| 4.2 Recomendaciones para el sector del transporte .....  | 76        |
| <b>Índice de Tablas y Gráficos</b> .....   | <b>79</b> |
| <b>Bibliografía</b> .....  | <b>80</b> |

### Siglas

|        |   |
|--------|---|
| ACS    | Agua caliente sanitaria                                     |
| AIE    | Agencia Internacional de la Energía                         |
| CNE    | Comisión Nacional de Energía                                |
| CORES  | Corporación de Reservas Estratégicas                        |
| CTE    | Código Técnico de Edificación                               |
| EEA    | Agencia Europea de la Energía                               |
| EPI    | Environmental Policy Integration                            |
| EPRI   | Electric Power Research Institute                           |
| FAME   | Fundación Alfonso Martín Escudero                           |
| GDE    | Gestión de la demanda de electricidad                       |
| GEI    | Gases de efecto invernadero                                 |
| GWh    | Gigavatios hora   |
| I+D    | Investigación y desarrollo                                  |
| IDAE   | Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía    |
| IDH    | Índice de desarrollo humano                                 |
| IEA    | International Energy Agency                                 |
| INE    | Instituto Nacional de Estadística                           |
| IPC    | Índice de precios al consumo                                |
| kWh    | Kilovatios hora   |
| MEH    | Ministerio de Economía y Hacienda                           |
| MIN    | Ministerio de Industria, Turismo y Comercio                 |
| Mineco | Ministerio de Economía                                      |
| Miner  | Ministerio de Industria y Energía                           |
| MIT    | Massachussets Institute of Technology                       |
| MMA    | Ministerio de Medio Ambiente                                |
| Mtep   | Millones de toneladas equivalentes de petróleo              |
| MW     | Megavatios  |
| OCDE   | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos |
| PAEE   | Plan de Ahorro y Eficiencia Energética                      |
| PEN    | Plan Energético Nacional                                    |
| PIB    | Producto interior bruto                                     |
| PNUD   | Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo              |
| Pyme   | Pequeña y mediana empresas                                  |
| RD     | Real Decreto  |
| REE    | Red Eléctrica de España                                     |
| SCV    | Severidad climática de verano                               |
| tep    | Toneladas equivalentes de petróleo                          |
| TWh    | Teravatios hora   |
| UE     | Unión Europea   |

## La gestión de la demanda de energía en los sectores de la edificación y del transporte<sup>1</sup>

**José Ignacio Pérez Arriaga**

Coordinación. Cátedra BP de Desarrollo Sostenible,  
Universidad Pontificia Comillas de Madrid

**María Mendiluce Villanueva**

Contexto energético español. Cátedra BP de Desarrollo Sostenible,  
Universidad Pontificia Comillas de Madrid

**Luis Jesús Sánchez de Tembleque**

Contexto energético español. Comisión Nacional de Energía

**Xavier García Casals**

Sector de la edificación. Aiguasol Ingeniería

**Pedro Miras Salamanca**

Sector del transporte. Comisión Nacional de Energía

Es ampliamente reconocido que el actual modelo energético mundial –y en particular el de los países más desarrollados, como España– es insostenible en términos económicos, sociales y medioambientales. El caso español se caracteriza por una elevada dependencia energética, alto crecimiento del consumo, importante penetración de algunas energías renovables, escasos logros en eficiencia y dificultad para cumplir con los compromisos internacionales de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los sectores de actividad con mayor crecimiento del consumo energético y, por otro lado, los más difíciles de controlar por su carácter difuso, son la edificación y el transporte, ambos muy cercanos al quehacer cotidiano de las personas. El presente informe proporciona las claves para entender estos dos sectores desde el punto de vista del consumo de energía, para identificar las mayores oportunidades de ahorro y mejora de la eficiencia y para evaluar las acciones actualmente propuestas a este efecto, y sugerir, en su caso, modificaciones o adiciones a las mismas.

---

<sup>1</sup> Las opiniones expresadas en este documento corresponden exclusivamente a los autores y no reflejan necesariamente las de las empresas o instituciones en las que trabajan.

Las propuestas de actuación se han centrado en las que pueden aplicarse preferentemente en el corto y medio plazo. A la vista de la complejidad de estos sectores y su carácter disperso, las medidas son también múltiples y corresponden a muy diversos ámbitos de intervención.

- En el sector de la edificación las actuaciones inmediatas debieran orientarse al perfeccionamiento del marco regulatorio, tanto en la elección de una definición más adecuada del indicador de desempeño energético de los edificios como en el aumento de la exigencia regulatoria, ya sea en los límites permitidos de demanda como en la contribución de las energías renovables. Se debiera evolucionar hacia fijar objetivos de ahorro y de eficiencia energética en el ciclo completo de vida del edificio, y a un proceso periódico de certificación energética para todos los edificios. Debe promoverse la capacitación profesional en los aspectos energéticos de la edificación y potenciar los aspectos de control de los proyectos. También debe estimularse la actividad de las empresas de servicios energéticos e incentivarse sus logros en la reducción del consumo.
- Las medidas en el sector del transporte se han agrupado en tres categorías. Las medidas tecnológicas tratan de fomentar la eficiencia a través de modificaciones técnicas en los propios medios de transporte. Hay también que mejorar la evaluación y el seguimiento de los indicadores de eficiencia en el sector. El desarrollo y aplicación de las medidas corresponde a las empresas transportistas, convenientemente incentivadas por la administración. Además, hay que introducir mejoras tecnológicas en la forma de uso, como la optimización de los aspectos logísticos. Las medidas regulatorias deben fomentar modos de transporte más eficientes. Para ello hay que actuar sobre los patrones de movilidad, promoviendo el transporte público, la conectividad entre distintos modos, la alta ocupación de los vehículos y modos de transporte de menor consumo energético. La normativa fiscal es una de las opciones más eficaces para modificar los hábitos de utilización y la promoción de los distintos modos de transporte. Las medidas de comportamiento se dirigen a modificar patrones de conducta energéticamente ineficientes, e incluyen campañas informativas para mostrar la importancia de los hábitos de conducción y mantenimiento de los vehículos, su utilización conjunta, la flexibilidad de los horarios laborales y, en definitiva, la concienciación del ciudadano para una utilización responsable de los medios de transporte en busca de un modelo más sostenible.
- A más largo plazo debe también buscarse la sinergia con otros sectores. Debe aprovecharse la energía térmica residual del proceso de generación de centrales termoeléctricas, de tamaño y ubicación adecuados, mediante redes de distrito para climatización y agua caliente sanitaria. También debe comenzarse a preparar un modelo energético a más largo plazo con una mucha mayor penetración de energías renovables que la actual, donde la demanda energética del sector de edificación –y también la de transporte pueda complementarse con las características naturales de intermitencia de la mayor parte de la producción eléctrica renovable.

## 1. El contexto energético español

### 1.1 La actual encrucijada energética y el rol que tienen que desempeñar el ahorro y la mejora de la eficiencia

Múltiples estudios, utilizando distintos enfoques y desde diferentes perspectivas, realizados por instituciones de indiscutible solvencia y con la participación de expertos de diversas posiciones políticas, coinciden en afirmar que el actual modelo energético mundial, y especialmente el de los países más desarrollados como España, es insostenible en términos económicos, sociales y medioambientales (De Miguel *et al.*, 2005). Parece existir un consenso amplio sobre los retos a la sostenibilidad del actual modelo energético y sobre las líneas maestras para hacer frente a estos retos. Los desafíos mayores que conlleva el modelo energético mundial actual son los siguientes:

- Un crecimiento sostenido de la demanda de energía, todavía acoplado en exceso al crecimiento económico, y con escasos niveles de utilización del potencial existente en ahorro y eficiencia energética.
- La utilización generalizada de combustibles fósiles supone, con mucho, la principal fuente de emisión antropogénica de gases de efecto invernadero, cuyo fuerte y sostenido aumento es factor determinante de un cambio climático, con graves efectos potenciales adversos, tanto sociales, como medioambientales y económicos<sup>2</sup>.
- La creciente dependencia de las importaciones de recursos energéticos, cuyo origen está muy concentrado en un número escaso de países, amenaza la seguridad de suministro energético de los países de la Unión Europea.
- Cerca de 2.000 millones de personas, la mayor parte en zonas rurales de los países menos desarrollados, no tienen acceso a servicios energéticos modernos, lo que constituye un impedimento fundamental para su progreso. Por otro lado, su incorporación a un modelo

---

2 El 78% de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero contemplados por el Protocolo de Kioto tiene origen energético en España, de acuerdo con los datos del último inventario de emisiones publicado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2006).

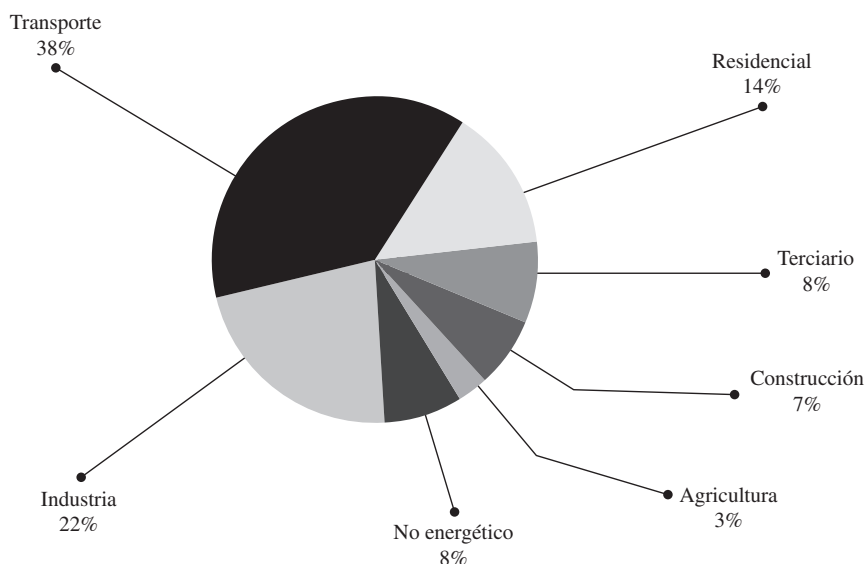
de consumo que se asemeje al de los países desarrollados agravará considerablemente los problemas que se acaban de exponer.

El caso español es paradigmático en lo que respecta a la encrucijada energética a la que también se enfrentan actualmente otros muchos países desarrollados. España es un país con una dependencia energética muy alta<sup>3</sup>, a pesar de lo cual han tenido lugar unos muy escasos logros en eficiencia; el crecimiento del consumo de electricidad es claramente superior a la media europea, y también el de energía primaria<sup>4</sup>, aunque partiendo de valores inferiores a los medios en Europa, mientras que la intensidad energética sigue una tendencia creciente, contraria a la observada en la UE-15; España está muy lejos de cumplir los compromisos de Kioto sobre reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>5</sup>; el potencial para nuevas instalaciones hidroeléctricas grandes está prácticamente agotado; la utilización de carbón nacional se reduce gradualmente, a causa de un conjunto de factores económicos, sociales y medioambientales; la energía nuclear cuenta con una considerable oposición pública; existen unos abundantes recursos renovables en biomasa, solar y eólica que se están desarrollando de forma desigual con el apoyo de un sistema de primas, pero que precisan otras fuentes de generación de electricidad complementarias, dada la intermitencia de las dos últimas; el esfuerzo en I+D de largo plazo en el sector energético es escaso y decreciente, en este caso en sintonía con la tendencia reciente de la Unión Europea. La insuficiencia de los recursos que actualmente se dedican a la búsqueda de soluciones y la ausencia de un debate social sobre este asunto son signos de que la gravedad del problema no es aún percibida (DGE 2005).

- 
- 3 La dependencia energética en España ha crecido desde el 66% en 1990 hasta el 79% en 2005, según los datos proporcionados por el secretario general de Energía, mientras que el valor medio en la Unión Europea (UE-15) era alrededor del 50%. Los combustibles fósiles cubren el 80% del consumo español de energía primaria. Las perspectivas actuales indican un incremento del nivel de dependencia para el futuro.
  - 4 La energía primaria es la cantidad total de recursos energéticos que son consumidos en el país, para cualquier uso, ya sea directamente (carbón en un proceso siderúrgico o para calefacción en los hogares) o para su transformación en otra forma de energía (carbón en una planta de generación eléctrica). La energía final es la consumida en los procesos que utilizan energía para obtener un servicio o un bien específico de uso final. La energía primaria y la final pueden definirse de forma que incluyan o no la energía consumida en usos no energéticos, como la utilización del petróleo para fabricar plásticos o la utilización del asfalto para construir carreteras. La energía se ha contabilizado históricamente en términos de las toneladas equivalentes de petróleo (tep), aunque ahora se tiende a contabilizar en términos de TWh (teravatio hora) o de GWh (gigavatio hora). El factor de conversión es 1 GWh = 86 tep; o 1 tep = 0,01163 GWh.
  - 5 España en 2005, según manifestaciones de 20 de noviembre de 2006 del secretario general de Energía, ha superado en más de un 53% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del año de referencia (1990) establecido en el Protocolo de Kioto, esto es, en más de 38 puntos porcentuales de exceso sobre el compromiso adquirido. La generación de electricidad es el origen del 24% de las emisiones de GEI en España.



**Gráfico 1. Desglose del consumo final energético en España en 2004**



Fuente: Energy Balances. IEA (2006)

La economía española ha crecido en los últimos años por encima del valor promedio en la UE. El sector de la edificación en España supone el 22% del consumo de energía primaria, considerando simultáneamente en él a los subsectores residencial y de servicios, con sus consumos energéticos para calefacción, climatización, producción de agua caliente sanitaria, iluminación, equipamiento residencial y en la ofimática, que alcanzaría el 28,6% si se incluyera en él al sector de la construcción.

Por su parte, el sector del transporte supone el 38% del consumo de energía. Entre los subsectores que componen el sector transporte (aéreo, marítimo, ferrocarril y carretera) destaca especialmente el transporte por carretera, que absorbe aproximadamente el 80% del consumo de energía del sector en el ámbito de la Unión Europea (Gráfico 1).

La energía es clave para el bienestar social y económico, y es un factor productivo de la mayor importancia, junto con la mano de obra y el capital, por lo que su disponibilidad y su precio resultan fundamentales al explicar determinados comportamientos de ciertas variables macroeconómicas, como la tasa de inflación o el PIB.

Tal como propugna el Libro Verde (2005) de la Comisión Europea sobre eficiencia energética es preciso desconectar en lo posible la actual asociación casi automática entre la demanda energética y el crecimiento económico, mediante nuevas tecnologías y programas

de ahorro y mejora de la eficiencia energética, con la aprobación y la cooperación consciente de la sociedad.

La reducción del consumo energético y sus impactos asociados se puede lograr con una reducción de la actividad que conlleva el consumo de energía o con una mejora de la eficiencia energética. Se deben considerar, por consiguiente, tanto las acciones encaminadas a reducir el consumo específico del uso de la energía (por ejemplo, mediante la utilización de lámparas de bajo consumo o el desplazamiento en la utilización del vehículo privado a las horas en las que existan menores congestiones) para obtener un bien o servicio dado, como las estrategias encaminadas a reducir la demanda de bienes y servicios energéticos (por ejemplo, la iluminación “inteligente” de un edificio o la utilización del transporte colectivo en vez del vehículo privado). Las acciones que desde el ahorro y la mejora de la eficiencia energética, por el lado de la demanda, pueden aplicarse para responder a los retos que plantea la falta de sostenibilidad del modelo energético actual son bien conocidas en términos generales, y están estrechamente asociadas a la naturaleza de cada sector o actividad concreta. Estas acciones incluyen las normas o estándares de eficiencia (como los que determinan el consumo energético máximo de los motores o equipos y los condicionantes de eficiencia que impone el código técnico de la edificación), las auditorías energéticas, las campañas de información, divulgación y concienciación, los incentivos financieros y fiscales (para procurar el ahorro energético y los cambios modales de transporte), la planificación urbanística o de infraestructuras (para procurar alternativas al transporte por carretera, por ejemplo), los acuerdos voluntarios entre administración y empresas, o el apoyo a la I+D para desarrollar nuevas tecnologías energéticas.

La Comisión Europea abrió un debate en profundidad sobre la sostenibilidad del modelo energético con su Libro Verde de 2000 Hacia una estrategia europea de seguridad de abastecimiento energético<sup>6</sup>. Es en la faceta del consumo, el control de la demanda de energía, donde el Libro Verde juzga que existe un mayor potencial para establecer una estrategia eficaz de actuación. Para ello recomienda profundizar en los procesos de liberalización –para hacer llegar al consumidor la señal de precio–, el establecimiento de mecanismos que aseguren que estos precios reflejan los costes reales, y la promoción del ahorro energético. Y sugiere la intensificación de esfuerzos en dos sectores de creciente desarrollo e intensivos en energía, pero con un gran potencial de mejora: los sectores del transporte y de la edificación. Contrariamente a la percepción generalizada de que el ahorro y la eficiencia energética no pueden ser un elemento fundamental en la estrategia global para mejorar la sostenibilidad del modelo energético, las instituciones más solventes en el mundo de la energía consideran que el ahorro y la eficiencia energética constituyen nuestra baza principal. Así, el Informe Mundial de la Energía (PNUD 2000) señala que se malgasta el 30% de la energía. Los países

---

6 El Libro Verde (2000) es un desarrollo del Libro Blanco de la Energía. Una Política Energética para la Unión Europea, aprobado en diciembre de 1995.

industrializados podrían ahorrar entre el 25%-35% de la energía primaria que consumen. El Libro Verde (2000) y el Plan de Acción (2000) para la mejora de la eficiencia energética en la UE contemplan la posibilidad del ahorro del 18% de la energía que se consume en la UE. La Directiva de Eficiencia del uso final de la energía y servicios energéticos prevé un ahorro del 9% en 2015. La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2004) ve posible ahorrar el 20% de la energía primaria en la Unión Europea (UE-15), y aún más con la ampliación.

Asimismo, en el paquete de medidas sobre energía y cambio climático de la Comisión de la UE, presentado el pasado 10 de enero de 2007, y por el que se pretende reducir las emisiones de efecto invernadero al menos en un 20% desde 1990 a 2020, se amplían las medidas del Plan de Acción sobre Eficiencia Energética, aprobado el 19 de octubre de 2006, cuyo objetivo es alcanzar un ahorro de energía primaria en la UE del 20% en 2020. Esto supondría un ahorro de 390 millones de toneladas de petróleo equivalentes y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de 780 millones de toneladas. Se estima que el potencial de ahorro de energía en el sector del transporte asciende al 26%. Los edificios y el transporte son elementos clave en dicho plan. Se proponen ahora normas más rigurosas, el fomento de los servicios energéticos y mecanismos específicos de financiación para apoyar productos más eficientes. La Comisión de la UE establecerá asimismo un pacto entre alcaldes de entre 20 y 30 ciudades europeas pioneras en la materia y propondrá un acuerdo internacional sobre la eficiencia energética. La Comisión de la UE pide al Consejo Europeo que adopte sus propuestas en la cumbre de primavera de 2007.

En España el documento Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)<sup>7</sup> plantea un objetivo de ahorro global de energía primaria de casi 10.000 ktep al año, lo que supone una reducción del consumo del 9% en 2012, respecto al escenario base o de referencia. Los ahorros anuales previstos se cuantifican en el sector del transporte en 4.800 ktep y en el de la edificación en 1.700 ktep. Otros objetivos indirectos de la E4 son el incremento de la competitividad y mejora del empleo, la mejora del autoabastecimiento energético (hasta llegar al 27%) y la reducción de las emisiones, que se cuantifican a partir de 2012 en 42 Mt CO<sub>2</sub> anuales.

## 1.2 Conclusiones de un análisis detallado de la intensidad energética en España

Para medir y comparar la eficiencia energética de las economías se suele recurrir a un indicador conocido como intensidad energética (consumo energético por unidad de PIB).

---

7 Orden ECO/3888/2003, de 18 de diciembre, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros de 28 de noviembre de 2003, por el que se aprueba el Documento de Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012.

No obstante, este indicador suele incluir los efectos de cambios estructurales y de comportamiento, que no son verdaderas mejoras de eficiencia.

El consumo de energía y el crecimiento económico han estado correlacionados a lo largo de la historia económica reciente y durante los últimos cincuenta años ha existido un fuerte debate sobre si se produce o se producirá un desacoplamiento del crecimiento económico y el consumo energético, una vez que se alcanza un determinado nivel de desarrollo y que han tenido lugar unos ajustes estructurales en las economías. Este desacoplamiento puede ser absoluto, con una reducción del consumo energético frente al crecimiento económico, o relativo, cuando la energía crece a un ritmo inferior que el PIB, que es lo que sucede en la mayor parte de los casos.

Desde 1990 hasta 2004 la intensidad energética ha crecido en España un 10%, mientras que se ha reducido en un 11% en Europa. Este nivel de eficiencia implica que en 2004 se han necesitado 250 tep para producir un millón de euros de valor añadido a precios constantes de 1995, mientras que en Europa se necesitaban 200 tep. Los datos provisionales para 2006 muestran que la intensidad energética se ha reducido un 4,5% en el año, lo que parece indicar un cambio de tendencia.

El estudio de la intensidad energética por sector y de cómo cada sector contribuye a la intensidad energética total es útil para identificar cuáles son los sectores clave en la evolución del indicador y, por ende, en la evolución del consumo energético en España. Este análisis puede realizarse estudiando la evolución de la intensidad energética de cada sector y de la contribución de cada sector al PIB nacional (Mendiluce, 2006). De este estudio se desprende que entre 1990 y 2004 casi todas las actividades productivas empeoran su eficiencia energética, contribuyen al crecimiento de las emisiones y se sitúan en niveles superiores a los europeos. Por otro lado, actividades industriales que presentan una evolución favorable, como metales básicos o química, tienen una intensidad energética muy superior a la cifra europea. El sector residencial es menos intensivo en energía por las mejores condiciones climatológicas, aunque la penetración de equipos de aire acondicionado podría hacer que la intensidad energética fuera más alta en el futuro, tal y como sucede en el sector terciario, aunque éste está también afectado por una mayor presencia en actividades asociadas al turismo, con una mayor intensidad energética. Los resultados de la desagregación de la intensidad energética (Mendiluce, 2006) indican que los sectores que más han influido en la evolución de la intensidad energética entre 1990 y 2004 son el transporte, los servicios y el residencial. Respecto al transporte, la suma del efecto del sector de la agricultura (que consume gasóleo para sus desplazamientos), el del transporte de mercancías y pasajeros y el del transporte privado supone la mitad del empeoramiento de la intensidad energética total.

La edificación es un sector con una enorme influencia en el consumo energético total, pero de difícil cuantificación, puesto que el crecimiento del sector de la construcción induce al consumo de toda la economía. Este sector determina la demanda de materiales

para la construcción y las necesidades energéticas directas en los edificios o viviendas, que pueden reducirse con la aplicación de tecnologías más eficientes o cubrirse parcialmente utilizando fuentes renovables de energía.

En el sector de la edificación es importante considerar en qué medida las inversiones energéticas en infraestructuras y viviendas son coyunturales, pues esto significaría que esta “energía enterrada”<sup>8</sup> ya se consumió en otros países con anterioridad en el tiempo, por lo que no se debiera afirmar que el país sea ineficiente, sino que se encuentra en una fase distinta de desarrollo económico.

Sin embargo, en España el sector de la construcción se ve afectado por aspectos estructurales derivados de la localización geográfica y de las condiciones climáticas, lo que se refleja en altas tasas de crecimiento de la construcción de segunda vivienda, lo que constituye otro tipo de deslocalización, esta vez del “ocio de los europeos”, que acuden a nuestro país y consumen recursos en períodos muy puntuales, lo que obliga al sobredimensionamiento de las infraestructuras. Por otro lado, el turismo genera también una corriente de ingresos en la economía española que podría tener un efecto positivo sobre la eficiencia global, pero el modelo turístico predominante de “sol y playa”, de baja rentabilidad unitaria, no consigue mejorar la intensidad energética del turismo.

Los altos crecimientos del consumo energético de la edificación y el transporte responden a un modelo de urbanización y a una forma de trabajar y de vivir que hacen necesarios el uso del transporte privado para acceder a los centros de trabajo y la construcción de infraestructuras. Por ello, la mejora de la eficiencia a nivel global pasa por una revisión del modelo de urbanización actual y una movilidad sostenible.

En el sector del transporte la mejora de eficiencia se ha visto superada por la fuerte demanda de movilidad de la sociedad y la globalización de los mercados. En el incremento del transporte de mercancías influye la entrada en la UE, que coincide con un aumento generalizado del comercio internacional y el proceso de convergencia hacia niveles europeos. Otro motivo es la localización geográfica en el eje norte-sur del transporte de mercancías y la distancia para acceder a los mercados europeos. Además, existen otros factores diferenciales, como los bajos precios de combustibles y la repercusión del turismo en el consumo energético a través del transporte.

Por otro lado, los factores explicativos de la evolución del transporte privado son el incremento de la propiedad de vehículos derivado del aumento de la renta *per capita*, el aumento de la movilidad –como un elemento más de la convergencia hacia niveles europeos, la baja tasa de ocupación de los vehículos y el “efecto rebote” que se produce por

---

8 Se entiende por energía enterrada o *embodied energy* a la energía empleada para la fabricación del material y su puesta en obra.

la mejora del rendimiento de los vehículos –en especial los que utilizan diésel, que, además, disfrutaban de unos precios reducidos–, lo que induce un aumento del volumen de conducción y, por tanto, el consumo<sup>9</sup>.

Todo ello tiene como consecuencia que el transporte es ya en 2004 el sector con un mayor consumo final en España. El 80% del transporte se produce por carretera y casi la totalidad de su consumo son derivados del petróleo. Teniendo en cuenta estas cifras, se puede entender la necesidad de promover un uso del transporte eficiente y racional y la búsqueda de combustibles alternativos, como son los biocarburantes, para reducir la dependencia externa.

Conseguir desacoplar el crecimiento del transporte respecto al crecimiento económico es uno de los principales retos a los que se enfrentan las economías desarrolladas. El transporte de mercancías seguirá creciendo con la globalización de los mercados y la movilidad de las personas continuará en aumento, según predicen numerosos estudios.

---

9 A lo largo de este documento se ha supuesto que reducir la demanda es posible, a pesar del denominado “efecto rebote”, esto es, que las mejoras en la eficiencia energética y el ahorro correspondiente den lugar a un incremento de la disponibilidad económica de los consumidores, lo que, a su vez, conduzca a un mayor consumo de energía.

## 2. El ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación

### 2.1 Descripción del sector

El sector de la edificación es un sector de estructura compleja y en el que es problemático incorporar medidas de ahorro y eficiencia energética. Sin embargo, estas medidas son imprescindibles para no comprometer la sostenibilidad del modelo español de desarrollo, a la vista de la elevada contribución de este sector a la demanda energética nacional.

La contribución oficialmente reconocida de la energía de operación del sector edificación a la demanda energética nacional se cifraba en un 16% en el año 2000 (Mineco, 2003a)<sup>10</sup>, ascendiendo a 169 TWh/a de energía final, de los cuales 104 TWh/a correspondían al sector doméstico y 65 TWh/a al sector terciario<sup>11</sup>. Estas importantes cantidades están, además, considerablemente por debajo de la demanda potencial del sector, todavía en búsqueda de unos niveles superiores de confort. De hecho, la citada contribución del 16% queda bastante por debajo de los valores medios europeos mencionados en las Directivas 91/76/CEE sobre eficiencia energética y 2002/91/CE sobre eficiencia energética en la edificación, en las que se cifra en un 40% la contribución relativa del sector edificación.

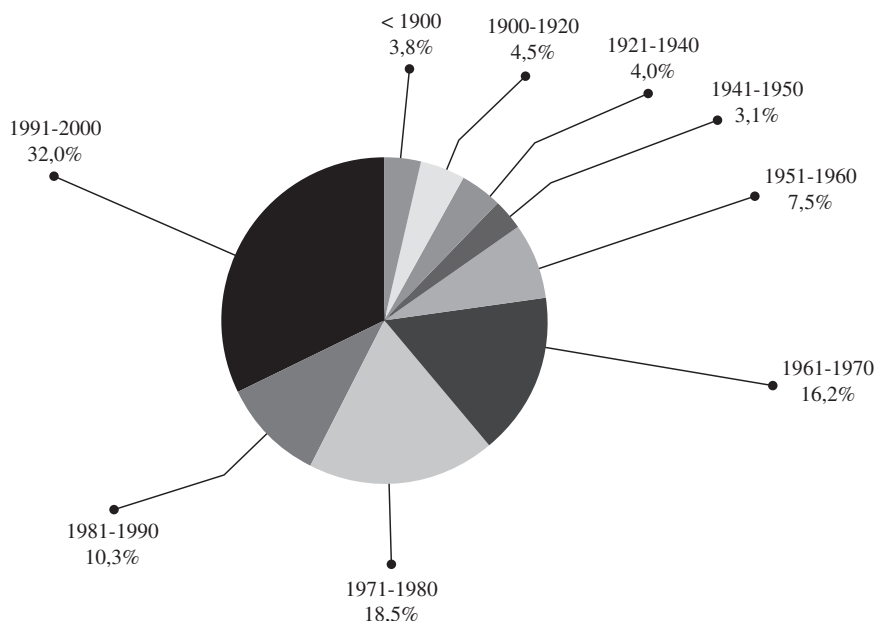
Uno de los aspectos diferenciales del sector de la edificación en relación con su impacto en la demanda de energía es la larga vida útil de los edificios, por encima de los 50 años, y que puede alcanzar incluso 100 años. Esto implica elevados tiempos característicos de respuesta del sector de la edificación ante requerimientos de cambio, como puede ser la necesidad de reducir su consumo de energía. En el Gráfico 2 se muestra la distribución del parque de viviendas español en el año 2000, que resulta ser relativamente joven. En la actualidad, con

---

10 La energía de operación en instalaciones fijas (de acuerdo con la nomenclatura de la E4 2003) incluye calefacción, climatización, ACS e iluminación, quedando excluidos los consumos de cocina, electrodomésticos y ofimática. Si se consideran todos los consumos de los hogares y el sector terciario, el porcentaje asciende al 22%, según los balances energéticos de la IEA (2006). Si, además, se incluyera el sector de la construcción, se alcanzaría la cifra del 29% del consumo de energía en España.

11 La unidad de energía que se emplea en este capítulo es el TWh (teravatio por hora). En términos de las toneladas equivalentes de petróleo (tep) manejadas en el resto de este informe, estas cantidades serían respectivamente de 14,5 Mtep, 8,9 Mtep y 5,6 Mtep.

**Gráfico 2. Distribución de edades del parque de viviendas**



Fuente: INE (2006) y Mineco (2003)

una edificación que en los últimos años ya supera los 100 km<sup>2</sup>/año y no para de crecer (sólo en el subsector residencial en el 2006 se visaron 815.000 viviendas en España), todavía sería significativamente superior la proporción de edificios jóvenes. Esta juventud del parque de viviendas actual, dadas las bajas exigencias de ahorro y eficiencia energética con que han sido y siguen siendo construidas, constituye una gran barrera para reorientar el sector de la edificación hacia la sostenibilidad<sup>12</sup>, que podemos considerar como una fuerte hipoteca sobre nuestro sistema energético. En efecto, las actuaciones posibles sobre la envolvente de los edificios ya existentes son considerablemente más limitadas que las que se pueden aplicar sobre edificios nuevos, estando en los sistemas energéticos de los edificios existentes (de menor vida útil que la envolvente del edificio) el mayor potencial de actuación.

Esta juventud del parque de edificios actual pone de manifiesto la imperiosa necesidad de incorporar medidas efectivas, no sólo sobre el parque de edificios nuevos, sino también y

12 El concepto de sostenibilidad es en última instancia un concepto global, abarcando una dimensión planetaria. Sin embargo, en este informe extendemos el uso de la palabra sostenibilidad para indicar un atributo que permite que una cierta actividad o subsector no comprometa las posibilidades de que el modelo global sea sostenible, reflejando de esta forma la idea de que la sostenibilidad global difícilmente se conseguirá sin una participación activa de cada una de las partes.



muy especialmente sobre el de edificios ya existentes. En cierta medida ya se ha llegado tarde para que las medidas encaminadas a aumentar la eficiencia y ahorro energéticos sobre los edificios nuevos permitan por sí mismas redirigir el sector hacia la sostenibilidad.

En cuanto a la estructura de la demanda energética en los edificios, existe en la actualidad una importante diferencia entre los edificios residenciales y los no residenciales, ocasionada fundamentalmente por la diferencia de los niveles de carga interna y de internalización de la demanda de confort en temporada de refrigeración en ambos casos. En el Gráfico 3 se muestra la distribución típica de consumos energéticos en los dos tipos de edificios, según la caracterización de Mineco (2003a). Como se puede ver, en los edificios residenciales la demanda energética dominante es la asociada a cubrir los requerimientos de confort en la temporada de calefacción, que en buena medida (si bien no totalmente) se puede considerar ya internalizada. A continuación vendría la demanda para producción de agua caliente sanitaria (ACS) y, por último la de electricidad para iluminación. La demanda eléctrica para otros equipamientos no está incluida en este gráfico para los edificios residenciales. Llama la atención la nula contribución de la demanda de refrigeración en el sector residencial. Esto sería un claro indicador de falta de internalización de la demanda de confort en temporada de refrigeración en España, por lo que precisamente se debería esperar un mayor crecimiento de la demanda energética por este motivo en los edificios residenciales en los próximos años. Pero, por otro lado, esta nula contribución de la demanda<sup>13</sup> de refrigeración también refleja la falta de actualización de los datos mostrados en Mineco (2003b), pues basta con darse una vuelta por cualquier urbe para apreciar la proliferación de equipos *split* de aire acondicionado que, a modo de sarampión, están salpicando las fachadas de prácticamente todos los edificios, dejando sentir de forma contundente su efecto en el nivel de potencia demandada al sistema eléctrico en los picos de demanda de verano. Respecto a los edificios no residenciales, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 3, si bien su demanda energética sigue dominada por la de calefacción, las contribuciones de la demanda de refrigeración y de otros usos eléctricos ya son en la actualidad<sup>14</sup> mucho más relevantes que en los edificios residenciales.

Otro aspecto de gran relevancia para el sector de la edificación en España es la necesidad de un nivel elevado de capacitación en los profesionales que tienen a su cargo el diseño y la construcción de los edificios y, en particular, de aquellos aspectos con una incidencia

---

13 En Mineco (2003b) la valoración de la demanda de refrigeración en el sector residencial no se incluye en el documento sectorial de edificación, sino en el de 'equipamiento residencial y ofimática'. Para el año 2000 la contribución total de la demanda de energía final del equipamiento (electrodomésticos, cocina y aire acondicionado) en el sector residencial asciende a 35,1 TWh, de los cuales 0,27 TWh/a corresponden al aire acondicionado. En los escenarios tendencial y de eficiencia que se presentan en Mineco (2003b) para el año 2012, la demanda de energía final del aire acondicionado en el sector residencial se cifra en 1,28 TWh/a y 1,14 TWh/a respectivamente.

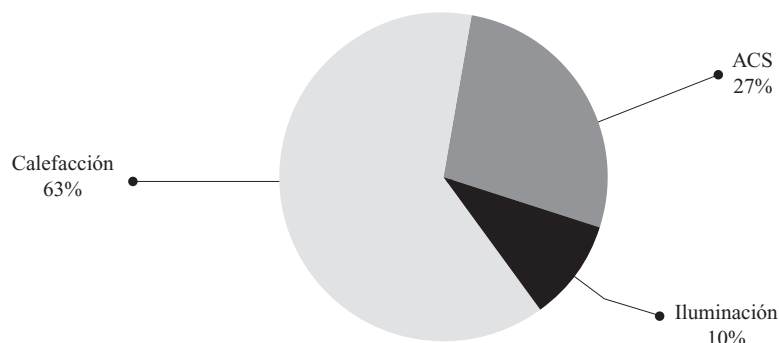
14 Si bien estos datos mostrados en Mineco (2003b) proceden del año 1995, siendo muy aconsejable disponer de una caracterización más actualizada y precisa de la demanda energética del sector edificación.

---

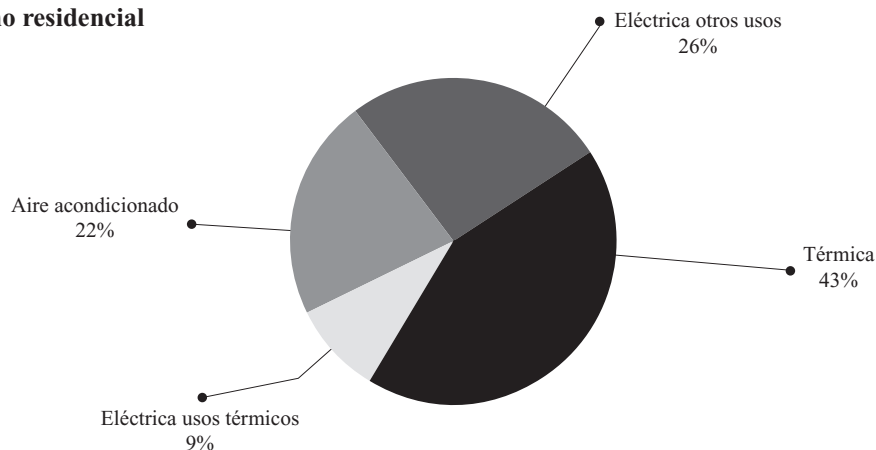
**Gráfico 3. Distribución de la demanda energética en el subsector residencial y en el no residencial**

---

**Sector residencial**



**Sector no residencial**



---

Fuente: Mineco (2003b)

---

directa sobre el consumo energético, pues los edificios son uno de los sistemas energéticos más complejos que construye y opera el hombre.

Este hecho requiere una estricta vigilancia y control por parte de la Administración para evitar abusos o, simplemente, situaciones de hecho que puedan suponer un lastre para el modelo energético español. Esta problemática se manifiesta de una forma especialmente clara en la construcción de viviendas unifamiliares. Actualmente, en España, a diferencia de otros países europeos (y de nuestro pasado reciente con una mayor vinculación al medio rural), hay muy poca tradición de que la población se involucre directamente en el proceso de construcción de su vivienda, siendo lo habitual comprar edificios ya terminados y ejecutados por un promotor supuestamente cualificado. Siendo como es la compra de una vi-

vienda uno de los mayores gastos de la gran mayoría de las unidades familiares de nuestro país, sería una consecuencia directa de un planteamiento de coherencia personal –ante la adquisición de conciencia de la necesidad de cambio de nuestra sociedad– el querer contribuir a la sostenibilidad con la construcción de la vivienda propia. Esta situación ha abierto un nicho para profesionales con autocalificación ‘bio’ (bioclimatismo, bioconstrucción...) que, en ausencia de los citados mecanismos adecuados de control y supervisión, podrían conducir a que se realicen diseños, se distribuyan materiales y se ejecuten obras sin el control de calidad necesario (incluso en los aspectos más “convencionales”), lo que conduciría frecuentemente a que se construyeran edificios considerablemente más caros y menos eficientes que los convencionales.

Otro aspecto distintivo del sector edificación en España, con gran impacto a la hora de pretender introducir medidas de eficiencia y ahorro efectivas, es el papel de los municipios. Cuando existe una descompensación entre las atribuciones concedidas y el nivel de capacitación disponible, los ayuntamientos se pueden convertir en un obstáculo insalvable para la introducción de medidas de eficiencia y ahorro energético en el sector de la edificación.

#### • Medidas disponibles de ahorro y eficiencia energética

En el sector de la edificación hay una gran disponibilidad de medidas de ahorro y eficiencia energética, con un elevado potencial de reducción del consumo, pues queda mucho por hacer. Sin embargo, todo ello está supeditado al ya mencionado rigor técnico y responsabilidad profesional a la hora de implantar estas medidas, pues su inadecuada aplicación, dada la complejidad del edificio como sistema energético, conduciría a un empeoramiento de su comportamiento, con un sobrecoste significativo y el consiguiente descrédito del potencial de actuación.

**Diseño del edificio.** En la actualidad se dispone de capacidad de cálculo suficiente para simular correctamente el efecto de las distintas variables de diseño sobre el comportamiento energético del edificio y sus sistemas. Sin embargo, un análisis correcto requiere un nivel de especialización considerablemente elevado, y en España no existe tradición de incorporarlo en el proceso de diseño. Desde las primeras etapas de este proceso se toman decisiones con importantes repercusiones sobre el consumo energético, y en la mayoría de las ocasiones estas decisiones se adoptan sin una cuantificación explícita de esta dimensión.

**Urbanismo bioclimático.** Incluso antes de llegar a la etapa de diseño del propio edificio, en el diseño urbanístico del espacio a desarrollar se pueden aplicar medidas con un fuerte impacto sobre el comportamiento de los futuros edificios, al fijar gran parte de las condiciones de contorno a las que estarán sometidos. El urbanismo bioclimático ya está despertando en nuestro país, con arquitectos urbanistas que desde las primeras etapas de diseño intentan formar un equipo multidisciplinar, con capacidad de abarcar los distintos aspectos que van a condicionar las prestaciones del desarrollo propuesto en términos de sosteni-

bilidad. Sin embargo, probablemente todavía falte dar un paso final para incorporar el análisis energético riguroso dentro de los requerimientos de desarrollo urbanístico, pasando de ser una curiosidad puntual a constituir uno de los elementos básicos del diseño.

**Ingeniería bioclimática.** Bajando al nivel del edificio desde los primeros estadios de desarrollo urbanístico, pasando por las fases de proyecto básico del edificio, y llegando hasta las últimas fases de proyecto de ejecución, la ingeniería bioclimática<sup>15</sup> proporciona soluciones con un elevado potencial de ahorro energético, valorando de forma cuantificada las distintas decisiones y opciones de diseño. La ingeniería bioclimática analiza y evalúa la interacción energética del edificio con su entorno y sus sistemas, buscando soluciones que permitan cubrir los requerimientos de confort en los espacios habitables del edificio, minimizando la demanda energética. Muchos son los elementos de los que puede echar mano la ingeniería bioclimática (zonificación térmica, distribución de huecos, características inerciales, aislamientos, fachadas ventiladas, gestión de los aportes solares, ventilación natural, etc.), pero por lo general todos tienen en común el requerir una valoración energética precisa para determinar su efecto real en el edificio propuesto. Son ya muchos los casos en los que elementos supuestamente bioclimáticos (invernaderos, muros Trombe, eliminación de aislamientos en fachadas sur, u otros) se aplican a edificios con el resultado final de incrementar el consumo energético y el alejamiento de las condiciones de confort requeridas, frecuentemente con un sobrecoste asociado. El bioclimatismo, por definición, depende del entorno y del edificio y sistemas considerados. No existen soluciones bioclimáticas universales, pudiendo ser contraproducente el uso de un determinado elemento en un caso concreto, mientras que en otros resulta favorable. El potencial de una buena ingeniería bioclimática es muy importante, pudiéndose llegar en algunos casos a conseguir edificios pasivos con una demanda nula de energía.

**Sistemas energéticos.** Los sistemas energéticos del edificio son responsables de cubrir aquella parte de la demanda energética que no haya sido capaz de cubrir el edificio mediante su interacción favorable con el entorno. Tradicionalmente, y a falta de la aplicación de la ingeniería bioclimática, los sistemas energéticos se diseñan de forma independiente de la respuesta térmica del edificio, para conseguir cubrir los requerimientos de confort exclusivamente mediante el uso de estos sistemas. Esta forma de proceder conduce a sistemas de climatización sobredimensionados que no se acoplan de forma favorable al edificio, con lo que alcanzan rendimientos estacionales considerablemente menores de los previstos, y, además, no consiguen cubrir correctamente los requerimientos de confort. Existe un gran potencial de mejora de las prestaciones energéticas de los sistemas energéticos de los edificios al explotar su integración con la propia respuesta térmica del edificio.

---

15 Explicítamente introducimos la nomenclatura de ingeniería bioclimática en contraposición y para diferenciarla del término acuñado de arquitectura bioclimática, que con el paso del tiempo se ha definido a sí misma como la aplicación de estrategias de diseño y elementos supuestamente favorables desde el punto de vista energético, pero sin suficiente cuantificación de su efecto ni garantía de resultados.

**Integración de energías renovables.** También existe un gran potencial (IIT, 2005) de integrar energías renovables en los edificios. Colectores solares térmicos para producción de ACS, calefacción y refrigeración, módulos fotovoltaicos para generación eléctrica, y sistemas de cogeneración/trigeneración basados en biomasa (y posiblemente hibridados con solar térmica) tienen el potencial no sólo de cubrir la demanda energética del edificio en su totalidad, sino de convertir el edificio en exportador neto de energía. Algunos de estos elementos, como los colectores solares (térmicos y fotovoltaicos), tienen, además, el potencial de integrarse en el propio edificio, sustituyendo a otros elementos constructivos, de tal forma que pasen a formar parte de la propia envolvente del edificio.

**Operación del edificio.** Las estrategias de operación del edificio también pueden tener un gran impacto sobre su consumo energético. La domótica, interactuando de forma cómplice con los usuarios del edificio (y no enfrentándose a ellos), permite adaptar el modo de operación del edificio a las condiciones ambientales exteriores y requerimientos de los usuarios, con un potencial significativo de reducción de la demanda energética.

**Materiales de construcción.** Los materiales de construcción también presentan importantes posibilidades de mejora. Actualmente hay en el mercado una infinidad de materiales para las distintas soluciones constructivas. Pero prácticamente nunca se cuenta con una valoración del efecto del uso de cada uno de los materiales a lo largo de su ciclo de vida. Cada material empleado en la ejecución de un edificio puede tener importantes repercusiones<sup>16</sup> en términos tanto energéticos (energía de operación y energía enterrada), como en términos de calidad del ambiente interior (emisiones tóxicas a lo largo de la vida del edificio) y de impacto sobre el entorno durante su fabricación, puesta en obra o al final de la vida útil del edificio. Resulta alarmante la falta de valoración, regulación y certificación en relación con estos aspectos. Una gran cantidad de los materiales actualmente más extendidos en la práctica constructiva tiene importantes efectos de cara a la calidad del ambiente interior (la salud de los usuarios) y exterior, así como un elevado nivel de energía enterrada que incrementa innecesariamente la demanda energética del edificio en su ciclo de vida. La bioconstrucción ha surgido en este contexto como la práctica constructiva que toma conciencia de estos aspectos y busca hacer un uso de los materiales, que favorezca tanto la calidad de los ambientes interior y exterior como la limitación de la energía enterrada.

En definitiva, de lo que se trata es de construir bien. Esto implica adquirir conciencia de todas las actuaciones llevadas a término y de valorar correctamente las implicaciones de las distintas decisiones adoptadas, para tener la seguridad de que apuntan en la dirección deseada.

---

16 A veces, como es el caso de las instalaciones eléctricas, estos efectos están asociados a la forma de poner en obra el material más que al propio material, por lo que la situación mejoraría sensiblemente con sólo tomar conciencia del efecto global de la actuación que se está llevando a término.

En este sentido sería de gran ayuda, para guiar la evolución del sector de la edificación, la introducción de controles de calidad de los materiales y de la ejecución con una perspectiva global con el fin de garantizar la eficiencia energética y la calidad ambiental de los edificios ejecutados. Hay que destacar que esto implica una importante evolución de las oficinas técnicas de control, que han venido operando con una visión limitada de la problemática energética, pudiendo en ocasiones constituir más un freno a la introducción de medidas con potencial de mejora que un instrumento incentivador. Esta situación puede invertirse con una mejora de la capacitación profesional y de los procesos de acreditación de los materiales o de los procesos constructivos.

Otro recurso disponible para cubrir parte de la demanda de energía térmica del sector de la edificación es el asociado a la optimización del uso de la energía en el sector eléctrico. Si se evolucionase hacia una generación más distribuida, en la que las centrales termoeléctricas se situasen más cerca de los centros de demanda térmica (edificios), mediante esquemas de cogeneración y trigeneración (poligeneración), se podría aprovechar la energía térmica residual del proceso de generación eléctrica para cubrir parte de la demanda térmica de los edificios. El aprovechamiento de esta energía residual requeriría que el sector de la edificación evolucionara hacia una estructura de sistemas colectivos frente a los individuales que actualmente predominan en el sector (sólo el 10% de los sistemas de calefacción y ACS se encuentran centralizados a nivel de edificio), imponiendo los esquemas de calefacción y refrigeración de distrito (*District Heating and Cooling*), lo cual a su vez facilitaría mucho la introducción de energía solar térmica para cubrir parte de las demandas de ACS, calefacción y refrigeración. En el corto y medio plazo estos esquemas de poligeneración estarían mayoritariamente basados en el uso de gas natural como energía primaria, pero en el medio y largo plazo deberían evolucionar hacia el uso de biomasa como energía primaria. En este sentido resulta relevante disponer de una valoración de la capacidad de generación térmica de los esquemas de poligeneración basados en biomasa. En IIT (2005) se analiza el potencial peninsular del recurso biomasa en España, de cara a su utilización en esquemas de poligeneración basados en turbinas de gas de elevado rendimiento. La propuesta de *mix* energético para cubrir la demanda eléctrica presentada en IIT (2005), haciendo uso de un 37% del potencial de biomasa, permitiría disponer de unos 40 TWh/a de energía térmica para cubrir parte de la demanda del sector edificación.

Además, cabe mencionar el importante potencial de la gestión de la demanda en el sector de los edificios, que permite tanto aumentar el rendimiento y reducir los costes de los sistemas de generación (del edificio o externos) como reducir significativamente la demanda. Con un correcto diseño del edificio, sus características inerciales permiten desplazar la demanda energética a lo largo del día, y se consigue suavizar las demandas puntas, aliviando los requerimientos de potencia pico de los sistemas de generación (propios o externos) y permitiendo alcanzar mayores rendimientos de conversión estacionales, y así se reduce los requerimientos de energía primaria. Pero es más, con un correcto diseño bioclimático esta gestión inercial de la demanda se puede acoplar favorablemente a las demandas térmicas transitorias del edificio para de forma pasiva reducir significativamente la demanda del edificio.

En el marco de un sistema de generación de electricidad con elevada penetración de energías renovables (IIT, 2005, e IIT, 2006), y contando con el desarrollo de una red inteligente para transportar la potencia eléctrica y la información (Ministerio de Medio Ambiente, 2006), la gestión de la demanda energética en el sector residencial, con su gran capacidad de desplazar la demanda y almacenar el exceso de capacidad de generación, puede todavía jugar un papel mucho más importante en la operación eficiente del sistema energético.

#### • Escenarios y potencial de actuación

Una consecuencia directa del tipo de indicador empleado hasta la fecha para regular las exigencias de eficiencia energética en el sector edificación es que se carece tanto de una cuantificación precisa de la demanda energética del sector (supuestos satisfechos los requerimientos de confort), así como de escenarios cuantificados de hacia dónde cabe esperar que evolucione esta demanda. Esta situación representa una importante barrera para la introducción de medidas de ahorro y eficiencia energética en el sector, ya que no permite un diagnóstico adecuado ni una valoración precisa del efecto de las medidas propuestas, y lleva frecuentemente a subestimar la importancia relativa del sector edificación en la balanza energética del país<sup>17</sup>.

Por este motivo, y con el fin de enmarcar correctamente el peso del sector edificación en España, García-Casals (2007) desarrolla un escenario de demanda energética en el sector edificación de cara al año 2050, con el fin de poder valorar tanto el peso absoluto que cabe esperar que adopte este sector como el potencial de ahorro que podría alcanzarse y las implicaciones sobre los requerimientos de desarrollo de las tecnologías renovables integradas en la edificación. El escenario desarrollado se limita a la España peninsular, y está basado en la proyección de la superficie edificada desarrollada en IIT (2005) para valorar el potencial de la tecnología fotovoltaica integrada en la edificación en el año 2050. Las proyecciones de superficie edificada desarrolladas en esta referencia se basan en la valoración de la situación actual obtenida del procesado de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y por el Ministerio de Fomento, y en suponer que la tasa de crecimiento anual de la superficie edificada alcanza un valor máximo en torno al año 2010, para posteriormente tender hacia cero en el año 2050, en el cual se alcanzaría un equilibrio entre la construcción de edificaciones nuevas y la demolición de edificios antiguos. Las *ratios* estimadas en superficie climatizada a superficie construida son del 80% para el sector residencial y del 85% para el sector servicios.

Debido a que el indicador adoptado para la regulación y certificación energética en España no está directamente relacionado con el valor absoluto de la demanda energética del

---

17 En Mineco (2003a) se presenta una primera valoración oficial de los objetivos de ahorro energético en el sector de la edificación que posteriormente se comentan, pero el limitado alcance de los escenarios y análisis desarrollados impiden adoptarlos como referencia para valorar el peso que cabe esperar que adopte este sector en España.

edificio, no es posible establecer dicha demanda a partir del cumplimiento de la normativa. Para la demanda energética de calefacción, siguiendo el desarrollo presentado por García-Casals (2004), se ha supuesto el cumplimiento de la normativa actual<sup>18</sup> (Código Técnico de Edificación, CTE) para una tipología de edificio que entre dentro de la opción prescriptiva<sup>19</sup>, modulando provincialmente la demanda de calefacción mediante los grados-día existentes. En cuanto a la demanda energética de refrigeración, partiendo de valores característicos en edificios residenciales y de servicios en Madrid, se ha procedido a modular provincialmente esta demanda con la severidad climática de verano<sup>20</sup> (SCV), concepto introducido en el CTE para clasificar las regiones climáticas en temporada de refrigeración<sup>21</sup>.

Por lo que respecta a los rendimientos de los equipos empleados para cubrir la demanda de climatización del edificio, se ha supuesto que para el año 2050 se ha evolucionado desde la situación actual hasta una situación en la que prácticamente todo el parque de viviendas incorpora las mejoras que cabe esperar<sup>22</sup> que se introduzcan en el CTE. Para la temporada de calefacción se supone un rendimiento medio estacional de la caldera, que pasará de un 80% actual a un 95% en el 2050. Para la temporada de refrigeración se supone que se emplea una bomba de calor en modo frío, con un COP (*Coefficient of Performance*) que pasa del COP = 1,8 actual<sup>23</sup> a un COP = 2,8 para el año 2050. Para transformar los requerimientos de energía a energía primaria en el caso de la bomba de calor, se supone que el rendimiento medio de generación y transporte del sistema eléctrico evoluciona desde valores del orden del 30% actual hasta valores del 45% para el 2050.

Además de los consumos para calefacción y refrigeración, se supone que en los edificios residenciales existe una demanda de ACS de 24 kWh/m<sup>2</sup>-a en términos de energía térmica final, y una demanda eléctrica para iluminación y equipamientos de 36 kWh/m<sup>2</sup>-a. Para los edificios del subsector servicios se supone una demanda eléctrica para iluminación y equipamiento de 78 kWh/m<sup>2</sup>-a, y una demanda eléctrica adicional para ventiladores y bombas de 33 kWh/m<sup>2</sup>-a.

---

18 De hecho, lo que se supone es el cumplimiento de la normativa antigua (NBE CT79), que para esta tipología de edificio es más restrictiva que el CTE.

19 La que permite justificar el cumplimiento con la normativa mediante el cumplimiento de unos coeficientes de transferencia máximos de cada una de las categorías de cerramientos.

20 La SCV se define como el cociente entre la demanda energética de refrigeración de un edificio dado en la localización considerada respecto a la que tendría dicho edificio en Madrid.

21 Debemos señalar que el CTE no proporciona información a nivel provincial de la SCV, limitándose a dar cuatro intervalos en los que enmarca todas las provincias españolas. Puesto que tampoco se dispone de información climática oficial de acceso al público con los años meteorológicos tipo representativos de cada provincia, tampoco es posible evaluar la SCV 'oficial' de cada provincia.

22 La parte del CTE que incorpora los requerimientos sobre los sistemas de climatización es la actualización del RITE, que todavía no ha sido aprobada.

23 Un COP = 1,8 es el valor asumido en Mineco (2003a) como representativo del estado actual, mientras que asume un COP = 3 para valorar las mejoras alcanzables por aplicación del CTE.



En estas condiciones, el escenario en 2050 de demanda de energía primaria para el sector de la edificación proporciona una demanda de energía primaria de todos los edificios del subsector residencial que asciende a 855 TWh/a, mientras que la de los edificios del subsector servicios alcanza los 420 TWh/a. Por tanto, el escenario de demanda energética de todo el sector edificación, supuesto el cumplimiento de la normativa actual y la satisfacción de toda la demanda de confort<sup>24</sup>, alcanzaría los 1.275 TWh/a de energía primaria en el año 2050. En el caso de seguir empleando equipos de conversión con los rendimientos actuales, las demandas de energía primaria del sector edificación para el año 2050 serían de 1.278 TWh/a para el subsector residencial y de 690 TWh/a para el subsector servicios, con un total de 1.968 TWh/a<sup>25</sup>.

Estos resultados evidencian el hecho de que la cuantificación actual de la demanda energética del sector edificación queda muy por debajo de los requerimientos energéticos para cubrir las necesidades de confort, de tal forma que con la normativa actual (CTE) cabe esperar un crecimiento de la demanda energética total en España por encima de los valores tendenciales, como consecuencia de la internalización de los requerimientos de confort en el parque de edificios<sup>26</sup>. Además, estos resultados nos muestran la gran importancia del sector edificación en la demanda potencial de energía en España, que exigen una actuación efectiva y urgente para conseguir reducir dicha demanda y cubrir un porcentaje muy significativo de ella con energías limpias. De lo contrario, la demanda energética del sector edificación diluirá en gran medida los esfuerzos realizados en otros sectores para encaminar el sistema energético español hacia la sostenibilidad y para cumplir con los compromisos medioambientales.

---

24 Debe resaltarse que la mayoría de valoraciones de la demanda energética actual del sector edificación en España admite implícitamente (a menudo de forma no consciente) que no se satisfacen las exigencias de confort, parcialmente en temporada de calefacción y mayoritariamente en temporada de refrigeración, para el sector residencial.

25 Para encuadrar correctamente estos resultados conviene compararlos con la demanda de energía total peninsular, que en el año 2003 alcanzó 1.482 TWh/a en términos de energía primaria y 975 TWh/a en términos de energía final (EC, 2003), así como con la proyectada tendencialmente hacia el futuro, que extrapolando la proyección a 2030 presentada en EC (2003) hasta el año 2050 (IIT, 2005) alcanza 2.252 TWh/a en términos de energía primaria y 1.525 TWh/a en términos de energía final. Por tanto, vemos cómo la demanda de energía primaria del sector de la edificación proyectada al 2050, asumiendo la cobertura de los requerimientos de confort, en el caso de suponer las mejoras de los equipos de climatización, representa el 56,6% de la demanda de energía primaria tendencial proyectada al 2050, porcentaje que asciende al 87,4% si siguiéramos empleando equipamiento con los rendimientos actuales. Debemos resaltar que estos elevados porcentajes no quieren decir que el sector de la edificación será el dominante en la demanda energética del año 2050, sino que las proyecciones tendenciales de la demanda de energía total no son coherentes con el crecimiento que cabe esperar del sector edificación y con la normativa (CTE) implementada para controlar su demanda energética.

26 O visto de otra forma, que requeriríamos una normativa considerablemente más exigente que la actual (CTE) para que la demanda del sector edificación se mantuviera dentro de los márgenes concedidos por las proyecciones tendenciales de la demanda de energía total.

El potencial de ahorro energético en el sector edificación es, por consiguiente, muy elevado, y su desarrollo “tan sólo” se ve limitado por la complejidad estructural del sector, la necesidad de mejorar la capacitación profesional y el desarrollo tecnológico, y la ausencia de legislación clara y concisa adecuadamente orientada a los objetivos perseguidos.

Si partimos del hecho de que es posible construir edificios con demanda energética nula e incluso con aportación energética neta a lo largo de su vida útil, aspecto que ya está actualmente recogido en certificaciones energéticas establecidas como la *Plus Energie Haus* (producción neta de 30 kWh/m<sup>2</sup>.a) de Alemania y la *Zero Energy House* de EE UU, el potencial de ahorro para el año 2050 en términos de energía de operación puede cuantificarse en al menos 1.275 TWh/a.

Si de forma más conservadora se supone que el nivel alcanzado para el consumo energético del sector edificación en el año 2050 es el correspondiente a la certificación alemana de *Passiv Haus* (demanda de energía primaria de 30 kWh/m<sup>2</sup>-a para climatización, ACS, iluminación y ventilación), valor que se corresponde con el límite de la clase-A de la propuesta de etiquetado energético<sup>27</sup> europeo presentada en PREDAC (2003), que la demanda eléctrica para equipamiento no cubierta localmente con generación fotovoltaica integrada en los edificios ascendiera a 5 kWh/m<sup>2</sup>-a para el subsector residencial y a 10 kWh/m<sup>2</sup>-a para el subsector terciario, y que el rendimiento medio de generación y transporte del sistema eléctrico peninsular<sup>28</sup> asciende al 45%, la demanda energética (energía primaria) del sector ascendería a 166 TWh/a para los edificios residenciales y a 54 TWh/a para los no residenciales, es decir, un total de 220 TWh/a de demanda de energía primaria del sector edificación. En estas condiciones, el potencial de ahorro en energía de operación del sector edificación quedaría cifrado en 1.055 TWh/a. A estos potenciales de ahorro en energía de operación habría que añadirles el potencial de ahorro en términos de *embodied energy*, al emplear materiales y procesos con un menor contenido energético para construir los edificios, que de forma preliminar y gracias a diversos análisis de ciclo de vida realizados, se puede cifrar en 98 TWh/a a nivel peninsular al suponer una vida útil de 50 años para el parque de edificios, y que en términos de inversión energética ascienden a 4.900 TWh/a.

#### • Barreras y recomendaciones para el desarrollo del potencial

Como se ha mostrado en el capítulo anterior, existe un enorme potencial de ahorro energético en el sector de la edificación. Sin embargo, las peculiaridades del sector dan lugar

---

27 Parece razonable suponer que, dado el gran peso energético del sector edificación, dentro de 50 años los esquemas de certificación energética implementados en la actualidad habrán conseguido alcanzar su objetivo de incentivar el mercado más allá de las regulaciones energéticas actuales para conseguir que el parque de edificios fuera prácticamente todo de la clase-A actual.

28 De hecho, para el año 2050 cabría esperar que una gran parte de la generación eléctrica provenga de fuentes de energía renovable (IIT, 2005), con lo cual podría reducirse todavía más la demanda de energía primaria no renovable del sector edificación.

a múltiples barreras que dificultan seriamente el desarrollo de este potencial en los plazos de tiempo disponibles para encaminar el modelo energético hacia la sostenibilidad. Las distintas barreras existentes para el desarrollo del potencial de ahorro en el sector edificación son:

- normativa de regulación energética con objetivos insuficientes y basada en indicadores no apropiados;
- limitaciones estructurales de los procesos de certificación propuestos, conduciendo a su desacreditación;
- gran peso del parque de edificios ya existentes;
- excesivas competencias municipales con limitaciones de capacidad para desarrollarlas;
- necesidad de mejora de la capacitación profesional en el sector de la construcción en los aspectos energéticos; conflicto entre los distintos colectivos profesionales para conseguir definir el perfil más adecuado de los profesionales capacitados para cubrir los aspectos energéticos;
- falta de tradición en aplicar enfoques multidisciplinares al diseño de los edificios;
- falta de control de calidad de los aspectos relacionados con la sostenibilidad;
- necesidad de un control estricto en la ejecución del edificio, para evitar discrepancias entre el proyecto y el edificio finalmente ejecutado;
- baja confianza de los usuarios en el desempeño de los sistemas de energía solar térmica, para lo que hay que insistir en una adecuada capacitación de los planificadores, instaladores y usuarios en la implementación de sistemas solares de gran tamaño, especialmente cuando van destinados a cubrir más allá de los requerimientos de ACS.

Existen diversas actuaciones que permitirían superar estas barreras y que se recogen en el capítulo 4.

## 2.2 Indicadores y criterios de eficiencia energética

Tal como se ha dicho, una de las barreras para el desarrollo de medidas de ahorro y eficiencia energética en la edificación es el uso de indicadores poco apropiados. Las causas deben buscarse en la complejidad del edificio como sistema energético, y en una gran reticencia al cambio de algunos colectivos profesionales implicados.

El principal indicador del comportamiento energético de un edificio es su consumo de energía primaria total por unidad de superficie útil (kWh/m<sup>2</sup>-a). Este indicador incluye tanto la construcción y mantenimiento del propio edificio, como los sistemas empleados para alcanzar las condiciones de confort requeridas en su interior. Debido al fuerte acoplamiento entre el comportamiento térmico del edificio y el desempeño de sus sistemas, no resulta apropiado<sup>29</sup> separar edificio y sistemas a la hora de buscar indicadores del comportamiento energético del edificio.

Evidentemente, el comportamiento real de un edificio en cuanto a su consumo energético dependerá mucho de cómo se utilice y, por tanto, al igual que pasa en otros campos (automoción, electrodomésticos, etc.) para definir un indicador apropiado, será preciso especificar un patrón de uso estándar.

En términos de este indicador, los criterios de eficiencia energética quedarían fácilmente recogidos mediante un valor regulatorio que estableciera el límite inferior de la eficiencia energética del parque de edificios, y un sistema de certificación que intentase impulsar el mercado más allá de las exigencias normativas, reduciendo los tiempos característicos de respuesta del sector ante previsible mayores niveles de exigencia. A modo de ejemplo, en Alemania el límite regulatorio se encuentra en 80 kWh/m<sup>2</sup>-a, mientras que existen certificaciones con valores de 30 kWh/m<sup>2</sup>-a (*Passiv Haus*) y de -30 kWh/m<sup>2</sup>-a (*Plus Energie Haus*), indicando en este último caso el signo negativo que el edificio produce energía neta (típicamente mediante una instalación fotovoltaica). En la propuesta de certificación energética europea de edificios (PREDAC, 2003), se propone una escala de siete letras basada en este indicador, válida para todos los países europeos, donde la clase-A se alcanza a partir de 32 kWh/m<sup>2</sup>-a.

Las ventajas más destacadas de este indicador son su transparencia en cuanto a sus implicaciones, y que está completamente orientado al objetivo final a alcanzar, permitiendo además proporcionar una cuantificación directa, fiable y real de los efectos del sector de la edificación sobre la balanza energética del país.

Hay que resaltar que actualmente la energía enterrada se encuentra excluida de las versiones propuestas de este indicador, por lo que realmente se limita a la energía de operación. Lo correcto sería basar este indicador en un análisis del ciclo de vida del edificio, de tal forma que la demanda energética de operación y la energía enterrada, adecuadamente normalizadas, reflejaran las implicaciones energéticas totales.

De hecho, incluso podría resultar más adecuado, desde el punto de vista de regulación y certificación energética, el expresar el indicador de comportamiento energético de un

---

29 Al igual que a la hora de valorar el desempeño energético de un vehículo no se separa la carrocería del sistema propulsor de su motor.

edificio en términos específicos en función del número de usuarios (kWh/usuario-año) en lugar de en función de la superficie del edificio, garantizando que se cumplan unos valores mínimos de área útil asignada a cada usuario de habitabilidad por debajo de un mínimo aceptable.

Sin embargo, los indicadores establecidos en España han sido y siguen siendo indicadores sin relación directa con el indicador de kWh/m<sup>2</sup>-a. Para empezar, los indicadores y exigencias normativas correspondientes se imponen por separado<sup>30</sup> sobre la envolvente del edificio, por un lado, y sobre sus sistemas, por el otro, por lo que ya no es posible acotar directamente el consumo de energía primaria.

En cuanto a la envolvente, el indicador empleado desde el año 1979 hasta septiembre del 2006 ha sido un coeficiente global de transferencia desde el edificio hacia el exterior en condiciones estacionarias (coeficiente KG). Este indicador no recoge muchos de los aspectos de gran relevancia sobre el comportamiento energético del edificio (radiación solar, efectos inerciales, demanda de refrigeración, etc.) y, de hecho, ni tan sólo es capaz de describir correctamente las pérdidas por transmisión en régimen estacionario (García-Casals, 2004). En cuanto a los criterios de eficiencia energética, se incluían en esta legislación una serie de discriminaciones climáticas y de compacidad sobre los valores límite del KG permitido, encaminadas (pero insuficientes) a que la demanda energética del edificio no dependiera de estos factores.

A partir de septiembre de 2006, la aplicación del CTE adopta como indicadores los coeficientes de transferencia de las distintas categorías de cerramientos (coeficientes-U) en su opción simplificada, que será con mucha diferencia la de mayor aplicación, y el comportamiento energético<sup>31</sup> del edificio considerado en términos relativos al de un edificio de referencia variable en ciertos periodos del año dentro de su opción general, a la que deberán acogerse los edificios que no cumplan las condiciones de aplicación de la opción simplificada. La certificación energética que se va a introducir en España emplea también el mismo indicador del método general del CTE, pero incorpora los sistemas del edificio<sup>32</sup>. En cuanto a la opción simplificada, los indicadores empleados están todavía menos relacionados con el indicador de kWh/m<sup>2</sup>-a que el KG utilizado en la normativa anterior. De hecho, el KG representa (con sus limitaciones) el comportamiento global de la envolvente del edificio, mientras que los coeficientes-U sólo representan el comportamiento parcial de los distintos componentes de la envolvente del edificio. Y en cuanto a la opción general, el carácter relativo del indicador, y el hecho de que la referencia empleada sea variable con cada edificio, hacen que tampoco aporte información alguna sobre el indicador de kWh/m<sup>2</sup>-a.

---

30 En contraposición a lo que se indica en la Directiva 2002/91/CE sobre eficiencia energética de los edificios.

31 Sólo a nivel de demanda energética de la envolvente, sin incluir los sistemas.

32 En la medida en que lo permitan todas las limitaciones del método de cálculo empleado para el proceso de certificación.

Dada la divergencia que permite la estructura actual del sector de la edificación en España entre las condiciones de proyecto y el edificio realmente ejecutado, los indicadores empleados de eficiencia energética deberían evaluarse tanto en condiciones de proyecto (mediante cálculo), como experimentalmente a edificio ya terminado y a lo largo de su vida útil. La valoración experimental del indicador en el edificio construido cobra especial importancia para los edificios ya existentes, tanto para valorar la efectividad de las medidas de mejora introducidas, como para establecer un proceso de certificación energética creíble y significativa. Santamouris (2005) presenta distintas experiencias y propuestas a este respecto.

A la vista de la situación actual del sector edificación en España, otro indicador apropiado para la etapa de proyecto, que podría ser adecuado para valorar la evolución del sector es la *ratio* entre las horas o presupuesto dedicado al análisis energético del edificio y los totales dedicados al proyecto, con un control de calidad de las acciones desarrolladas en el ámbito energético.

## 2.3 Marco regulatorio actual del sector

### • Marco regulatorio actual en la UE

El marco regulatorio actual de los aspectos energéticos del sector de edificación en la UE está constituido por la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética<sup>33</sup> en los edificios, que pretende ser un avance y concreción de las líneas de acción indicadas en la Directiva 93/76/CEE (destinada a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante mejora de la eficiencia energética)<sup>34</sup>, relativas al sector de la edificación, con el fin de aprovechar el gran potencial de ahorro aún existente, y reducir las grandes diferencias existentes en este sector entre los Estados miembros<sup>35</sup>. Por tanto, esta Directiva establece el marco para avanzar en procesos de regulación y certificación energética de los edificios.

---

33 De hecho, en la versión inglesa del texto de la Directiva, ésta no es la nomenclatura empleada para especificar su ámbito. La Directiva trata de la *building energy performance*, esto es, del comportamiento o desempeño energético de los edificios, y no de su eficiencia. Este 'error' en la traducción al español de la Directiva ha tenido importantes repercusiones sobre el alcance de la transposición de la Directiva a España.

34 La Directiva 93/76/CEE, de 13 de septiembre de 1993, fue la primera Directiva que directamente señalaba al sector de la edificación como uno de los prioritarios en el ámbito energético-ambiental, proponiendo ya la adopción de regulaciones energéticas más exigentes en este sector y de la introducción de procesos de certificación energética.

35 Algunos países ya aplicaron la 93/76/CEE, con considerables avances en el ahorro energético en el sector de la edificación, mientras que otros, como España, se encuentran exactamente igual que antes de la 93/76/CEE.

Uno de los principales aspectos de la Directiva 2002/91/CE tenía que haber sido la especificación del indicador principal para cuantificar el comportamiento energético de los edificios. Aunque el espíritu de la Directiva en este sentido es el adecuado, lamentablemente la habitual falta de concreción y la nomenclatura ambigua de las Directivas dio lugar a la indeterminación de este indicador principal, hipotecando, por tanto, la utilidad de las distintas transposiciones a los Estados miembros.

Debe destacarse la incorrecta traducción del indicador, que además da nombre a la Directiva, pues *building energy performance* se debería haber traducido por “comportamiento o desempeño energético del edificio”, y no por “eficiencia energética del edificio”, que evoca una caracterización adimensional del comportamiento del sistema, introduciendo innecesariamente un segundo elemento que no aparece por ningún lado en la Directiva, esto es, el denominador empleado para hacer adimensional el comportamiento energético. Cuando este denominador, como es el caso en España, adopta la forma de una referencia variable, se pierde toda indicación del comportamiento energético absoluto del edificio, que constituye el parámetro realmente relevante a todos los niveles.

De hecho, la definición que hace la Directiva 2002/91/CE del indicador (*energy performance*) a emplear para basar los procesos de regulación y certificación energética de los edificios es bastante clara: “Cantidad de energía consumida para satisfacer las necesidades asociadas a un uso estándar del edificio”.

Con esta definición, debería quedar claro que el único indicador de esta *energy performance* es el consumo energético del edificio (en kWh/m<sup>2</sup>-año al expresarlo en términos relativos al tamaño del edificio). A su vez, este indicador es el único que proporciona al usuario/promotor/administración información real cuantitativa sobre las implicaciones energéticas del edificio, posibilita la comparación directa entre distintos edificios, potencia las prácticas constructivas que reduzcan el consumo, proporciona transparencia al mercado fomentando las inversiones en eficiencia energética, y está al mismo nivel que la información energética proporcionada en caracterizaciones, regulaciones, certificaciones y etiquetados del resto de productos (coches, electrodomésticos, etc.). Sin embargo, hubiera sido muy recomendable concretar un poco más, para evitar toda la problemática actual que nos puede dejar en un estado muy parecido al anterior a la publicación de la 2002/91/CE.

La 2002/91/CE reconoce explícitamente el aumento del uso de sistemas de aire acondicionado en los Estados meridionales, con la consiguiente problemática en el incremento del coste de la electricidad y problemas de operación del sistema eléctrico en las puntas de demanda de verano. De hecho, la Directiva llega a decir que debe darse prioridad a estrategias que mejoren el rendimiento térmico del edificio en verano, propiciando el desarrollo de técnicas de enfriamiento pasivo. La cuantificación del beneficio de estas técnicas de refrigeración pasiva en el comportamiento energético de un edificio impone unas exigencias en el método de cálculo (acoplamiento del análisis térmico y de flujo) que posteriormente no se ven reflejadas en los requerimientos que la Directiva establece so-

bre el método de cálculo, lo cual deja abierta la puerta a que los métodos de cálculo adoptados por los Estados miembros sean incapaces de valorar estas estrategias de refrigeración pasiva<sup>36</sup>.

Así mismo, la 2002/91/CE establece que el desempeño energético del edificio debe ser calculado con una metodología que comprenda no tan sólo el aislamiento térmico, sino también las instalaciones de calefacción y refrigeración, el uso de energías renovables y el diseño del edificio<sup>37</sup>.

Respecto al certificado energético como tal, la 2002/91/CE establece una serie de puntos: debe incluir la *energy performance*, según lo definido en la Directiva; al construir, vender o alquilar el edificio se debe aportar su certificado de eficiencia; la validez del certificado no puede exceder de diez años; además, el certificado debe incluir valores de referencia de consumo energético, como la normativa vigente y las valoraciones comparativas<sup>38</sup>; el certificado debe ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.

Respecto a la inspección de equipos, la Directiva impone lo siguiente: la inspección periódica de calderas con potencia de 20 a 100 kW; la inspección al menos cada dos años de calderas con potencia superior a 100 kW (cuatro años para las de gas natural); la inspección de todo el sistema de calefacción para calderas de más de 20 kW y más de 15 años de antigüedad; la inspección periódica de sistemas de aire acondicionado con potencias superiores a 12 kW.

A la hora de establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios nuevos, la Directiva también queda indefinida al no imponer prácticamente ningún requisito, excepto la necesidad de analizar la viabilidad de sistemas basados en energías renovables o cogeneración para edificios nuevos de más de 1.000 m<sup>2</sup>.

A modo de resumen, se puede decir que la Directiva 2002/91/CE, a pesar de tener un espíritu en línea con las necesidades actuales, peca de falta de concreción, lo que condiciona seriamente las opciones de que signifique una contribución efectiva para avanzar en la dirección requerida. Aspectos como el indicador a emplear para caracterizar el comportamiento energético, la metodología y los aspectos que retener en el cálculo del desempeño energético, los requisitos mínimos de eficiencia energética, la participación de las energías renovables, y la periodicidad de la certificación, necesitarían ser afinados. Otros aspectos

---

36 Las herramientas propuestas para la regulación (LIDER) y certificación (CALENER) energética en España no son capaces de analizar estos procesos y, por tanto, de valorar su impacto energético.

37 La separación en el CTE entre los requerimientos de la envolvente (exigencia HE1) y de los sistemas (exigencia HE2) se aparta de este planteamiento.

38 La propuesta española de certificación (CALENER) ha invertido estos papeles, basando la certificación en una valoración comparativa.



que deberían ser incorporados son el análisis del ciclo de vida, la valoración de los niveles de confort (o ausencia de confort) y de calidad del ambiente interior.

Actualmente hay planes de la Comisión Europea para revisar la Directiva 2002/91/CE, de tal forma que se aumenten los incentivos para utilizar energías renovables en los edificios.

Otra Directiva reciente que puede facilitar la introducción de las estructuras necesarias para garantizar la correcta aplicación de medidas de eficiencia energética y energías renovables en el sector de la edificación es la Directiva 2006/32/CE, de 27 de abril de 2006, sobre eficiencia en el uso final de la energía y sobre servicios energéticos. Esta Directiva, que viene a sustituir a la 93/76/CEE, sienta las bases para las empresas de servicios energéticos (ESCOS), que como comentaremos más adelante constituyen un instrumento de gran importancia para garantizar la correcta implementación de las energías renovables y de las medidas de eficiencia energética en el sector de la edificación.

También hace ya algún tiempo que se viene hablando de una posible Directiva que incentive directamente la participación de las energías renovables en la cobertura de la demanda de calefacción y refrigeración del sector de la edificación (la denominada Directiva de calor y frío renovables, *heating and cooling*: H&C). El 7 de abril de 2005 EREC (*European Renewable Energy Council*) publicó una Declaración Conjunta de más de 40 organizaciones pidiendo esta directiva, con un objetivo de un 25% de la cobertura de la demanda de frío y calor con energías renovables para el año 2020. La Comisión, en un documento de 10 enero de 2007, propone una penetración media de las renovables en 2020 del 20%, en términos de energía primaria.

Debe tenerse en cuenta que prácticamente la mitad<sup>39</sup> del consumo energético europeo actual se encuentra en el sector de la energía térmica de baja temperatura (calefacción, ACS y calor industrial), y todavía no se dispone de legislación europea encaminada a aumentar la contribución renovable en la cobertura de la demanda de H&C.

De hecho, en relación con el objetivo de la UE de cubrir con renovables el 12% del consumo total de energía en el año 2010 (White Paper, 1997), en los sectores de electricidad y transporte ya hace tiempo que se han adoptado Directivas para promocionar las renovables, con objetivos específicos de un 21% de cobertura renovable de electricidad (Directiva 77/2001) y de un 5,75% de biocombustibles para el transporte (Directiva 30/2003). La falta de objetivos específicos, plasmados en Directivas para la contribución renovable a H&C, y el consecuentemente bajo desarrollo alcanzado por las renovables en este campo están haciendo peligrar seriamente la consecución del objetivo del 12% de aportación renovable al consumo total para el año 2010. De hecho, de este objetivo del 12%, la Direc-

---

39 Esta cantidad aumentará tan pronto como se internalice la demanda de refrigeración solar en los países del sur de Europa.

tiva de electricidad renovable representa una contribución del orden del 6%, y la de biocombustibles del 1%, por lo que parece que habría que introducir una directiva de calor y frío solar que permitiese cubrir el 5% restante para alcanzar el objetivo del 12%.

#### • Marco regulatorio actual en España

El marco regulatorio actual de los aspectos energéticos del sector de la edificación en España está constituido por el Código Técnico de la Edificación (CTE), que debería representar la transposición de la Directiva 2002/91/CE a España. El CTE se aprobó en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006, publicado el 28 de marzo de 2006 y con entrada en vigor el 29 de marzo de 2006 (ya con cierto retraso respecto al plazo concedido por la Directiva 2002/91/CE, que era el 4 de enero de 2006), con una disposición transitoria de seis meses para los aspectos energéticos, por lo que el 29 de septiembre de 2006 se acabó el régimen de aplicación transitoria para estos aspectos. Sin embargo, en diciembre de 2006 seguía sin estar aprobada la actualización del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), que debería transponer de la Directiva 2002/91/CE en lo relativo a las instalaciones energéticas de los edificios, por lo que en la práctica todavía no está totalmente transpuesta dicha Directiva.

Los aspectos energéticos del CTE se articulan a través de cinco exigencias básicas de ahorro de energía (que el documento denomina como HE).

La exigencia básica HE1 trata sobre la limitación de la demanda energética del edificio, limitando las prestaciones energéticas de su envolvente. La HE1 proporciona dos alternativas de verificación de los requerimientos normativos, una opción prescriptiva (o simplificada), que emplea como indicador los coeficientes de transferencia medios en régimen estacionario de las distintas categorías de cerramientos del edificio<sup>40</sup>, y una opción prestacional (o general), que está basada en un código de simulación dinámica del edificio, y que emplea como indicador el desempeño energético relativo (adimensional) del edificio objeto respecto a un edificio de referencia variable, en los periodos de tiempo determinados por los denominados régimen de calefacción (diciembre a febrero) y de refrigeración (de junio a septiembre). La opción simplificada está limitada a edificios con porcentajes de huecos inferiores al 60% y 5% en fachadas y cubiertas, respectivamente, quedando excluidos aquéllos cuyos cerramientos estén formados por soluciones constructivas no convencionales, tales como muros Trombe e invernaderos adosados (elementos característicos de la ingeniería bioclimática).

---

40 Los coeficientes de transferencia límite permitidos en los huecos son función del porcentaje de huecos en la fachada correspondiente, y de la orientación de la fachada. Además, la opción prescriptiva impone unos valores límite al factor solar modificado de los huecos en temporada de refrigeración, según orientación y porcentaje de huecos en la fachada correspondiente, con el fin de limitar las ganancias solares en temporada de refrigeración. Ésta es la única consideración bioclimática de la opción prescriptiva, ignorando los efectos de la radiación solar sobre los demás elementos de la envolvente, y en todos los elementos a lo largo de las otras estaciones del año.

La exigencia básica HE2 trata sobre los rendimientos de las instalaciones térmicas de los edificios. Actualmente no se encuentra disponible<sup>41</sup> la actualización del RITE que supuestamente debe transponer las exigencias de la Directiva 2002/91/CE, por lo que se sigue funcionando con la anterior versión del RITE (RD 1751/1998, de 31 de julio de 1998, modificado por el Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre de 2002). De cualquier forma, la estructuración de las exigencias básicas HE1 y HE2 en dos elementos normativos separados parece apartarse de la valoración integrada de los edificios y sus sistemas que subyace en la Directiva 2002/91/CE.

La exigencia HE3 trata sobre la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, si bien excluye de su ámbito y aplicación entre otros a los interiores de viviendas. En los edificios (o zonas de ellos) donde es aplicable, la HE3 exige cumplir con unos valores máximos del denominado valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI, un parámetro no adimensional que expresa el cociente entre la potencia eléctrica consumida y el nivel de iluminación alcanzado), y la existencia de un sistema de control y/o regulación que maximice el aprovechamiento de la luz natural.

La exigencia HE4 trata sobre la contribución solar mínima a la producción de ACS, estableciendo la obligatoriedad de cumplir con contribuciones solares mínimas a la producción de ACS, que oscilan<sup>42</sup> entre un 30% y un 70% según la zona climática y demanda de ACS del edificio considerado. Debe resaltarse que la demanda de ACS es una componente relativamente pequeña de la demanda energética total del edificio, no existiendo, por tanto, exigencia regulatoria alguna para cubrir parte del resto de la demanda energética del edificio con energías renovables.

La exigencia HE5 trata sobre la contribución fotovoltaica mínima a la producción de energía eléctrica, y está limitada a algunos edificios del sector terciario por encima de un tamaño mínimo (de 3.000 m<sup>2</sup> a 10.000 m<sup>2</sup> según tipo de edificio y por encima de 100 plazas/camas). Por consiguiente, la exigencia de incorporar generación fotovoltaica afecta a un porcentaje muy bajo de los edificios existentes, quedando excluido el sector residencial<sup>43</sup>.

Se observa, por tanto, que el CTE impone una serie de limitaciones inconexas sobre los distintos aspectos de consumo energético de un edificio (en contra de lo planteado en la Directiva 2002/91/CE), sin fijar cota alguna al valor agregado.

---

41 El 19 de septiembre de 2006 se recibió en la UE la propuesta de actualización del RITE.

42 La contribución solar mínima se incrementa hasta un 50% en el caso de sistemas de producción de ACS con electricidad mediante efecto Joule.

43 A este respecto, conviene señalar la experiencia en el municipio de Rivas-Vaciamadrid, en la Comunidad de Madrid, con una ordenanza solar que permite elegir entre la instalación de sistemas solares térmicos para ACS o fotovoltaicos, con un balance actual de una mayor superficie de sistemas fotovoltaicos que térmicos instalados bajo el paraguas de la ordenanza solar. Por tanto, no parece que la integración fotovoltaica en edificios resulte más problemática a nivel de normativa que la de energía solar térmica.

De hecho, los indicadores empleados y límites establecidos en la exigencia HE1 no tienen relación directa con los kWh/m<sup>2</sup>-a demandados por el edificio, por lo que la normativa no introduce ningún límite efectivo sobre este valor, de tal forma que en un emplazamiento dado, la regulación actual no limita el consumo total del edificio (kWh/m<sup>2</sup>-año), lo que conduce al absurdo de que dos edificios en el mismo emplazamiento y cumpliendo los dos con la regulación energética de forma ajustada pueden tener consumos totales completamente distintos.

En estas condiciones, los edificios siguen sin estar bien caracterizados cuantitativamente desde el punto de vista energético, y sus diseñadores/promotores/usuarios siguen sin tener cuantificadas las repercusiones económicas/ambientales del consumo energético de sus edificios o del ahorro potencial asociado a ciertas medidas de ahorro/eficiencia energética, con lo cual es difícil que estas medidas se lleguen a incorporar.

El CTE se queda muy corto en un aspecto tan importante como es contribuir a internalizar el análisis energético en el sector de la edificación. Sólo en la opción prestacional de la exigencia básica HE1 se abre la puerta al uso de herramientas de análisis energético con capacidad de reproducir el comportamiento energético del edificio. Sin embargo, la aplicación de la vía prestacional de la HE1 va a ser minoritaria, pasando la mayoría de edificios por la vía prescriptiva, que no requiere el uso de herramientas de análisis energético del edificio. Es más, el planteamiento de la vía prestacional del CTE es muy limitado en su alcance. Se basa en un procedimiento que no proporciona información sobre la demanda energética absoluta de la envolvente del edificio (sólo proporciona una comparación relativa al edificio de referencia variable), no considera los equipos de climatización (por tanto, no proporciona información sobre energías primarias), y está basada en una herramienta informática (programa LIDER) con excesivas limitaciones en cuanto a capacidad de modelado y de evolución. En principio, el CTE abre la puerta al uso de otros métodos de cálculo alternativos al oficial (LIDER), pero en la práctica las limitaciones impuestas impiden el uso de las herramientas más evolucionadas de análisis energético de edificios<sup>44</sup>. Si a esto se le añade que en la certificación energética de edificios se emplea otra herramienta oficial de análisis energético totalmente distinta (CALENER), y también con importantes limitaciones (y las mismas restricciones para poder emplear otros métodos de cálculo), se llega a la conclusión de que al analista energético del edificio le haría falta aprender a usar todavía una tercera herramienta para realmente poder cuantificar cómo se comporta el edificio desde un punto de vista energético. La falta de incentivo normativo para incorporar esta tercera herramienta hace que la situación actual sea aún más desfavorable que la existente antes de la aparición del CTE y la certificación, pues anteriormente sólo hubiera hecho falta aprender a usar una herramienta, lo que tampoco ocurrió durante los 27 años de vigencia de esta normativa.

---

44 Es indicativo el hecho de que ni siquiera los ficheros climáticos oficiales de las distintas regiones de España se han puesto oficialmente a disposición pública en un formato utilizable, existiendo constancia de negativas directas a proporcionarlos. Estos ficheros constituyen la condición de contorno básica para cualquier herramienta de análisis energético de edificios, por lo que sin una referencia oficial para cada región climática de España no es posible emplear otras herramientas de análisis energético.

Otro aspecto a resaltar es el hecho de que en el marco de la demanda sobre la envolvente del edificio (exigencia HE1) se ha modificado el indicador empleado por la normativa anterior (NBE CT-79), por lo que no se puede realizar una comparación directa sobre la modificación del nivel de exigencia. Implícitamente (y explícitamente en las presentaciones oficiales) se supone que el CTE representa un incremento de exigencia respecto a la normativa anterior, pero esta afirmación no es ni mucho menos evidente. El CTE introduce mayores restricciones sobre los coeficientes de transferencia máximos de los distintos componentes (incorporando entre ellos a los acristalamientos), pero la restricción real de la normativa antigua era sobre el coeficiente de transferencia global del edificio (KG), y constituía una exigencia considerablemente más elevada que la que imponía sobre los componentes.

Para analizar este aspecto, García-Casals (2004) realizó una comparativa directa entre las exigencias de la NBE CT-79 y el CTE para una tipología de edificio<sup>45</sup> incluida dentro de la opción prescriptiva del CTE, cuantificando los consumos de energía permitidos por ambas normativas en términos de kWh/m<sup>2</sup>-a. De este estudio se desprenden las siguientes conclusiones relativas a las exigencias del CTE.

- Los consumos energéticos permitidos son muy elevados, incluso antes de incorporar la demanda de refrigeración, y no parecen acordes con las exigencias de incremento de la eficiencia energética y el ahorro en este sector.
- Excepto para valores muy bajos del factor de forma, la exigencia del CTE es menor que la de la NBE CT-79, que llega a permitir un incremento superior al 50% de demanda en edificios poco compactos. Con la tipología de edificio considerado, sólo para factores de forma inferiores a 0,3-0,4 m<sup>-1</sup> resulta el CTE más exigente que la normativa anterior.
- El CTE introduce una fuerte discriminación negativa en relación a la compacidad del edificio. En efecto, el CTE permite una demanda energética considerablemente superior a los edificios poco compactos que a los compactos. Esta discriminación no resulta apropiada, por no potenciar el buen diseño energético, tanto en términos de energía de operación como en términos de *embodied energy*, y es un reflejo directo del planteamiento viciado impuesto en nuestro país en el que se antepone la libertad artística de diseño del edificio a cualquier consideración energética. La normativa antigua (NBE CT-79) también era más adecuada que el CTE en este sentido, por incluir una compensación (aunque sólo parcial) de la discriminación negativa por compacidad (el límite permitido sobre el KG era menor al incrementarse el factor de forma).

Evidentemente la edificación tiene aspectos artísticos de gran importancia, pero lo que parece fuera de lugar, dada la gran problemática energética asociada al sector de la edificación,

---

45 El edificio considerado en esta comparativa es de forma cúbica, con un 49% de huecos en las fachadas de todas las orientaciones. No se considera la demanda de energía ni para refrigerar ni en equipamientos.

es desvincular las consideraciones artísticas de las energéticas. En el campo estructural resulta evidente que los aspectos artísticos no se pueden anteponer a los requerimientos de seguridad estructural: si el arquitecto diseña un espacio estructuralmente más complejo de resolver, deberá incorporar soluciones estructurales más complejas/sobredimensionadas para garantizar la seguridad estructural. Consideraciones semejantes tendrían que aplicarse en el contexto energético, a la vista de la crítica situación de falta de sostenibilidad del modelo actual. El arquitecto deberá seguir preocupándose de los aspectos artísticos y funcionales del edificio, pero de igual forma que recurre a un técnico especializado para calcular las estructuras con unos requerimientos normativos independientes de los aspectos artísticos, debería integrar en su equipo a profesionales con capacidad de valorar y resolver los aspectos energéticos asociados a un determinado diseño del espacio, sujetos a una normativa que exigiera corregir los diseños energéticamente menos eficientes, para garantizar que no superaran unos límites de consumo energético independientes del diseño del espacio.

#### • **Certificación energética de edificios en España**

La certificación energética de edificios debería estar orientada a los siguientes objetivos: impulsar el mercado más allá de la regulación, cuantificar el estado actual y evolución del sector, influir en decisiones de compra/alquiler potenciando la eficiencia y ahorro energéticos, permitir la comparación directa entre distintos edificios, cuantificar y priorizar las estrategias de mejora<sup>46</sup>.

Hasta el 31 de enero de 2007 no había un procedimiento oficial de certificación energética de edificios en España. Sin embargo, existía una propuesta de certificación voluntaria para edificios nuevos, apoyada en un programa informático de referencia denominado CALENER.

Los conceptos incorporados en la certificación energética de edificios española son las demandas de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación<sup>47</sup>. El método de cálculo empleado para la certificación se apoya en el DOE 2.2, un programa de cálculo energético de edificios con más de 30 años de vida e importantes limitaciones a todos los niveles, mediante una interfaz CALENER que, en aras de la simplicidad de uso, limita todavía más las posibilidades de cálculo.

El 31 de enero de 2007 se publicó en el BOE el Real Decreto 47/2007, por el que se aprueba el procedimiento de certificación de eficiencia energética de los edificios de nueva construcción. La entrada en vigor de este Real Decreto es el 30 de abril de 2007, y contará con una primera etapa de aplicación voluntaria que se prolongará hasta el 31 de octubre de

---

46 En García-Casals (2004) se puede encontrar una discusión detallada de las limitaciones del proceso de certificación energética propuesto para España hasta el 31 de enero de 2007, comparándolo con otras experiencias anteriores en otros países o comunidades autónomas.

47 Sin embargo, según el tipo de edificio no se valoran algunos de estos conceptos de cara a la calificación (iluminación en edificios residenciales, ACS en oficinas, enseñanza y comerciales, etc.).

2007, y a partir de entonces pasará a ser de obligatoria aplicación, afectando a los edificios de nueva construcción y modificaciones, reformas o rehabilitaciones en edificios de más de 1.000 m<sup>2</sup> de superficie útil donde se renueve más del 25% de sus cerramientos, y con una validez de no más de 10 años. Sigue quedando pendiente un procedimiento de certificación de los edificios ya existentes.

En este Real Decreto se define correctamente el concepto de eficiencia energética del edificio, en línea con lo comentado en este informe, como el consumo de energía del edificio en condiciones normales de funcionamiento y ocupación, y se añade la obligación de incorporar en el etiquetado energético del edificio esta información. Sin embargo, el indicador empleado para asignar la calificación energética sigue siendo distinto, y sin una relación directa con el consumo energético del edificio.

El Real Decreto 47/2007 introduce también la distinción ente la certificación energética del proyecto del edificio y la del edificio terminado, siendo ambas de obligado cumplimiento<sup>48</sup>. Sin embargo, al igual que con muchos otros aspectos, este Real Decreto queda indefinido al delegar en las comunidades autónomas los procedimientos, inspecciones y controles de calidad necesarios para validar la certificación del edificio terminado.

Otro aspecto nuevo de este Real Decreto es que introduce, al igual que en el CTE, la posibilidad de emplear para la certificación del proyecto del edificio una opción general (basada en un programa informático, siendo CALENER el de referencia), o de una opción simplificada de carácter prescriptivo. La opción simplificada queda por ahora indefinida. La calificación energética del edificio se realiza mediante una escala de siete letras (de la A a la G), empleando un indicador adimensional relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio. El indicador empleado difiere según se trate de edificios destinados a vivienda o a otros usos.

En los edificios destinados a otros usos distintos al residencial se emplea como indicador el valor relativo de las emisiones del edificio por certificar respecto a las del edificio de referencia variable empleado en la propuesta original de certificación y en el método prestacional del CTE, con todas las limitaciones asociadas a este indicador, con lo que se llega a la situación de que la calificación obtenida no tiene relación directa con el consumo de energía primaria del edificio analizado.

---

48 Ésta es otra mejora de la certificación energética finalmente aprobada respecto a las propuestas anteriores. No conviene limitar los procesos de certificación (y de hecho tampoco los de regulación) a una comprobación poco rigurosa en la etapa de proyecto. Ésta es la práctica a la que está habituado el sector por los 27 años de aplicación de la normativa anterior (NBE CT-79), en la que la única comprobación consistía, en el mejor de los casos, en una revisión superficial de la ficha justificativa del KG por parte del correspondiente colegio de arquitectos encargado de visar el proyecto. La posible divergencia entre la realidad de lo proyectado y lo que aparecía en la ficha del KG, así como la gran divergencia entre lo proyectado y lo realmente ejecutado, exigen un mayor proceso de control sobre los procesos de regulación y certificación energética, incluyendo una comprobación a obra terminada de los valores realmente ejecutados.

El hecho de emplear un indicador y una escala de etiquetado, sin una relación directa con los kWh/m<sup>2</sup>-a realmente demandados por el edificio lleva al absurdo de que dos edificios en el mismo emplazamiento pueden tener certificaciones energéticas tales que resulte mejor el edificio de mayor consumo absoluto (kWh/m<sup>2</sup>-año). En estas condiciones es imposible que la certificación energética voluntaria (tal como estaba planteada en la propuesta hasta el 31 de enero de 2007) adquiriera un grado de implementación significativo, y aunque su carácter sea obligatorio como en el Real Decreto finalmente aprobado, no cabe esperar de ella que actúe como motor de la evolución del sector de la edificación hacia la sostenibilidad<sup>49</sup>. La experiencia adquirida en países como Dinamarca, que cuentan con una historia de más de 20 años en la aplicación de procesos de certificación energética de edificios, muestra claramente que, cuando el proceso de certificación establecido no resulta creíble (ya sea por su estructura o por los métodos de cálculo empleados), su aplicación efectiva e impacto acaban siendo muy limitados, incluso si tiene carácter obligatorio (como era el caso en Dinamarca).

De hecho, la sombra de esta situación perversa provocada por la falta de transparencia del indicador adoptado para la certificación energética se proyecta más allá del propio edificio. En efecto, tal y como se ha comentado anteriormente, el potencial de ahorro y eficiencia en el sector edificación se incrementa mucho cuando se pueden introducir medidas desde el propio proceso de urbanización. Ante el actual proceso de certificación de los edificios, los beneficios obtenidos durante la etapa de urbanización no se aprecian. En estas condiciones, de cara a poder acceder a una buena certificación energética del edificio, las actuaciones realizadas en el proceso de urbanización son inútiles, por lo que se desincentiva la aplicación de recursos en esta etapa. Es más, cuanto peor sea la planificación urbanística desde el punto de vista de la demanda energética de los edificios, más sencillo será acceder a una buena certificación energética del edificio, pues el edificio de referencia con el que lo va a comparar el proceso de certificación establecido será mucho menos bioclimático (sacará mucho menos provecho de la interacción con el entorno).

Para los edificios destinados a vivienda, la certificación finalmente aprobada introduce otros dos indicadores adimensionales, en los que se relacionan las emisiones del edificio que hay que certificar con las emisiones medias y las emisiones correspondientes al percentil del 10% de los edificios que cumplan estrictamente con el CTE y del parque de edificios existentes en el 2006. El aspecto positivo de estos nuevos indicadores es que aparentemente proporcionan una referencia más fija (independiente del edificio, si bien sigue dependiendo del emplazamiento climático) para comparar las emisiones del edificio de referencia, dejando de lado los aspectos negativos del concepto de edificio de referencia variable. El aspecto negativo es que el significado de los indicadores está encriptado, sin proporcionar ninguna interpretación clara asociada a su valor numérico, lo cual no favorece a la claridad del pro-

---

49 ¿Para qué se va a gastar un promotor el dinero en una certificación si con ello no consigue distinción alguna entre su edificio y el de la parcela de al lado? ¿Qué repercusión tendrá sobre la decisión del comprador que busque un edificio eficiente si el edificio con mayor certificación puede tener mayor consumo energético que el de menor certificación?



ceso de certificación. Una vez superado el concepto de edificio de referencia variable, sería mucho más claro emplear como indicador para la escala de la calificación energética los kWh/m<sup>2</sup>-a consumidos por el edificio.

Otro aspecto que resulta poco apropiado es referir la escala de la certificación energética únicamente a las emisiones de CO<sub>2</sub> en la operación del edificio. Este indicador podría resultar apropiado si abarcara todo el ciclo de vida del edificio y sus sistemas<sup>50</sup>, pero no cuando sólo se considera el consumo energético asociado a la operación. La eficiencia energética del edificio en términos de energía de operación debería referirse principalmente al consumo de energía del edificio, sin estar condicionado al tipo de energía primaria que se emplee para satisfacer esta demanda energética<sup>51</sup>. En efecto, al plantear la certificación energética en términos exclusivamente de emisiones de CO<sub>2</sub>, puede darse el caso de un edificio muy ineficiente, con una elevada demanda de energía, pero con unas emisiones de CO<sub>2</sub> prácticamente nulas, porque cubre toda su demanda energética con energías renovables<sup>52</sup>, por lo que alcanzaría el nivel más elevado de calificación de eficiencia energética (letra A). Esta situación no tendría sentido, pues independientemente del tipo de energía que use, el edificio energéticamente ineficiente probablemente despilfarrará más recursos<sup>53</sup> que uno eficiente. La certificación energética planteada en términos de energía de operación debería estar asociada en primer término al consumo de energía del edificio, y en todo caso incorporar un indicador secundario asociado a la cobertura con energías renovables de dicho consumo energético. Esta problemática quedaría resuelta si la certificación se planteara en términos de demanda de energía en el ciclo de vida del edificio y sus sistemas, en lugar de limitarse a la energía de operación, pues en este caso el indicador empleado ya recogería el balance final entre las medidas de eficiencia sobre la envolvente del edificio y las destinadas a cubrir la demanda con fuentes de energía limpia, y se potenciaría, por tanto, la búsqueda de soluciones óptimas.

## 2.4 Descripción y valoración de las actuaciones previstas

En noviembre del 2003 el Ministerio de Economía publicó la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) para el periodo 2004-2012 (Mineco, 2003a), dentro de

---

50 Como se indica más adelante, la medida debe ser independiente del *mix* de tecnologías de producción de la energía eléctrica que se suministra al edificio.

51 De hecho, al certificar en términos de CO<sub>2</sub> se está confundiendo la causa (demanda de energía) con el efecto del actual sistema de generación (emisiones de CO<sub>2</sub>). Fuera cual fuera el sistema de generación implementado, si no hay una limitación eficaz sobre la causa (demanda de energía), se alcanzarían los límites del entorno y se condicionaría la sostenibilidad del modelo de desarrollo.

52 O incluso con energía nuclear.

53 Sean económicos, de materiales, o de energía primaria. Debe tenerse en cuenta que los recursos económicos disponibles para encaminar nuestro sistema energético hacia la sostenibilidad son limitados, por lo que no debería permitirse su despilfarro en la cobertura de la demanda energética de edificios ineficientes.

la cual hay un documento específico para el sector de la edificación, que es donde se encuentran las actuaciones previstas para fomentar el ahorro y eficiencia energética en este sector.

El documento sectorial de edificación de la E4 es relevante, en el sentido de que constituye el primer documento oficial en el que se proporcionan, tanto estimaciones de demanda energética del parque de edificios español actual, como escenarios de evolución de este consumo y objetivos de reducción. Sin embargo, se deben resaltar las importantes limitaciones de las valoraciones realizadas sobre la demanda energética de los edificios (actual y futura), el escaso alcance de los objetivos de ahorro establecidos en este sector a la luz de su contribución potencial, y la poca consistencia de las medidas propuestas para alcanzar estos niveles de ahorro. En García-Casals (2004) se puede encontrar un análisis crítico de la información presentada en el documento sectorial de la edificación de la E4.

La valoración conjunta de la E4 en todos los sectores implicados conduce a un ahorro acumulado de energía primaria en el periodo 2004-2012 de 813 TWh, que, si se supone que se desarrolla entre los años 2005-2012, conduciría a un ahorro promedio de 101 TWh/a en este periodo. A partir del año 2012 y siguientes el ahorro de energía primaria resultante de la aplicación de la E4 a todos los sectores considerados sería de 181 TWh/a. La contribución planificada del sector edificación en este ahorro es aparentemente de un 23%, que se divide entre un 16% para los edificios residenciales y un 7% para los no residenciales. Por tanto, la contribución acumulada del sector edificación al ahorro de energía primaria a lo largo del periodo 2004-2012 sería de 187 TWh, que, si suponemos que se desarrolla entre los años 2005-2012, conduciría a un ahorro promedio de 23,4 TWh/a en este periodo. Sin embargo, en el documento sectorial de la edificación, la E4 establece un objetivo de ahorro acumulado en el periodo 2004-2012 de 79 TWh, que, si suponemos que se desarrolla entre los años 2005-2012, conduciría a un ahorro promedio de 9,9 TWh/a en este periodo, alcanzando un ahorro anual máximo de 20,6 TWh/a a partir del año 2012. Estos objetivos de ahorro en el sector de la edificación son muy inferiores al potencial de ahorro anteriormente valorado (1.153 TWh/a) en el presente documento<sup>54</sup>.

Para alcanzar sus objetivos, la E4 propone actuar sobre el parque de edificios existentes y nuevos/rehabilitados, aplicando las siguientes medidas.

**Edificios existentes.** Mejora del aislamiento y protección solar en el 5% del parque de hogares, oficinas y hospitales; renovación del 50% del parque de calderas de calefacción y ACS en el subsector doméstico; renovación del 50% de calderas y equipos de frío en el subsector del comercio, servicios y administraciones públicas; sustitución de las unidades de trata-

---

54 Y de hecho, estos objetivos de ahorro son cronológicamente previos a los del potencial estimado en este documento, pues en teoría se desprenden de la aplicación del CTE, mientras que el potencial que se ha presentado en este documento corresponde al existente a partir del cumplimiento del CTE.

miento de aire por otras con recuperación entálpica; sustitución de la iluminación por lámparas de bajo consumo.

**Edificios nuevos/rehabilitados.** Las medidas se basan en la transposición de los requerimientos de la Directiva 2002/91/CE. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el CTE, en lo que se refiere a la exigencia HE1 y en virtud de las disposiciones transitorias, sólo ha pasado a ser efectivo a partir de octubre del 2006 (afectará a edificios terminados a finales del 2007) y en lo referente a las instalaciones, y aún no está disponible la actualización del RITE que debería transponer los objetivos de la Directiva 2002/91/CE. Por tanto, teniendo en cuenta la elevada vida útil de los edificios, las elevadas tasas de edificación actuales y de los últimos años, así como las limitaciones del CTE para realizar un control directo de la demanda, junto con el hecho de que como se mostró anteriormente el nivel de exigencia del CTE puede incluso ser inferior al de la normativa anterior (NBE CT-79), parece difícil que pueda haber una contribución significativa en el parque de edificios nuevos/rehabilitados durante el periodo 2004-2012 a los objetivos de la E4. Sin embargo, la E4 prevé una contribución del 38,3% de los edificios nuevos en el ahorro a alcanzar durante este periodo.

Debe destacarse también la ausencia en el marco de la E4 de previsión de apoyo económico para primar la eficiencia energética en el sector de la edificación para los edificios nuevos y rehabilitados. En un entorno donde los precios de los combustibles/electricidad no incorporan en el coste todas sus externalidades, las inversiones destinadas a reducir el consumo energético del edificio más allá de las disposiciones legales (CTE cuando entre en vigor) son difíciles de incentivar y justificar económicamente si no existe un apoyo económico que cumpla el mismo papel que las subvenciones o ayudas financieras (línea ICO-IDAE) y económicas (retribución del régimen de generación especial) a las energías renovables. Debe tenerse en cuenta que el buen diseño bioclimático de un edificio, para alcanzar niveles de consumo energético inferiores a las exigencias normativas, exige entre otras cosas el disponer de una capacidad de cálculo y conocimiento no disponibles por lo general en el actual sector de la edificación español, por lo que su incorporación en el quehacer habitual del sector requiere tanto o más apoyo que las tecnologías renovables (más sencillas de analizar técnicamente que la respuesta dinámica de un edificio en la mayoría de los casos).

Por contra, en la E4 sí que se indica la posibilidad de dotar de apoyo económico a la adaptación de edificios existentes a la nueva normativa (con una dotación estimada del 6,9% de la inversión requerida), pero el potencial de acciones que hay que emprender, especialmente en lo relativo a la envolvente del edificio, es muy inferior en un edificio existente que en uno nuevo.

En García-Casals (2004) se presenta una elaboración de los resultados presentados en la E4 en términos de los costes de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de las distintas medidas propuestas. Hay que recordar que el compromiso nacional de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> derivado del Protocolo de Kioto afecta tanto a las grandes instalaciones de combus-

ción como a los sectores difusos, como los edificios y el transporte. Resulta, por tanto, interesante valorar las medidas de ahorro propuestas en la E4 para el sector edificación en términos<sup>55</sup> de sus costes de eliminación de CO<sub>2</sub>.

El coste medio de eliminación de CO<sub>2</sub> del conjunto de medidas que afectan al parque de edificios existentes, evaluado a partir de los datos proporcionados en Mineco (2003b) es de 336 euros/t CO<sub>2</sub>, mientras que para los edificios nuevos el coste estimado del conjunto de medidas propuestas es de 358 euros/t CO<sub>2</sub>. En términos de las medidas más caras propuestas, en los edificios existentes la renovación de grupos de frío tendría un coste de 727 euros/t CO<sub>2</sub>, mientras que para los edificios nuevos las medidas más caras corresponden a las del sector doméstico y ascienden a 541 euros/t CO<sub>2</sub>. Como podemos ver, los costes de eliminación de CO<sub>2</sub> implícitos en los valores presentados por la E4 son significativamente más elevados que los valores de referencia del mercado de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta situación es común a otros sectores no incluidos en el mercado de emisiones, como es el uso de energías renovables, y es una clara indicación del limitado efecto que tendrá el precio del carbono derivado del actual mercado de emisiones sobre los sectores no incluidos en él, así como de la dificultad de incorporar estos otros sectores con el nivel de costes actualmente manejado. Además, resultan más caras en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> las medidas sobre edificios nuevos que en antiguos, lo cual parece contradictorio con el hecho de que la E4 no prevea la necesidad de apoyo económico para incentivar la reducción de consumo energético en edificios nuevos y sí en antiguos.

El conocimiento del consumo energético del sector edificación, así como su desglose por conceptos, es un paso previo fundamental para poder elaborar una estrategia de eficiencia energética adecuada, así como para poder medir en un futuro la efectividad de las medidas en ella impuestas. De hecho, el desconocimiento actual sobre dicho consumo energético con un margen de error aceptable, así como las limitaciones de la legislación propuesta (CTE), ponen en tela de juicio tanto la cuantificación del peso relativo de la edificación sobre el consumo energético total asumido como punto de partida de la E4, así como el alcance y posibilidades de las medidas propuestas en la E4 para el sector de la edificación.

Partiendo de un muestreo de edificios, en Mineco (2003b) se ha realizado una primera evaluación del consumo energético del parque de edificios español. Los resultados constituyen la primera información oficial disponible respecto al consumo del parque de edificios. En el muestreo se han empleado 122 edificios de distinta tipología y en distintas zonas climáticas (un edificio por tipología y zona climática), por lo que realmente los resultados, si bien proporcionan una primera aproximación, no son representativos del valor medio del parque de

---

55 Aunque el mercado de emisiones de CO<sub>2</sub> involucra en su primer periodo (2005-2007) sólo a algunos de los focos de emisión de CO<sub>2</sub> (centrales termoeléctricas, refino de petróleo, siderurgia, cemento y cal, vidrio, cerámica, e industria papelera), estas grandes instalaciones actúan en muchos casos como escape, referencia e incluso motor de lo que resulta viable de introducir en otros sectores, y en un futuro otros sectores podrían encontrarse incluidos en este mercado.

viviendas existente. De hecho sorprenden algunos de los valores presentados, como el consumo exageradamente bajo de las viviendas unifamiliares, que puede indicar tanto un error en el proceso de muestreo o en la elaboración de los datos obtenidos como una falta de internalización de los requerimientos de confort, incluso en la temporada de calefacción. La internalización de la demanda de confort en la temporada de refrigeración para los edificios muestreados es prácticamente nula en los edificios residenciales. La indefinición de los resultados mostrados en esta primera cuantificación oficial del consumo energético del parque de viviendas actual pone de manifiesto la necesidad de que la administración introduzca medidas que permitan un mejor conocimiento del consumo energético real del parque de viviendas, y que esta información se haga pública, como en otros países. Para ello, una regulación y certificación energéticas basadas en la valoración directa de los kWh/m<sup>2</sup>-a serían de gran importancia de cara sobre todo a las viviendas nuevas. También debería potenciarse la realización de un estudio de valoración del estado actual de consumo del parque de viviendas semejante al realizado en la E4, pero con una muestra más amplia que proporcionase una correcta descripción estadística del conjunto del parque de viviendas, así como unos escenarios adecuados de cómo evolucionará esta demanda energética al internalizar todos los requerimientos de confort.

Dadas las deficiencias de la E4 respecto a la caracterización del parque de viviendas actual, para estimar los ahorros energéticos por alcanzar con las medidas propuestas por la E4 en (Mineco, 2003) se presentan los resultados de un estudio basado en simulaciones energéticas de edificios tipo, suponiendo que estos pasan de estar en el nivel de aislamiento de la normativa anterior (NBE CT-79) y con los equipos de producción de calor y frío antiguos a implementar niveles de aislamiento conforme a la opción prescriptiva del CTE y con equipos de climatización más eficientes. El análisis presentado se basa en el estudio de tres edificios tipo (vivienda unifamiliar adosada, bloque de viviendas y edificio de oficinas) en tres regiones climáticas (B4: Sevilla; D3: Madrid; E1: Burgos), y deduce los ahorros nacionales suponiendo un reparto de la población por regiones climáticas (B4: 63%; D3: 34%; E1: 3%). Los resultados presentados en este análisis, además de limitados, presentan serias deficiencias<sup>56</sup> que ponen en tela de juicio las bases empleadas para la elaboración de la E4 y para cuantificar el ahorro energético realmente alcanzable con las medidas propuestas (García-Casals, 2004). Sería muy recomendable que se acometiera un estudio de este estilo con mayor profundidad y coherencia, y que sus resultados se emplearan, junto a los de una valoración experimental mediante un amplio muestreo, para caracterizar la estructura del sector de edificación y planificar adecuadamente estrategias de ahorro y eficiencia acordes con la situación y necesidades reales.

---

56 También presentan grandes divergencias con los resultados del muestreo llevado a cabo en el marco de la E4.

## 3. El ahorro y la eficiencia energética en el sector del transporte

### 3.1 Descripción del sector

El transporte constituye un elemento fundamental en el desarrollo de las economías modernas. Un sistema de transporte eficaz permite optimizar el mercado interior y generalizar el comercio en todo el territorio, y contribuye, por lo tanto, a un crecimiento económico sostenido.

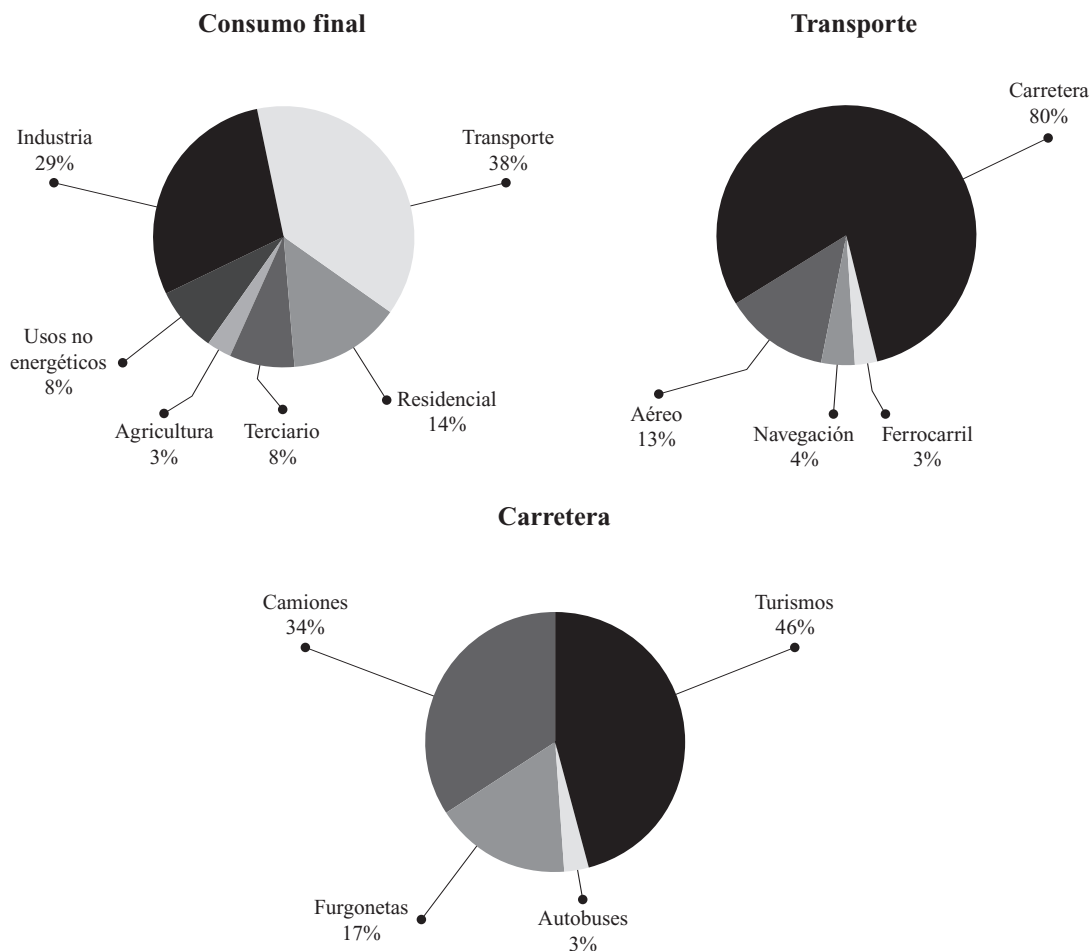
España cuenta actualmente con una compleja red de transporte, que se ha ido fortaleciendo desde mediados de los años ochenta, gracias, en parte, a las ayudas obtenidas de los fondos europeos y al incremento de las inversiones en infraestructuras, que pasaron de un 0,5%-0,6% del Producto Interior Bruto español a mediados de los años ochenta a valores en torno al 1,7%-1,8% del PIB en los años más recientes. De esta manera, las inversiones anuales en infraestructuras del transporte en España duplican en la actualidad la media de la Unión Europea.

Hoy en día este sector contribuye al PIB con un 5,7%, en términos de valor añadido. Incluso esta aportación se cifra en un mayor porcentaje, en torno a un 7% u 8% de aportación total al PIB, si se tiene en cuenta el sector transporte como sector consuntivo (incluyendo el transporte de mercancías por cuenta propia o el de viajeros en automóviles) y no sólo como sector productivo o comercial.

El sector del transporte genera a su vez gran número de empleos, tanto directos como inducidos. Según estimaciones del Ministerio de Fomento, en el año 2000 el sector del transporte proporcionaba aproximadamente unos 650.000 empleos directos, lo que supone un 4,5% del total de la población activa. Este valor se incrementó hasta 780.000 en el año 2003.

La eficiencia energética del transporte viene determinada por dos factores que se analizarán con posterioridad, el consumo energético y la movilidad. Por lo que se refiere al consumo energético, el Gráfico 4 muestra el desglose, según usos. El transporte representaba en 2004 el 38% del consumo energético final en España, constituyéndose como el sector mayor demandante de energía. Esta situación se ha mantenido en 2005, con una energía total consumida cercana a los 100 millones de Ktep, de los cuales 38,7 millones

**Gráfico 4. Caracterización del consumo energético en el sector del transporte**



Fuente: INE (2006) y Mineco (2003)

de Ktep correspondieron al sector del transporte. Las previsiones mantienen esta senda creciente y caracterizada por una casi total dependencia de productos derivados de petróleo. Dentro del transporte, la carretera representa el 80% de los consumos en 2004, de los que aproximadamente un 46%, según la E4, corresponden a los turismos, un 51% al transporte de mercancías, entre furgonetas y camiones, y sólo un 3% para el transporte de viajeros en autobús.

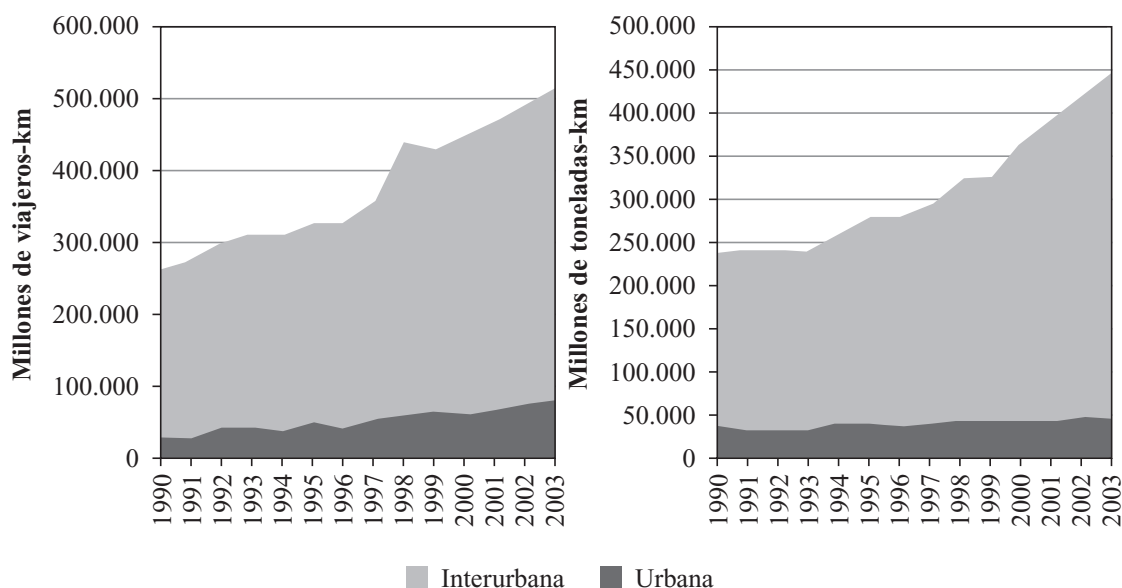
La movilidad de personas y mercancías en España ha crecido notablemente en los últimos años y se prevé que prosiga esta tendencia creciente. La movilidad urbana ha estado apoyada por el gran aumento de los desplazamientos en vehículo particular y, en menor medida, por el aumento del uso del transporte público (metro y autobús), que en el periodo 1994-04 se incrementó en un 20%. La movilidad interurbana creció a un ritmo me-

nor que la movilidad urbana, aunque constituye el 85% de la movilidad de viajeros y de mercancías.

Conviene aclarar que existe una gran dificultad en la obtención de datos totales de movilidad urbana, incluyendo los desplazamientos de vehículos privados, por la complejidad de realizar campañas de recopilación fiables. Se dispone de estimaciones de este tipo de movilidad hasta el año 1999 en el documento Estrategia de Ahorro de Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), que se exponen en el Gráfico 5.

Para años más recientes, dado que no se dispone de datos globales de movilidad urbana, se han estimado los mismos considerando el crecimiento medio anual de los años con la información disponible. Para el transporte interurbano se han estimado a partir de los datos para 2003 del Ministerio de Fomento (MF, 2004). Así, en 2003, de los 438.377 millones de viajeros por km (v-km), más del 90% viajaron por carretera<sup>57</sup>. En cuanto al tráfico interno de mercancías, durante este mismo año se transportaron 400.985 toneladas por km (t-km), predominando igualmente el transporte por carretera.

**Gráfico 5. Movilidad urbana e interurbana para el transporte de viajeros y de mercancías**



Fuente: Elaboración propia a partir de E4 (2003) y Ministerio de Fomento (2004)

<sup>57</sup> No incluye movilidad urbana, y el tráfico aéreo incluye el tráfico de Iberia, Air Nostrum y LTE desde el año 2000, según el Banco Público de Indicadores Medioambientales del Ministerio de Medio Ambiente.



En cuanto a la evolución de cada uno de los modos de transporte, las tendencias han sido las siguientes:

- **Transporte por carretera.** Este modo de transporte es hoy en día el principal en cuanto a movilidad en España y en Europa, tanto en el caso del tráfico de mercancías como en el de viajeros. Según datos del Ministerio de Fomento, en 2003 el 91% del transporte de pasajeros y el 84,2% del transporte de mercancías se realizaron por carretera.

En cuanto a los diferentes tipos de vehículos usados para el transporte por carretera, el coche es el más utilizado, con un 82,5% del total, seguido de los vehículos pesados (camiones y autobuses) y de las motocicletas, que suponen un 17% y un 0,5% respectivamente.

El parque móvil español se ha triplicado prácticamente entre 1975 y 2005, pasando de siete millones de vehículos a casi 27,6 millones. Hay que destacar en esta evolución del parque de vehículos la creciente “dieselización” del mismo, en detrimento de los turismos de gasolina (un 97,5% del total en 1970 frente a un 58,4% en 2005).

- **Transporte por ferrocarril.** Desde finales de los años ochenta este modo de transporte vive una fase de revitalización y mejora, debido fundamentalmente a la adecuación de los servicios a las necesidades de la demanda, a los servicios de cercanías y a las líneas de alta velocidad (AVE). En 2003 el transporte por ferrocarril representó un 4,8% del total del transporte de pasajeros, y un 3% del transporte de mercancías. En total se transportaron por este medio 21.127 millones de viajeros-km, lo que ha supuesto un incremento del 26% desde el año 1990, y 12.411 millones de t-km, con un incremento del 6,7% respecto a ese mismo año.
- **Transporte marítimo.** El transporte marítimo de pasajeros en España es prácticamente inexistente, suponiendo, tan sólo, un 0,3% del total. Sin embargo, en cuanto a transporte de mercancías es el segundo medio más utilizado, tras el transporte por carretera, con una cuota de mercado del 10%.

En los últimos diez años se ha registrado un aumento continuado del tráfico portuario, que alcanzó en 2003 un volumen total de 382 millones de toneladas. A través de los puertos marítimos se realiza casi toda la importación/exportación de mercancías, con una cuota en torno al 70% del total, concentrándose en los puertos de mayor dimensión (en especial Algeciras, con más de 60 millones, Barcelona y Valencia, con más de 35 millones).

- **Transporte aéreo.** El transporte aéreo ha experimentado un gran crecimiento en las dos últimas décadas. Según datos del 2003, este modo representaba un 4,28% y un 0,02% del transporte total de pasajeros y mercancías, respectivamente. El transporte de pasajeros ha aumentado sustancialmente en todas sus modalidades (vuelos regulares y no regulares), con un crecimiento del 106% en el periodo 1990-2003.

En cuanto a movilidad urbana, cabe señalar que mediante el Observatorio de Movilidad Metropolitana, la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección de la Subdirección General de Calidad Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, recopila información sobre la movilidad desde 2003 en diversas ciudades españolas, actualmente 13, con el fin de contar con información fiable de cara a la toma de decisiones para la mejora del transporte público. El Observatorio analiza diversos indicadores sobre la caracterización de la movilidad, la oferta y la demanda de transporte, la financiación del transporte público, la calidad ambiental y la difusión de buenas prácticas energéticas y ambientales en las ciudades participantes. Se destacan a continuación algunos resultados del Informe 2006.

Cabe señalar las elevadas inversiones realizadas en 2002-2004 en metros y tranvías. En todas las ciudades se observa un crecimiento neto de los viajes en transporte público, si bien también han aumentado también los desplazamientos en coche. La distribución modal, respecto a la de otras ciudades europeas, es satisfactoria. Se han realizado actuaciones dirigidas a mejorar la gestión e integración de los modos de transporte público, mediante la construcción de intercambiadores, abonos de transporte, etc.

El Informe 2006 del Observatorio de la Movilidad Metropolitana hace referencia a su vez al Estudio de la Unión Internacional de Transporte Público (UITP), finalizado en 2005, sobre los modelos actuales de movilidad y sus efectos sobre el coste y la función del transporte público urbano. El estudio confirma la influencia de la densidad de población sobre el consumo de energía para el transporte público de viajeros. Se aprecia que la cuota de mercado del transporte público aumenta con el tamaño del área metropolitana. Las ciudades que consumen menos energía en transporte son aquéllas con densidad de población media o alta, donde se utiliza primordialmente el transporte público y hay un elevado porcentaje de desplazamientos a pie o en bicicleta (Tabla 1).

**Tabla 1. Consumo anual de energía y desplazamientos (megajulios por habitante) según densidad y elección modal**

| Densidad: población + empleos por hectárea                          |          |          |        |
|---|----------|----------|--------|
| >100  | 50 a 100 | 25 a 50  | <25    |
| 12.200  | 13.700   | 20.200   | 55.000 |
| Porcentaje de desplazamientos a pie, bicicleta y transporte público |          |          |        |
| >55%  | 40 a 55% | 25 a 40% | <25%   |
| 11.900  | 14.600   | 19.100   | 55.500 |

Fuente: UITP (2005)

Además, el análisis de los datos de dicho estudio permite comprobar que el volumen de la oferta del transporte público, definida en vehículos-kilómetro por hectárea, fomenta el uso del transporte público, con el consiguiente ahorro de energía, principalmente en aquellas ciudades donde el transporte público cubre un área amplia. De esta forma, el reparto modal del transporte público pasa del 6,5% en ciudades donde la oferta del transporte público es menor de 1.500 v-km/ha, al 42,5% en aquellas urbes donde esta oferta es mayor de 5.000 v-km/ha.

España actualmente cuenta con un sistema de transporte al nivel de los países europeos de su entorno, en términos de equipamiento en grandes infraestructuras. El esfuerzo realizado en los últimos años en este sentido ha contribuido a la integración de España en la economía europea, y se ha moderado en gran parte la situación periférica de la geografía española.

A modo de resumen se puede concluir que el modelo de transporte existente en España está basado principalmente en el transporte por carretera, que alcanza participaciones muy elevadas, mientras que otros modos como el ferrocarril y el transporte marítimo se encuentran infrutilizados. Este fuerte desequilibrio en la participación de los diferentes modos de transporte en la movilidad total de viajeros y mercancías incide negativamente en la eficiencia global del sistema de transporte español.

Los estudios de prospectiva indican crecimientos importantes de la demanda futura de transporte en España, entre el 3% y el 6% de media anual en viajeros y entre el 4,5% y el 6% en mercancías. Las estimaciones también confirman el predominio del transporte por carretera, aunque con crecimientos más moderados. Así, el esquema de consumos del sector, que se ha caracterizado en los últimos años por una creciente participación en el total del transporte por carretera y, más recientemente, del transporte aéreo, parece que continuará en el mismo sentido. Resulta, pues, necesario adoptar medidas que tiendan a la reducción del consumo energético en el sector, tratando también de incidir en el esquema de participación modal. Por ello, el objetivo de los escenarios base y eficiente incluidos en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 consiste en incrementar la eficiencia de cada modo, y alcanzar una distribución modal con mayor protagonismo de los modos más eficientes, sin limitar la movilidad total.

### 3.2 Indicadores y criterios de eficiencia energética

En diversas publicaciones de ámbito comunitario y nacional existe amplia bibliografía, así como numerosos indicadores sobre eficiencia energética en el transporte. En la introducción se ha señalado que el transporte es uno de los principales responsables del incremento de la intensidad energética en España. Una de las *ratios* más relevantes es la que relaciona consumo y valor añadido bruto. En el caso del transporte de mercancías y pasajeros la intensidad

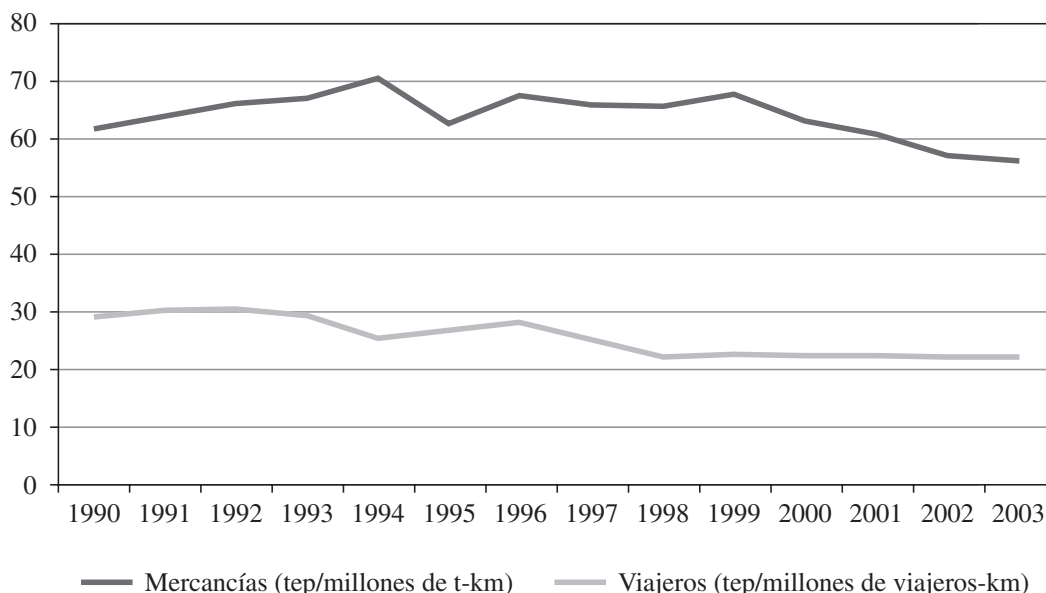
energética calculada de este modo es de 894 tep/M de euros en 2004, siendo la del transporte privado de 24 tep/M de euros, teniendo en cuenta que, para este último, se considera que toda la población contribuye al PIB de la economía. La ventaja de esta *ratio* es que permite comparar con otros sectores económicos mediante una base homogénea. Sin embargo, dado que todos los sectores influyen de forma indirecta en la demanda del transporte, no permite un análisis completo, al no poder segregar estos efectos.

Por ello el indicador que se suele utilizar para medir la eficiencia energética del transporte es el del consumo energético por la movilidad de viajeros o de mercancías. Definido como la energía requerida para mover el elemento transportado (viajero o tonelada) por la distancia recorrida (kilómetro), combina los tres conceptos relevantes en este campo: carga (expresada en número de personas o peso de las mercancías transportadas), distancia recorrida y energía consumida, de acuerdo con las siguientes expresiones.

- Consumo específico de personas =  $\text{tep}/(\text{n}^\circ \text{ viajeros} \times \text{km recorridos})$ .
- Consumo específico de mercancías =  $\text{tep}/(\text{t mercancía} \times \text{km recorridos})$ .

La eficiencia será mejor cuanto menor sea el consumo específico de cada uno de los modos de transporte. Es decir, será necesario utilizar menos unidades energéticas –medidas en este

**Gráfico 6. Eficiencia del transporte de viajeros y mercancías**



Fuente: Elaboración propia

caso como toneladas equivalentes de petróleo— para la misma cantidad de mercancía o viajero transportada en la totalidad de las distancias recorridas. Si se calculan estas *ratios* con los consumos energéticos para los años 1990-2003 y con los datos de movilidad mostrados en el apartado 3.1, y teniendo en cuenta las deficiencias estadísticas mencionadas, se puede construir el indicador, tal y como se muestra en el Gráfico 6, donde se presentan las mejoras de eficiencia obtenidas en el transporte de viajeros y de mercancías para España en ese periodo.

Sin embargo, para evaluar las causas que motivan esta mejora de la eficiencia del sector de transporte es necesario descomponer este indicador y analizar cada una de las partes que lo componen. En cuanto a la cantidad de energía destinada a este fin, se debe tener en cuenta que el consumo energético del transporte aumentó entre 1990 y 2003 un 63%, pero la movilidad aumentó en mayor medida, por lo que, como resultado, se mejoró la eficiencia. Ahora bien, la mejora no fue capaz de absorber todo el incremento de demanda, tal y como se deduce de las emisiones de CO<sub>2</sub> en este modo, que aumentaron en el período prácticamente un 75%. La previsión es que este valor seguirá creciendo en el futuro, según predican los organismos internacionales y las referencias especializadas consultadas.

Por ello es muy importante revisar aquellos aspectos referentes a la cantidad global transportada que se relacionan con la flota, el factor de ocupación o de carga y la distancia que recorre. La cantidad total de energía consumida está ligada al consumo de los vehículos y a la tecnología. Los diversos tipos de vehículos consumen energía en distinta proporción, resultando que, por ejemplo, en cuanto a las flotas de transporte por carretera, los autobuses de pasajeros consumen la mitad de energía por viajero-km que los turismos. En cuanto al transporte de mercancías, los vehículos de carga ligeros consumen cuatro veces más energía por tonelada-km que los vehículos pesados de carga<sup>58</sup>.

Por lo que se refiere a la composición de flota, tanto en los turismos como en los camiones y autobuses, desde mediados de la década de los noventa se ha producido una “dieselización” del parque, lo que ha influido sobre el consumo energético, puesto que este tipo de motor consume menos energía por kilómetro. Además, el 65% de los turismos en España tiene menos de 10 años, por lo que la flota se va actualizando con los modelos más eficientes en cuanto a consumo por kilómetro.

La ocupación está asociada principalmente a hábitos de consumo, siendo el principal uso del transporte privado en las ciudades el desplazamiento a los centros de trabajo y estudio, con la particularidad de que se produce con un grado de ocupación de los vehículos muy bajo: 1,1 persona por vehículo en promedio en los trabajadores y 1,3 personas en los estudiantes<sup>59</sup>. Como es lógico, a mayor nivel de ocupación mayor eficiencia, por lo que

---

58 EEA (2003).

59 OSE (2005).

cualquier iniciativa que consiga el cambio modal hacia el transporte público o una mayor ocupación de los vehículos (como el *car pooling*) mejorará la eficiencia total.

En cuanto al transporte de mercancías, los vehículos de carga ligeros consumen cuatro veces más energía por tonelada-km que los vehículos pesados de carga. En este área los aspectos tecnológicos relacionados con la gestión de flotas tienen cierta influencia, así como otros aspectos relacionados con inversiones en infraestructuras de medios de transporte. Los valores medios europeos de eficiencia para el transporte de mercancías y viajeros (COM 2006/314 final) son similares a los españoles, como se muestra en la Tabla 2.

---

**Tabla 2. Niveles de eficiencia en la Unión Europea para distintos tipos de transporte en 2004**

---

|             |                                    |                |
|-------------|------------------------------------|----------------|
| Carretera   | Camiones                           | 72,4 tep/Mt-km |
|             | Automóviles                        | 37,8 tep/Mv-km |
|             | Transportes públicos por carretera | 14,5 tep/Mv-km |
| Ferroviario | Viajeros                           | 16,0 tep/Mv-km |
|             | Mercancías                         | 5,5 tep/Mt-km  |
| Marítimo    | Vías navegables interiores         | 17,5 tep/Mt-km |

---

Fuente: COM 2006/314 final Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo  
Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente.  
Revisión intermedia del Libro Blanco de transporte de la Comisión Europea de 2001

---

Así, se llega a la conclusión de que, cuando se analiza el ratio de eficiencia desde un punto de vista tecnológico, se observa una mejora de la eficiencia por la introducción de motores que consumen menos energía y por la gestión de flotas y las cargas. No obstante, como la movilidad crece a un ritmo mucho mayor y desciende el nivel de ocupación de los vehículos con un claro predominio en el caso del transporte de viajeros del vehículo privado, el consumo energético total sigue aumentando, del mismo modo que lo hacen las emisiones. Por lo tanto, las mejoras en intensidad energética habrán de centrarse, en primer lugar, en mejoras de movilidad y aspectos tecnológicos.

### 3.3 Marco regulatorio actual del sector

En relación con el sector del transporte, la Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones sobre

la política común de transportes: Movilidad sostenible: perspectivas, el Libro Blanco La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad, y la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente. Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001, incluyen, entre otras, medidas de eficiencia energética. Además, está previsto que próximamente se publique un Libro Verde especialmente dedicado al transporte urbano.

La legislación comunitaria también incluye medidas relativas a los consumos de combustibles y emisiones. En concreto, la Directiva 1999/94/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 1999, relativa a la información sobre el consumo de combustible y sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. La Comisión Europea está revisando las medidas orientadas a alcanzar un límite de emisión de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido para los turismos. En este sentido está previsto adoptar una Comunicación de la Comisión sobre una estrategia a largo plazo revisada para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos más allá de los actuales acuerdos voluntarios con las asociaciones de fabricantes de automóviles ACEA, JAMA y KAMA. Dichos acuerdos están recogidos en tres recomendaciones de la Comisión.

Además, en el ámbito comunitario se intensificarán los esfuerzos para fomentar el desarrollo de vehículos más limpios, más eficientes energéticamente y más seguros, de acuerdo con la propuesta de Directiva sobre la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios. La iniciativa CIVITAS es un programa europeo para ayudar a las ciudades a lograr un sistema de transporte urbano más limpio, eficiente y sostenible.

Por otro lado, se ha desarrollado numerosa normativa destinada a revitalizar el ferrocarril, con el objetivo de reforzar la interoperabilidad y la apertura del mercado del transporte ferroviario de mercancías. Cabe mencionar diversas Directivas y Comunicaciones, en concreto, las Directivas 2004/50/CE, 2001/16/CE<sup>60</sup> y 2004/51/CE, así como la Comunicación de la Comisión Proseguir la integración del sistema ferroviario europeo: el tercer paquete ferroviario. Con objeto de desarrollar los transportes que combinan la carretera y el ferrocarril, y la navegación interior y la navegación marítima, también se ha promulgado diversa normativa específica, en concreto la Directiva 92/106/CEE.

Otras iniciativas dignas de mención son el Programa Marco Polo (2003-2006), que trata de transferir parte del tráfico de mercancías por carretera hacia la navegación de corta distancia, el transporte ferroviario y la navegación interior<sup>61</sup>, el Programa de fomento del

---

60 Relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional.

61 En este sentido cabe mencionar la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el segundo programa Marco Polo para la concesión de ayuda financiera comunitaria a fin de mejorar el comportamiento ambiental del sistema de transporte de mercancías (Marco Polo II) [COM (2004) 478 final].

transporte marítimo de corta distancia y la Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico Social Europeo y al Comité de las Regiones –Revisión intermedia del programa de fomento del transporte marítimo de corta distancia [COM(2003)155 final]–. Además, la Comisión está tratando de fomentar el transporte por vías navegables mediante el programa NAIADES.

En lo relativo al sector de la aviación, y con objeto de optimizar la gestión del tráfico aéreo, se ha adoptado numerosa normativa para la creación del cielo único europeo. Por otro lado, la Comisión Europea ha presentado recientemente una propuesta para incluir al sector de la aviación en el régimen de comercio de gases de efecto invernadero.

En cuanto a fiscalidad, la Comisión tiene intención de preparar un Libro Verde sobre imposición indirecta, revisar la Directiva de tasación energética para tener en cuenta consideraciones medioambientales y de eficiencia energética y urgir al Consejo a adoptar la propuesta de la Comisión que relaciona la tasación de los vehículos con las emisiones de CO<sub>2</sub>. La Directiva 2006/38/CE, relativa a la aplicación de gravámenes a los vehículos pesados de transporte de mercancías por la utilización de determinadas infraestructuras, está relacionada indirectamente con la eficiencia energética.

Además, se tiene previsto adoptar en 2007 un Plan Estratégico sobre Tecnologías Energéticas. También cabe mencionar las disposiciones relativas al desarrollo del sistema de navegación por satélite GALILEO, que facilita la gestión del transporte, agilizando las operaciones de tráfico, reduciendo la congestión y el deterioro del medio ambiente y facilitando el desarrollo multimodal y el programa SESAR, que incorporará las tecnologías más modernas a la gestión del tráfico aéreo en el cielo único europeo. Se puede concluir que la Unión Europea mantiene una intensa actividad en cuanto a las implicaciones de la eficiencia energética en el transporte.

En lo referente al ámbito español, una de las iniciativas más destacables en relación con la eficiencia energética es la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 y el Plan de Acción 2005-2007. Se estima que mediante el Plan de Acción se generará un ahorro de energía primaria acumulado de 12 millones de toneladas equivalentes de petróleo, el equivalente al 8,5% del total del consumo de energía primaria del año 2004 y al 20% de las importaciones de petróleo en ese año, y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de 32,5 millones de toneladas. En concreto, en el sector transporte se prevé que se producirá un ahorro de energía primaria de 5,2 millones de toneladas equivalentes de petróleo en 2005-2007, y se evitarán unas emisiones de 14,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>62</sup>.

---

62 La labor de realización de la Estrategia de Eficiencia fue encomendada a la Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa. Para la elaboración de la Estrategia se formaron grupos sectoriales, coordinados por un grupo de trabajo institucional formado por los presidentes de estos grupos, la Dirección General de Política Energética y Minas, el IDAE y la CNE.



Existe diversa normativa mediante la que se ha transpuesto la legislación comunitaria al ordenamiento jurídico español, entre la que se puede mencionar el Real Decreto 837/2002, de 2 de agosto, por el que se regula la información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos nuevos que se pongan a la venta o se ofrezcan en arrendamiento financiero en territorio español. También cabe destacar la aplicación de los planes RENOVE y PREVER, con objeto de renovar el parque de vehículos y de mejorar la eficiencia energética y el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por su parte, el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT), aprobado por Consejo de Ministros el 15 de julio de 2005, define las grandes actuaciones y directrices para la política de infraestructuras y transporte de competencia estatal con un horizonte de largo plazo. El plan prevé una inversión total de 248.892 millones de euros, de los cuales el 48% irá destinado a potenciar el ferrocarril. Además, el plan diseña una red mallada de carreteras menos dependiente de los corredores radiales, desarrolla las autopistas del mar<sup>63</sup>, refuerza el papel de los puertos como nodos de la red intermodal de transporte e incluye medidas orientadas a integrar el sistema de navegación aérea español en el cielo único europeo.

Entre los objetivos del PEIT se incluye el lograr un sistema de transporte eficiente y sostenible que satisfaga con calidad las necesidades de movilidad, restablecer el equilibrio entre los distintos modos de transporte y conseguir una adecuada inserción del sistema español de transporte en el ámbito europeo. Las previsiones del PEIT concretan varios puntos de las directrices generales del Libro Blanco de Transporte de la Comisión Europea.

Entre otras iniciativas relacionadas con la eficiencia energética en el sector del transporte, cabe mencionar la base de datos elaborada por el IDAE, en la que se puede obtener información comparativa sobre el consumo de carburante y las características de los turismos nuevos puestos a la venta en España. Otros documentos de interés publicados por el IDAE incluyen la Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera (2006), diversos manuales de conducción eficiente, la Guía práctica para la elaboración e Implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) (2006), y la Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de transporte al centro de trabajo (PTT) (2006).

No se debe dejar de mencionar en este documento la participación de los biocarburantes, aunque su contribución a la eficiencia energética aún está por estudiar. En estos momentos existen numerosas iniciativas y legislación orientadas a su promoción, tanto a nivel comunitario como nacional, que tienen también influencia en la evolución de las *ratios* de eficiencia,

---

63 Las autopistas del mar son rutas marítimas de corta distancia entre dos puntos, de menor distancia que por vía terrestre, en las que a través de transporte intermodal se consigue mejorar significativamente los costes de la cadena logística. Además, se configuran como los trayectos óptimos entre dos puertos en términos de viabilidad, rentabilidad y plazos de entrega, con respecto al mismo trayecto por carretera.

aunque sea de forma secundaria. En el ámbito de la UE, desde la publicación del Libro Blanco sobre Energías Renovables de 1997, que recomienda el establecimiento de un objetivo de producción de 18 millones de toneladas de biocombustibles líquidos en 2010 y otras iniciativas como el Libro Blanco del Transporte o el Libro Verde Hacia una Estrategia Europea para la seguridad del suministro<sup>64</sup>, se han aprobado diversas normas. En concreto, la Directiva 2003/30/CE relativa al fomento del uso de los biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte obliga a cada Estado miembro a velar por que se comercialice en sus respectivos mercados una proporción mínima de biocarburantes, estableciéndose objetivos indicativos nacionales<sup>65</sup>. En el ámbito fiscal hay que mencionar la Directiva 2003/96/CE, que permite a los Estados miembros aplicar ciertas exenciones o reducciones del nivel de imposición a los productos energéticos utilizados para el desarrollo tecnológico de productos más respetuosos con el medio ambiente, a los combustibles obtenidos a partir de renovables y a los biocarburantes. Recientemente, y tras la publicación de la Comunicación de la Comisión de 8 de febrero de 2006 Estrategia de la Unión Europea para los biocarburantes COM (2006) 34 final<sup>66</sup>, la Comisión, en su Comunicación Una Política Energética para Europa, de 10 de enero de 2007 COM (2007), hace un llamamiento al Parlamento Europeo y al Consejo para respaldar el objetivo de cubrir mediante energías renovables el 20% del consumo energético global en 2020 y que los biocarburantes alcancen una cuota mínima del 10% del consumo de carburantes de automoción en esta fecha<sup>67</sup>.

En el ámbito nacional, la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, ya hace referencia también a los productos que se consideran biocombustibles. Por otro lado, tanto el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010, que establece un objetivo para los biocarburantes de 2,2 millones de tep en el horizonte 2010<sup>68</sup>, como la Ley 24/2005, de 18 de noviembre, que en un plazo máximo de tres meses urge para la elaboración de un plan de medidas para cumplir con el objetivo de la Directiva 2003/30/CE, suponen un impulso claro al fomento de este tipo de combustibles. Por último, el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de combustibles, fija los objetivos indicativos para España de comercialización de biocarburantes recogidos en la Directiva 2003/30/CE.

---

64 Éste establece el objetivo de sustitución del 20% de los carburantes convencionales por carburantes alternativos en el sector del transporte para el año 2020.

65 Como valor de referencia para estos objetivos se fija el 2% de toda la gasolina y el gasóleo comercializados en los mercados con fines de transporte a más tardar el 31 de diciembre de 2005, y el 5,75% a más tardar el 31 de diciembre de 2010.

66 La estrategia de siete ejes fundamentales: estimular la demanda de biocarburantes, actuar en provecho del medio ambiente, desarrollar la producción y distribución de biocarburantes, ampliar el suministro de materias primas, potenciar las oportunidades comerciales, apoyar a los países en desarrollo, y apoyar la investigación y el desarrollo.

67 La Comisión ya había propuesto establecer este último objetivo como obligatorio en su Comunicación COM (2006) 845 Informe de progresos de los biocarburantes.

68 Esta cifra representa el 5,83% del consumo de gasolina y gasóleo previsto para el sector del transporte en 2010, ligeramente por encima del objetivo indicativo señalado en la Directiva 2003/30/CE.

En lo relativo a fiscalidad, se está a lo dispuesto por la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, y el Reglamento de Impuestos Especiales. Tras sucesivas modificaciones, entre las que se incluyen la introducida por la Ley 53/2002, que fija un tipo cero para los biocarburantes hasta el 31 de diciembre de 2012, y por el Real Decreto 1739/2003, que establece las condiciones para que un proyecto piloto pueda acogerse a exención fiscal, las últimas modificaciones en materia fiscal son las recogidas por la Ley 22/2005, de 18 de noviembre.

La normativa española en materia de eficiencia es, por tanto, muy extensa y detallada, y se refiere principalmente a la revitalización del ferrocarril, a la reducción del consumo del transporte por carretera y al fomento del transporte marítimo de corta distancia. También merecen atención las medidas referidas a la introducción de mejoras tecnológicas y a la mejora de los sistemas de gestión del tráfico aéreo, marítimo y terrestre, así como a la modernización y mejora en la gestión de infraestructuras, a la mejora de los hábitos de los consumidores, al fomento de carburantes limpios y al establecimiento de una fiscalidad del transporte que favorezca las consideraciones medioambientales y de eficiencia.

Los efectos reales de todo este conjunto de normativa han sido desiguales. Corresponde al regulador profundizar en estos desarrollos normativos, realizar un seguimiento de los ahorros conseguidos y adoptar las medidas correctivas oportunas. Por ello, es preciso hacer una reflexión que valore sus aspectos principales, si sus objetivos son suficientes, si las medidas incluidas son las apropiadas, si se está en el camino de cumplir las metas planteadas y cuáles son los puntos donde sería conveniente incidir más. El presente trabajo trata de contribuir a esta reflexión.

### **3.4 Descripción y valoración de las actuaciones previstas**

El estudio de medidas para la mejora de la eficiencia energética en el transporte ha sido tratado con especial profusión recientemente en distintos documentos. Tanto los informes monográficos de la Agencia Internacional de la Energía como de la Comisión Europea y, en el caso español, de distintas entidades de la Administración, han planteado medidas con el objetivo de alcanzar mejoras en este campo.

La Unión Europea y cada uno de los Estados miembros por separado han dedicado esfuerzos en fijar objetivos y medidas tendentes a mejorar la eficiencia energética en su ámbito de actuación. Estos esfuerzos han sido diferentes según los sectores, y en el caso del transporte, en algunos casos, han sido más ejercicios teóricos que realidades implantadas. Tanto en el Libro Verde sobre Eficiencia Energética como el Plan de Ahorro de Eficiencia Energética de la Comisión Europea de octubre de 2006 se proponen medidas relativas a la eficiencia energética de los automóviles. Parte de estas medidas se recogen en este estudio.

En lo referente a España, el documento Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 y el Plan de Acción 2005-2007 también enuncian medidas y acciones futuras que reflejan la preocupación de las distintas administraciones.

El sector del transporte en España tiene, como ya se ha comentado, unas características diferenciales con otros países de nuestro entorno. En concreto, la alta participación del segmento de carretera en el movimiento de personas y mercancías y la creciente participación del sector aéreo implican que sea preciso incidir de forma especial en estos modos, además del ferrocarril. Por otro lado, también es preciso tener en cuenta que la climatología propicia un movimiento regular por carretera, teniendo la estacionalidad menor influencia que en otras latitudes. Por ello, algunas medidas propuestas por organismos internacionales necesitan de adaptaciones en España.

Con objeto de hacer sistemático el estudio, se han agrupado las medidas en función de quién es el agente en el que recae la responsabilidad de llevarlas a cabo. De este modo se identifica el sujeto de la implantación y, por lo tanto, las claves del éxito de cada medida. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las medidas basadas en incentivos sólo consiguen efecto real si reportan beneficios a los que deben ponerlas en práctica.

#### • Las medidas tecnológicas

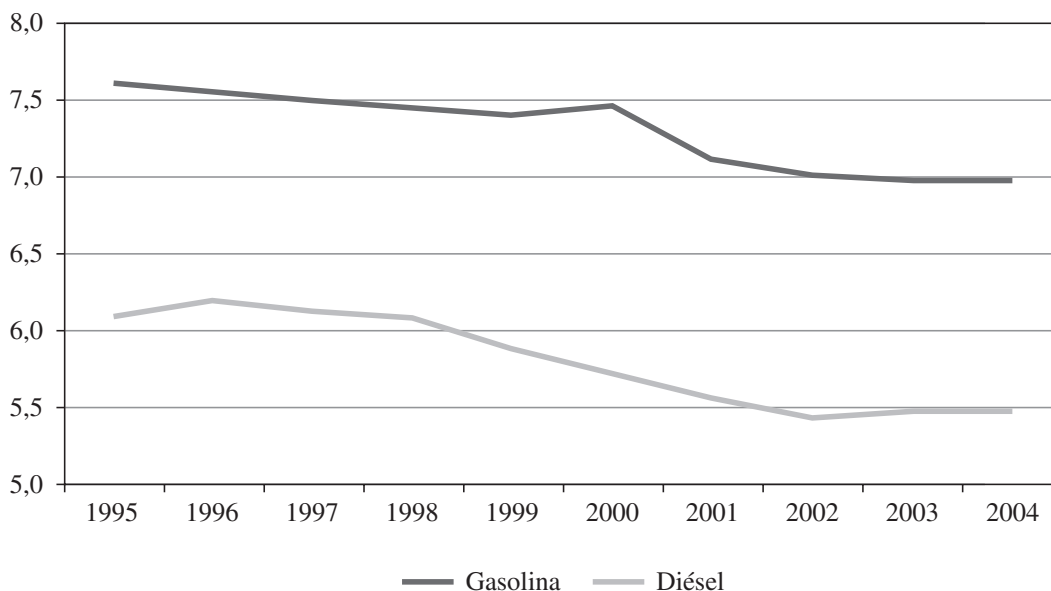
Las medidas tecnológicas propician una mejora en las *ratios* de eficiencia en el transporte y consisten en mejoras técnicas de los propios medios de transporte. Se trata, por lo tanto, de acciones desarrolladas de forma casi exclusiva por la industria o, de modo adicional, por organismos de investigación y desarrollo de carácter público o privado. Su incidencia afecta a una de las partes que componen la *ratio* de consumo específico: el consumo unitario por modo de transporte, buscando una necesidad inferior de combustible para la misma cantidad (en personas o mercancías) transportada.

Estas medidas se centran en tres posibilidades: mejoras en los sistemas de propulsión, reducción de las resistencias al movimiento y mejoras tecnológicas en los combustibles. Por lo tanto, su desarrollo corresponde a dos de las industrias más importantes del tejido empresarial a nivel mundial, la de fabricación de vehículos de transporte (automovilística, aeronáutica, naval o ferroviaria) y la petrolera.

En concreto, se trata de fabricar motores que reduzcan el consumo específico y, por lo tanto, permitan transportar más cantidad de carga con menos energía. El incentivo de las compañías dedicadas a la fabricación de vehículos para acometer inversiones en investigación y desarrollo en este campo debe venir de la propia demanda del mercado.

La fabricación de vehículos de menor consumo específico reporta un beneficio directo a los usuarios, que debería ser suficiente para impulsar los desarrollos tecnológicos necesarios si todos los costes incurridos por el transporte estuviesen debidamente internalizados, lo que

**Gráfico 7. Evolución del consumo en la Unión Europea (litros/100 km)**



Fuente: Comisión Europea y elaboración propia

disto mucho de ser el caso. En concreto, el sector de automoción ha alcanzado mejoras en las *ratios* de combustible que suponen un ahorro directo para los usuarios particulares de automóviles. Así, según fuentes del *Oak Ridge National Laboratory*<sup>69</sup>, el ahorro conseguido en promedio para turismos en Estados Unidos ha sido desde 1994 a 2003 del orden del 8%, del que una parte debe ser atribuida a mejoras de los propios vehículos. Otro tanto ocurre en la Unión Europea, donde en los últimos diez años se han obtenido mejoras en las *ratios* de consumo en torno al 10%<sup>70</sup> según se indica en el Gráfico 7.

Sin embargo, este tipo de reclamo no parece ser, hoy en día, un factor determinante en la decisión final de los automovilistas, donde la falta de internalización de costes puede ser un factor determinante. Pero hay también que destacar la necesidad de concienciar al usuario, por medio de campañas publicitarias de carácter institucional mostrando la importancia para su propia economía de adquirir vehículos de poco consumo. Por consiguiente, este grupo de medidas debe ser acompañado por otras de carácter regulatorio y por un cambio de hábitos.

69 Transportation Energy Data Book 2005 (Center for Transportation Analysis).

70 Informe conjunto de seguimiento ACEA. Comisión Europea sobre el acuerdo de reducción de emisión del CO<sub>2</sub>. Agosto de 2006.

La situación sería similar en lo referente al transporte de mercancías por carretera, donde es fundamental la información a los usuarios o flotas. El caso es especialmente relevante en España, donde la mayoría de las compañías transportistas se componen de un solo vehículo (en concreto el 77,6% de las empresas españolas<sup>71</sup>).

Cabe destacar que la Comisión Europea está debatiendo actualmente una próxima propuesta de legislación que imponga a los fabricantes de automóviles un objetivo de emisiones de 130 g CO<sub>2</sub>/km en 2012, a lo que se añadiría una reducción adicional de 10 g CO<sub>2</sub>/km mediante la introducción de medidas de eficiencia para los equipos de aire acondicionado y el establecimiento de un seguimiento obligatorio de la presión de los neumáticos, entre otros. Esto también repercutirá de forma indirecta en la reducción de consumos unitarios de los carburantes.

En lo referente al sector de navegación aérea, los usuarios finales son compañías que conocen y valoran la importancia del ahorro de combustible en sus operaciones diarias. En concreto, el consumo específico de queroseno de aviación supone el gasto variable más importante de las operaciones de una compañía aérea, pues alcanza valores superiores al 75% del total. Por ello los fabricantes de aeronaves ya están suficientemente incentivados para conseguir vehículos con mejor coeficiente de consumo, con objeto de ser más competitivos en los concursos de adquisición de aeronaves de las compañías aéreas. Por último, en lo referente al transporte marítimo o por ferrocarril, la reducción de consumos vendrá obligada también por aspectos similares a los de la navegación aérea. Sin embargo, en el transporte ferroviario la presión de cara a la reducción puede venir liderada por compañías usuarias de carácter más o menos estatal o privado, en su caso, de acuerdo con las últimas tendencias liberalizadoras en el ámbito europeo. El ferrocarril no ha mejorado sensiblemente en los últimos años su eficiencia energética, o al menos no lo ha hecho en la misma medida en que lo han hecho otros modos de transporte competidores. En efecto, probablemente por el menor peso que la factura energética tiene en su cuenta de resultados (del orden del 10% de los costes frente a valores sensiblemente superiores en otros medios de transporte), así como por la percepción de que ya es el modo de transporte más eficiente, los esfuerzos (y los resultados) en el ferrocarril han sido menos brillantes que en otros modos. El mantenimiento de la masa por plaza en valores del orden de 1.000 kg en trenes para servicios interurbanos, el aumento de los consumos de los servicios auxiliares o la disminución del número de pasajeros por tren en servicios interurbanos (que aleja al tren de su punto de funcionamiento óptimo, que es con alta densidad) han neutralizado las mejoras en materia de rendimientos.

En los servicios con frecuentes paradas y velocidades no muy altas resulta imprescindible lograr reducciones de la masa de los vehículos y de las masas rotativas. Para ello debe profundizarse en el empleo de trenes de dos pisos y de caja ancha y, sobre todo, utilizar

---

71 Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera (2006).

materiales ligeros (como el aluminio y la fibra de carbono), todo ello sin reducir las exigencias de seguridad. Así, mientras que la fibra de carbono ya se ha empezado a utilizar en la construcción de aviones, en el ferrocarril aún no han sido introducidos estos materiales más ligeros, salvo excepciones, como el prototipo de caja de fibra de carbono que construye el Metro de Madrid.

En los servicios dominados por la velocidad resulta imprescindible reducir las resistencias aerodinámicas y lograr vehículos con una forma y calidad superficial más adecuadas. La reducción de la “superficie mojada” por cada plaza (directamente asociada a las resistencias aerodinámicas de fricción, responsables de la mayor parte del consumo en alta velocidad), el replanteamiento de la cantidad de aire que entra en los vehículos, así como el momento en que lo hace, y una conducción más eficiente (que puede automatizarse en buena parte) son posibilidades interesantes de reducción del consumo energético.

Así, la necesidad de disponer de unidades tractoras de menor consumo debe ser relevante para propiciar un mayor esfuerzo de las compañías de fabricación de elementos de transporte ferroviario. La ponderación de los aspectos de consumo energético en la adquisición de nuevas unidades, y de forma especial cuando se trate de concursos, puede ser muy importante de cara a propiciar vehículos más eficientes energéticamente.

Por otro lado, el ahorro derivado de la mejora de los combustibles corresponde a las compañías petroleras. El sector petrolero mantiene programas de investigación y desarrollo específicos en muchos campos de aplicación, siendo especialmente relevantes en las áreas de desarrollo de tecnologías de exploración y producción o refino. En el área de combustibles los esfuerzos principales se dirigen a la fabricación de carburantes más respetuosos con el medio ambiente en cuanto a la reducción de todo tipo de emisiones. Así, la investigación en eficiencia energética está ligada a las reducciones de ratios de emisión, siendo las reducciones de consumo un efecto derivado de la evolución de los motores.

Por todo ello se puede concluir que las medidas tecnológicas han de ser implementadas por las empresas, como respuesta a las demandas del mercado y a las medidas regulatorias. Hay sectores que, por su propia configuración, impulsarán de forma natural el esfuerzo necesario en investigación y desarrollo que lleva a obtener motores de mejor eficiencia energética, como es el caso de la navegación aérea y, en menor medida, la marítima.

Sin embargo, otros segmentos, como el automovilístico, necesitan de un mayor impulso con objeto de generar demanda de vehículos energéticamente más eficientes. Las medidas regulatorias y las campañas de propaganda que explican la importancia de solicitar vehículos de este tipo pueden ser relevantes de cara a incentivar su demanda. En lo que respecta a las mejoras tecnológicas en otros campos, tales como el ferroviario, la elaboración de concursos de adquisición de material debería primar de forma especial aquellos que son energéticamente eficientes, propiciándose así los consiguientes esfuerzos en investigación y desarrollo de las empresas suministradoras.

También cabe destacar que la financiación de programas tecnológicos que incidan en aspectos de eficiencia tiene una gran relevancia y permitirá complementar los esfuerzos de la industria. De ahí la importancia de un Plan Estratégico de Tecnologías Energéticas que permita impulsar áreas como la optimización global de consumos, sistemas de inyección inteligente, utilización de materiales ligeros de alta tecnología o mejoras aerodinámicas. Los avances en el uso de plásticos o aluminio permiten pensar en reducciones del 30% en masa; General Motors ha alcanzado mejoras de hasta un 7% en coeficientes aerodinámicos en los últimos tiempos o ahorros en torno al 15% por sistemas de inyección directa.

Por último, es preciso indicar que el esfuerzo que ya se está llevando a cabo para desarrollar combustibles alternativos debe ser potenciado. El uso de fuentes de energías renovables y alternativas, tales como los biocombustibles, el gas natural y el hidrógeno, así como los combustibles sintéticos, pueden ser relevantes de cara a conseguir una matriz energética equilibrada, menos dependiente de las importaciones, y a propiciar la eficiencia energética. En este sentido, el Plan de Acción de Eficiencia Energética de la Comisión Europea, anteriormente citado, plantea intensificar los esfuerzos para desarrollar mercados para vehículos más limpios y más eficientes energéticamente, de acuerdo con la propuesta de Directiva sobre la promoción de vehículos por carretera limpios. En este punto, las actuaciones de las empresas privadas han de ser también potenciadas desde la Administración.

#### • Las medidas regulatorias

Las medidas regulatorias son aquéllas que provocan cambios en el comportamiento de los distintos agentes con objeto de mejorar la eficiencia energética en los medios de transporte mediante cambios normativos.

Estas medidas se pueden clasificar en medidas de movilidad urbana y cambio modal, medidas orientadas a la gestión de las infraestructuras, medidas de tipo fiscal y medidas de mejora técnica de los vehículos.

Las medidas de tipo regulatorio que afectan al cambio modal buscan nuevos formatos de movilidad que permitan ahorros en el consumo energético. En concreto se trata de implantar medidas o proyectos que resulten en una modificación de los hábitos de los usuarios, alcanzándose así mejores aprovechamientos energéticos.

La Agencia Internacional de la Energía ha evaluado el impacto de algunas de las medidas que podrían aplicarse en momentos de tensión en los mercados energéticos. Así, la prohibición de circulación de parte de los vehículos mediante criterios como, por ejemplo, el carácter par o impar de la matrícula tendría un impacto importante, permitiendo un ahorro superior a un millón de barriles diarios en el conjunto de los países que componen la Agencia. Otras medidas de ámbito local que mejorarían las *ratios* energéticas globales serían: la regulación específica de la carga y descarga de mercancías en los núcleos ur-



banos; cambios en la forma de regulación de los accesos y estacionamientos en las ciudades o la promoción de transportes que no utilicen fuentes energéticas fósiles.

En lo referente a las medidas de movilidad urbana y cambio modal, cabría incluir en primer lugar aquéllas que suponen limitaciones a la operativa actual, como la reducción en los límites de velocidad en vías interurbanas o la mencionada prohibición de circulación a ciertos vehículos (según matrícula u otro criterio), con un previsible efecto real en la reducción del consumo energético. Así, la reciente aplicación del carné de circulación por puntos ha supuesto una reducción real, al menos en los primeros meses, de la velocidad promedio en las carreteras en España y el consiguiente descenso en el consumo de carburantes. En concreto en el mes de agosto de 2006 el consumo de gasolinas alcanzó las 642 kt frente a 689 en el año anterior o 710 en 2004. Sin embargo, este tipo de medidas puede resultar impopular y las más drásticas en principio parecen sólo orientadas a momentos de crisis.

La aplicación de estas normas requiere modificaciones —en principio menores en el régimen regulatorio— y su aplicación sería inmediata. Tampoco necesitarían inversiones directas en infraestructuras para su aplicación. Sin embargo, la puesta en práctica, dado su carácter de prohibición, requeriría ir acompañada de medidas adicionales de vigilancia y otras de carácter punitivo. En cualquier caso, y dada la posibilidad de utilizar algunas de ellas de forma masiva en momentos de crisis, la Administración debe mantener actualizados los efectos y sistemas de su implantación.

En esta misma línea, en la actualidad el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio mantiene un Protocolo para actuación en caso de emergencia de productos petrolíferos que incluye medidas para su aplicación coordinada con la Agencia Internacional de la Energía. Actualmente, el Ministerio, junto con la Comisión Nacional de Energía y el sector petrolero, está revisando su actualización antes del primer semestre del 2007. La revisión periódica y sistemática de este conjunto de medidas es un buen sistema para asegurar el suministro en situaciones especiales de crisis.

Dentro del conjunto de medidas de cambio modal se incluyen también los planes de movilidad urbana para grandes núcleos urbanos. En concreto, el fomento del transporte público, la promoción de medios alternativos no demandantes de energía (en concreto bicicleta), o la regulación del uso de aparcamientos y horarios de carga y descarga supondrían ahorros relevantes. Su implantación requiere cambios regulatorios a nivel local y, a pesar de la resistencia inicial de los ciudadanos, éstos acaban teniendo una implantación sencilla. En algunos casos requieren acompañamiento de algunas inversiones en infraestructuras y, como todas las medidas dirigidas al usuario, implican campañas de explicación.

Cabe señalar la conveniencia de potenciar planes de transporte para empresas, que permitan reducir la utilización del transporte privado para el acceso a los puestos de trabajo. En este sentido sería oportuno analizar la oportunidad de incluir sistemas eficientes de transporte a los polígonos industriales como parte integrante de su autorización.

En lo referente al transporte de mercancías, es necesario incidir en la mejora del factor de carga. Esta *ratio* ya es asumida de forma natural por las empresas de transporte, que saben de la importancia de la optimización de este factor. Sin embargo, la atomizada flota de vehículos pesados en España no es el mejor modelo en este sentido. Sería preciso utilizar, en mayor medida, sistemas de gestión que facilitaran a los transportistas la eliminación de los retornos sin carga.

En el sector del transporte aéreo es necesario promover la eficiencia energética mediante la incorporación de las tecnologías más modernas a la gestión del tráfico en el marco del cielo único europeo<sup>72</sup>. Para ello será preciso, además, promover una mejora de las operaciones de las compañías mediante acuerdos voluntarios o estudiar sus intervalos desde el punto de vista de optimización del uso de combustible.

Por otro lado, el estímulo del cambio modal al transporte ferroviario y marítimo en largas distancias, y la optimización de la planificación de rutas y horarios es un factor importante de cara a la obtención de ahorros energéticos. En lo referente a la navegación marítima, es necesario explotar el potencial para optimizar la limpieza de los cascos de los barcos y promover el transporte marítimo a corta distancia (*short sea shipping*) y las autopistas del mar. Por último, habría que continuar con la revisión del marco legal para el transporte por ferrocarril. En lo referente a la gestión de infraestructuras, es preciso mencionar la participación en primera persona de las administraciones. En el ámbito del transporte por carretera, la creación y monitorización de carriles dedicados a vehículos de transporte público y alta ocupación es el complemento necesario para poder aplicar las medidas de comportamiento que se indicarán con posterioridad. Es preciso también que los diseños de redes viarias contemplen de forma obligatoria criterios de optimización energética, especialmente en la conectividad con otras redes de transporte e itinerarios complementarios. En este sentido, la creación de intercambiadores modales de transporte o la implantación de sistemas de información a usuarios que permitan a éstos disponer de información sobre los mejores trayectos a elegir también tiene repercusión en la eficiencia energética global.

En cuanto al transporte por ferrocarril, es preciso propiciar su mejora en la matriz de transporte. En concreto, continuar con el apoyo a los corredores de alta velocidad y con la adopción de las directrices de la normativa comunitaria liberalizadora supondrá una promoción de este tipo de transporte.

También durante la construcción de líneas ferroviarias y líneas de Metro y tranvías es preciso incidir en el diseño para que se tenga en cuenta la necesidad de reducir el consumo energético de los trenes que circularán. Así, homogeneizar las velocidades en la línea, eliminando reducciones puntuales de velocidad, y situar las estaciones y puntos de parada en cotas que optimicen las frenadas serían medidas de relevancia para la optimización energética.

---

72 Programa SESAR.

Por otro lado, el sistema de electrificación debiera permitir el freno regenerativo de los trenes para poder aprovechar la energía devuelta a la catenaria. Hay que estudiar la mejor forma de aprovechar esta energía cuando no sea posible su uso en el mismo instante por otro tren mediante el aumento de longitud de las secciones conectadas eléctricamente, la conexión de la catenaria a otros consumidores del sistema ferroviario (estaciones, por ejemplo), el empleo de la energía regenerada para los servicios auxiliares del propio tren, o la acumulación en puntos fijos, para así reducir los consumos netos del sistema ferroviario y en ocasiones las puntas que se producen en los momentos de arranque. Dependiendo de la posibilidad de aprovechar la energía regenerada, deben diseñarse sistemas de conducción eficiente, estimular a los maquinistas para que reduzcan el consumo, con el apoyo de sistemas de automatización.

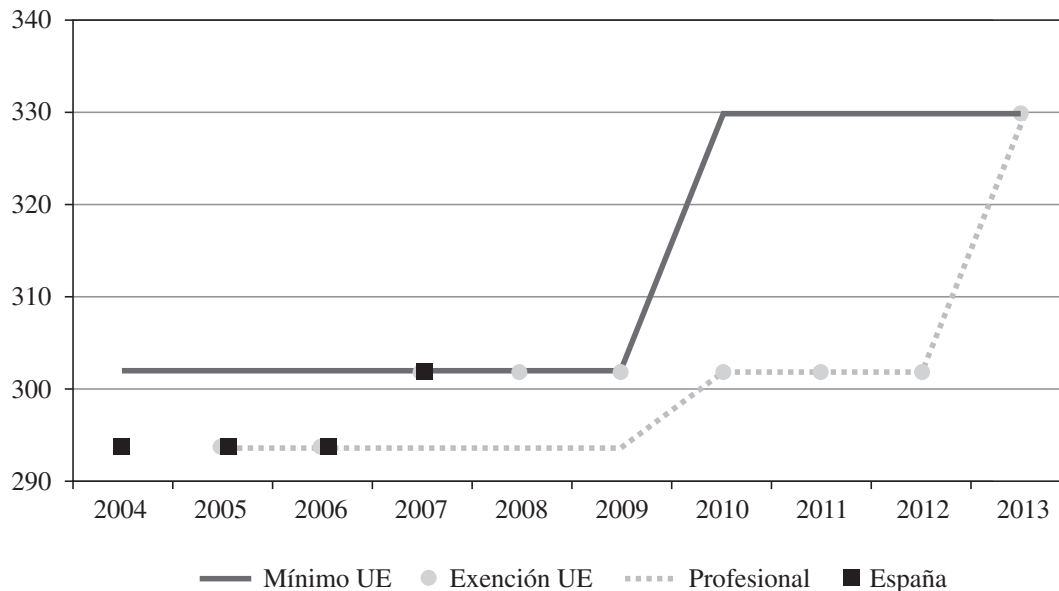
Otro tanto ocurre con el transporte marítimo. La creación de plataformas de conexión ferroviaria y marítima permitiría la optimización del transporte con la consiguiente mejora energética. Del mismo modo, el fomento de transporte marítimo a corta distancia en áreas concretas también tendría efectos del mismo tipo. En cualquier caso, la implantación de estos sistemas requiere actuaciones regulatorias en la normativa de concesiones para la explotación de los servicios públicos de transporte e inversiones relevantes por parte de la Administración.

Por su parte, las medidas de tipo fiscal son un instrumento de gran importancia en las políticas de mejora de eficiencia. Su aplicación es inmediata y no requieren inversiones importantes en infraestructuras. Sin embargo, al suponer una modificación en el esquema impositivo, según los casos, pueden provocar reacciones adversas de los ciudadanos. Así, la revisión del esquema de tasación energética y la aplicación de disposiciones especiales en cuanto a la imposición del gasóleo con objeto de reducir las diferencias entre los Estados miembros de la Unión Europea son medidas que ya se están considerando.

La imposición del gasóleo es inferior a la de las gasolinas en la gran mayoría de los países de la Unión Europea. Esto provoca un consumo desequilibrado de ambos carburantes, siendo muy superior la demanda de gasóleo particular por esta causa. Con ello se está provocando un desequilibrio en los esquemas de refino que deben cubrir la demanda de este producto a costa de tener que fabricar gasolinas con destino a la exportación. Una tasación equilibrada de ambos carburantes, al menos para el sector de automoción particular, permitiría un mejor aprovechamiento energético global de los esquemas de refino y, por lo tanto, una mejor eficiencia energética.

Además, es preciso un equilibrio entre los sistemas de tasación de los carburantes a lo largo de todos los Estados de la Unión y, dentro de ellos, de todas las regiones. Con ello se reducirían desplazamientos innecesarios con objeto de cargar carburante para aprovechar las ventajas fiscales en las zonas de frontera, hecho éste que afecta de forma concreta al transporte de mercancías. En este sentido ya existen planes de convergencia en el seno de la Unión Europea que permitirían alcanzar estos objetivos, según se muestra en la Directiva 2003/96/CE. Estos efectos, sin embargo, no han sido suficientemente estudiados.

**Gráfico 8. Imposición del gasóleo de automoción en la Directiva 2003/96/CE (cent. euros/m<sup>3</sup>)**



Fuente: Unión Europea y elaboración propia

Por otro lado, puede ser conveniente introducir cambios en la tasación de la venta de vehículos industriales y particulares, de modo que estén primados aquéllos que aporten tecnologías de ahorro energético, lo que puede suponer un incentivo real tanto para las empresas fabricantes como para los compradores. Las medidas deberían materializarse en los impuestos de matriculación. Medidas del tipo Plan Prever para fomento de sustitución de turismos antiguos tienen un impacto relevante a la hora de sustituir vehículos poco eficientes por otros más modernos.

Además, cabe destacar que se está progresando en la adopción de la propuesta de la Comisión Europea COM(2005) 261, que relaciona la tasación de los vehículos con las emisiones de CO<sub>2</sub>, que incidirá positivamente de cara a incrementar la eficiencia energética del transporte. También convendría incluir referencias más explícitas a estos asuntos en las estrategias europeas para cumplir los compromisos internacionales de limitación de emisión de gases de efecto invernadero.

Por último, también desde las administraciones locales es posible fomentar el uso de medios de transporte más eficientes. El uso de transporte colectivo o las medidas enunciadas para el cambio de hábito de los usuarios en el uso de medios de transporte puede ser incentivado por medio de medidas fiscales o tasaciones diferenciales.

### • Las medidas de comportamiento

Las medidas de comportamiento son aquéllas que se centran en mejorar las *ratios* de eficiencia energética en el transporte, modificando ciertos hábitos energéticamente ineficientes de los consumidores. Estas medidas no deben suponer modificaciones legislativas o regulatorias y deben poderse aplicar con las infraestructuras actuales de transporte. Por su propia naturaleza, van dirigidas a particulares y usuarios de un medio de transporte de su propiedad. También, en algunos casos, afectarían a compañías dedicadas al transporte colectivo.

En concreto, se pueden identificar los siguientes grupos de medidas: mejoras en el mantenimiento de los vehículos, mejoras en los hábitos de conducción, utilización conjunta de vehículos privados (*car pooling*) y modificación en los hábitos laborales. Se trata de medidas que han de ser puestas en práctica casi exclusivamente por particulares, para lo cual deben ser incentivadas externamente. Por ello, como en el resto de casos, la clave del éxito en su implementación es que los sujetos obtengan beneficios reales por los cambios apuntados. En estos casos, la mejora debe estar necesariamente fundamentada en aspectos de ahorro de tiempo y, en menor medida, directamente económicos. En la mayoría de los casos serán precisas campañas de difusión para el público en general.

En lo referente a las mejoras en el mantenimiento de los vehículos, es preciso indicar que, aparentemente, no existe una clara concienciación de las ventajas que aporta, desde el punto de vista de eficiencia energética, para el gran público. Como consecuencia, tampoco parece que el usuario detecte esta posibilidad como un claro beneficio distinto de la seguridad vial. Sin embargo, es preciso concienciar al usuario de la importancia que tiene desde un punto de vista energético un correcto mantenimiento de la presión de los neumáticos de los vehículos, la correcta situación de niveles y filtros o la vigilancia de la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado.

En este aspecto las administraciones han sido muy cuidadosas en fomentar aspectos relacionados con la seguridad, obligando, por ejemplo, a la realización de inspecciones periódicas de tipo técnico (en concreto las Inspecciones Técnicas de Vehículos –ITV– en España). Sería preciso utilizar estas plataformas para promover una conciencia sobre la importancia de un adecuado mantenimiento energético de los vehículos.

También podría ser conveniente desarrollar una norma europea específica relativa a la resistencia de los neumáticos, implementar un sistema de etiquetado y establecer acuerdos voluntarios para sistemas de control y seguimiento de su presión. También habría que incidir en las *ratios* de eficiencia de los sistemas de aire acondicionado de los automóviles. Las modificaciones deberían ser de diferente grado, según estuvieran dirigidas a usuarios particulares o a empresas de transporte, siendo éstas últimas de mayor alcance.

Todo ello habría de ser completado con campañas de información a usuarios y un estudio de modificación de la normativa europea de referencia y, en concreto, de la Directiva

1999/94 sobre información al consumidor (etiquetado) de la eficiencia energética de los vehículos.

Un aspecto complementario del anterior se refiere a los modos de conducción eficiente. Así, concienciar a los usuarios para la utilización correcta del cambio de marcha, evitar los consumos extraordinarios en situaciones de ralentí, gestionar adecuadamente la velocidad de circulación o gestionar el arranque de los vehículos tendría un efecto relevante para alcanzar ahorros. Con una mejor gestión de estos aspectos será posible alcanzar ahorros entre un 10% a un 25% de carburante<sup>73</sup>. Los hábitos automovilísticos deben ser inculcados desde el origen, por lo que sería preciso incluir en los programas de formación de nuevos conductores criterios orientados a una conducción eficiente desde el punto de vista energético en mayor medida de lo que se realiza hasta ahora. Para ello habrá que requerir a las autoescuelas un mayor esfuerzo en este sentido, propiciando la formación precisa de profesores.

Por parte de la administración es necesario, también, dotar de mayor relevancia a este capítulo incluso en los requerimientos de examen. Las campañas publicitarias y de formación general son necesarias tal y como ya se está haciendo con las denominadas Las 10 claves de la conducción eficiente, editadas conjuntamente por distintos organismos<sup>74</sup>, y el citado Manual de conducción económica. Estas conclusiones serían aplicables, incluso en mayor medida, al sector de transporte de mercancías. La conducción eficiente de autobuses y camiones podría alcanzar mejores *ratios* mediante la calificación reconocida de conductores profesionales habilitados para este tipo de conducción o la calificación de empresas que dispongan de este personal.

La regulación del tráfico mediante sistemas que propicien de forma indirecta una mayor eficiencia energética es también deseable. Para ello sería precisa por parte de la administración una revisión de la normativa de circulación desde este punto de vista.

El impacto de este tipo de medidas en otros sectores del transporte (ferrocarril, naval o aeronáutico) no resulta ser tan directo por su propia naturaleza. Tan sólo en el sector aéreo se pueden efectuar ciertas recomendaciones. En concreto, se trataría de mejorar tanto las operaciones de despegue, aterrizaje o aproximación como de optimizar las operaciones de abastecimiento de aeronaves. En estos casos es precisa la participación de las autoridades aeroportuarias y de las propias compañías aéreas, para lo cual sería oportuno acometer una reflexión específica.

El fomento de la utilización óptima de vehículos privados es una de las medidas que ha sido estudiada con mayor profusión. La Agencia Internacional de la Energía ha valorado

---

73 Manual de conducción económica del IDAE y RACC.

74 Las 10 claves de la conducción eficiente de IDAE, DGT, AOP, ANFAC, RACE, ANIACAM y Repsol.

el impacto que podría tener la implantación de este tipo de medidas, que abarcan desde un ahorro potencial de más de un millón de barriles al día para los países encuadrados en la Agencia, caso de aplicarse de forma drástica, hasta valores cercanos a los 100.000 barriles, si las medidas fueran sólo de tipo informativo.

En concreto, se trata de medidas que pretenden el uso compartido de vehículos para evitar desplazamientos con baja ocupación. Sin embargo, el incentivo para la implantación no es inmediato para el conductor, salvo que sea una obligación impuesta por la administración o proporcione un beneficio en cuanto al tiempo de desplazamiento. Un ejemplo de lo segundo son los carriles exclusivos (tipo Bus Vao en la ciudad de Madrid), que sólo pueden ser utilizados por vehículos con una ocupación mínima.

La graduación de la medida puede ir desde la simple información hasta facilitar el contacto entre personas que utilicen trayectos similares, y hasta grandes programas. Estos últimos abarcarían la construcción de autovías para uso libre de vehículos compartidos y prohibición o penalización para los de baja ocupación, y la construcción de áreas de aparcamientos especiales. En cualquier caso la información al usuario de los beneficios alcanzables es esencial. Para una buena implantación sería precisa también la intervención de las administraciones que generarían las infraestructuras precisas, de especial relevancia en las más importantes áreas metropolitanas.

Por último, la modificación de los hábitos laborales supone una posibilidad de ahorro energético en el transporte de gran potencial. En concreto, la implantación de jornadas laborales comprimidas trabajando menos días, pero el mismo número de horas. Esta fórmula, según datos de la AIE, podría llegar a representar ahorros cercanos al 1% del consumo global de crudo. Este cambio en el hábito de trabajo tiene más posibilidades de aplicación, según el tipo de actividad laboral. Profesiones liberales o no sujetas a horarios concretos podrían alcanzar ahorros significativos en este punto. No es así de fácil en empresas que han de mantener pautas comunes de trabajo respecto a clientes, proveedores o competidores. Sin embargo, esta opción se debe tratar de aplicar implantando, en lo posible, horarios que fomenten el ahorro global en el transporte. En este capítulo la posibilidad de usar el teletrabajo tendría efectos similares a la aplicación de los horarios flexibles.

En definitiva, las medidas de cambio en el comportamiento presentan un potencial estimable en cuanto a ahorro energético, pero con algunas consideraciones especiales. Al tratarse de medidas cuyo motor es la decisión de los individuos, es necesario promover información y, además, propiciar las condiciones mediante incentivos. La información debe ser efectuada por los distintos organismos y plasmarse en campañas de concienciación. En cuanto a las condiciones, van desde el reconocimiento de las habilidades obtenidas por el manejo eficiente de vehículos para profesionales hasta la creación de infraestructuras especialmente dedicadas al movimiento eficiente de pasajeros, mediante carriles o autovías especiales.

En conclusión, las medidas incluidas en este estudio cubren las más relevantes de cara a la mejora de la eficiencia energética en el transporte. En su mayor parte han sido previamente enunciadas por diversos organismos. Así, en la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 se detallan un buen número de medidas y los obstáculos y barreras para su aplicación. De cara a su elaboración se cuantificaron también las repercusiones en cuanto a ahorros energéticos que podrían suponer las más relevantes de acuerdo con la estrategia. Tanto para las medidas incluidas en la estrategia E4 como otras adicionales que se puedan implantar, cabe destacar la importancia de realizar un seguimiento estrecho de su aplicación, cuantificar los ahorros realmente alcanzados y realizar acciones para enmendar los posibles problemas y desviaciones que surjan, así como mantener una constante vigilancia sobre nuevas medidas que puedan ponerse en práctica.



## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Recomendaciones para el sector de la edificación

Se recapitulan a continuación las principales recomendaciones para desarrollar el potencial de ahorro y eficiencia energética en el sector de la edificación:

- Modificar la normativa de regulación energética, orientándola a unos objetivos claros y acordes con el nivel de exigencia que demanda la situación actual. En concreto, se debería aumentar el nivel de exigencia del CTE, tanto en lo que concierne a los límites de demanda permitidos como a la contribución de las energías renovables.
- Emplear un indicador único para la regulación y certificación energética de los edificios. Este indicador debe ser transparente y orientado a los objetivos perseguidos, por lo que debería adoptar la forma de los kWh/m<sup>2</sup>-a de energía primaria total consumida por el edificio bajo unas condiciones estándar de uso.
- Tratamiento adecuado de las aportaciones de energías renovables en el sector edificación. Para ello, y con el fin de garantizar el uso eficiente de la inversión en sistemas de energías renovables, las exigencias de ahorro y eficiencia energética, tanto a nivel regulatorio como de certificación, mientras se refieran exclusivamente a la demanda de energía para la operación de los edificios, deberían establecerse en dos niveles: un primer nivel en el que se limite el máximo consumo de energía (kWh/m<sup>2</sup>-a) procedente de sistemas activos (convencionales más renovables), y un segundo nivel con una exigencia de cobertura mínima con renovables del consumo de energía total. En un futuro convendría evolucionar hacia unas exigencias de ahorro y eficiencia energética en el ciclo de vida del edificio y sus sistemas, en cuyo caso ya no sería necesaria la matización anterior, y se potenciaría la optimización del conjunto.
- Eliminar las discriminaciones climáticas y de compacidad sobre el consumo energético permitido para los edificios, tanto en el marco de la regulación como en el de la certificación, pues envían señales erróneas al mercado de la construcción, que desvían la evolución del parque de edificios de la deseable para alcanzar los objetivos energético-ambientales requeridos.

- Potenciar un proceso de certificación energética periódica, creíble y con capacidad real de impulsar el sector más allá de los requerimientos normativos. Esta certificación energética, con un carácter obligatorio, tanto para edificios nuevos como para los existentes, debería apoyarse en el indicador apropiado (kWh/m<sup>2</sup>-a).
- Incorporar el concepto de plan energético asociado al proceso de certificación de edificios. En este plan se incluirían medidas de ahorro y eficiencia energética valoradas desde un punto de vista técnico-económico que permitieran guiar y potenciar el proceso de mejora del edificio a lo largo del tiempo, cuantificando su implicación real en las certificaciones posteriores.
- Prestar mayor atención a las medidas necesarias sobre el parque de edificios existente, incorporando procesos de certificación efectivos.
- Potenciar la aplicación de las herramientas más avanzadas de análisis energético de los edificios, con capacidad de valorar correctamente las distintas opciones disponibles para reducir su consumo energético, permitiendo, por tanto, diseñar correctamente edificios más eficientes. Eliminar las barreras asociadas a la imposición de herramientas de cálculo con limitaciones, tanto para regulación como para certificación.
- Promover una mayor capacitación en el sector de la edificación, haciendo especial hincapié en los aspectos energéticos.
- Incorporar, como mínimo en los procesos de certificación, consideraciones de niveles de confort alcanzados y de consumo en ciclo de vida.
- Limitar las competencias municipales en términos de los aspectos energéticos y de sostenibilidad de la edificación, proporcionando una participación cualificada de nivel superior.
- Incorporar consideraciones energéticas en el desarrollo de las normas subsidiarias municipales y en los planes generales de ordenación urbana, con la participación de técnicos capacitados en estas áreas y con un control cualificado de nivel superior.
- Potenciar, tanto a nivel regulatorio como de certificación, así como mediante incentivos económicos<sup>75</sup>, y desde las etapas iniciales del proyecto, la incorporación de profesionales cualificados para llevar a cabo los aspectos energéticos del edificio.

---

75 Así, cabría, por ejemplo, ligar la concesión de apoyos económicos a la demostración que desde un principio del proyecto del edificio y a lo largo de todo su desarrollo se ha integrado la ingeniería bioclimática.

- Introducir un mayor énfasis en el control durante la ejecución y *a posteriori* sobre el cumplimiento de objetivos de proyecto.
- Incentivar y apoyar a las empresas de servicios energéticos (ESCOS) de energía solar, que proporcionen una garantía sobre la producción de los sistemas de energías renovables de los edificios, evolucionando desde las exigencias normativas actuales relativas a la instalación hacia unas exigencias de desempeño real en términos energéticos.
- Potenciar el aprovechamiento de la energía térmica residual del proceso de generación de las centrales termoeléctricas mediante redes de distrito para calefacción, refrigeración y ACS, con una escala adecuada al potencial disponible de biomasa energética en España.

El gran peso relativo del sector edificación en la demanda energética potencial en España, junto con su gran inercia y la dificultad de introducir medidas efectivas de corto tiempo de respuesta, lo convierten en un sector crítico para conseguir un modelo energético más sostenible. *A priori* parece que la mejor forma de manejar la problemática energética de este sector es mediante actuaciones dentro de él, pero también es cierto que hasta la fecha estas actuaciones han tenido una escasa incidencia, y que la actual urgencia por introducir un cambio drástico puede requerir actuaciones con tiempos de respuesta considerablemente inferiores al que han demostrado hasta la fecha las actuaciones dentro del sector. Por tanto, no se debieran dejar de lado las posibilidades de resolver (al menos durante un periodo transitorio) la problemática energética del sector de la edificación desde otros sectores.

Una de estas opciones consistiría en una reconversión del sector de generación de electricidad hacia una senda de mayor sostenibilidad. El análisis de la viabilidad técnica de los sistemas de generación eléctrica basados en energías renovables, iniciado en IIT (2005) y continuado en la próxima publicación de la segunda parte de este estudio (IIT, 2006), muestra la conveniencia de integrar los distintos componentes de la demanda energética para facilitar un mejor aprovechamiento de las inversiones en sistemas de generación basados en energías renovables. Suponiendo una elevada participación de las energías renovables en el *mix* de generación de electricidad, se dispondría de un importante excedente de capacidad de generación eléctrica que podría emplearse para cubrir toda o parte de la restante demanda energética, entre la que ocupa un lugar destacado la del sector de la edificación, siempre que se contase con una red inteligente capaz de gestionar adecuadamente las distintas demandas energéticas y la capacidad de generación. Esta red inteligente de transporte energético y de información es de esperar que esté disponible a medio plazo (Ministerio de Medio Ambiente, 2006), lo que es necesario para superar las barreras que impiden al sector edificación dar una respuesta suficientemente contundente a su problemática energética.

## 4.2 Recomendaciones para el sector del transporte

Éstas son las principales recomendaciones para mejorar la eficiencia y promover el ahorro de energía en el sector del transporte.

- Se debe mejorar la evaluación y el seguimiento de los parámetros de eficiencia energética. Las *ratios* actuales no cubren la totalidad de los aspectos que influyen en la medida de la eficiencia, ya que, en muchos casos, emplean valores estándar para cada modo de transporte y tipo de servicio. En otros casos ni siquiera se dispone de datos básicos fiables, como en el transporte privado de personas.
- Es, por tanto, necesario diseñar un nuevo modelo de medición de la eficiencia energética en el transporte que abarque todos sus aspectos. Para ello sería preciso identificar un organismo responsable de la definición, cálculo y seguimiento de los parámetros y de evaluar los grados de cumplimiento de los distintos objetivos. La participación de organismos sectoriales independientes se estima imprescindible, pudiendo llegar a recaer en ellos la totalidad de esta función.
- Los avances tecnológicos de los medios de transporte han demostrado tener una incidencia positiva en su consumo energético. Debe hacerse uso de estos avances en los sistemas de propulsión, eliminación de peso mediante el uso de nuevos materiales, mejoras en los coeficientes aerodinámicos o en la tecnología de carburantes.
- La aplicación de estas medidas corresponde a las empresas que suministran los vehículos o los combustibles, por lo que corresponde en principio a la iniciativa privada. Sin embargo, las administraciones deben estimular este desarrollo, ya sea mediante la exigencia de utilización de las mejores tecnologías disponibles en aquellos ámbitos que son de su incumbencia (en concreto concursos públicos), como mediante el apoyo a institutos de investigación en sistemas de transporte. También se considera conveniente establecer ayudas directas a la investigación en estos campos.
- Se deben introducir mejoras tecnológicas en la forma de uso, como los sistemas de optimización logística del transporte de mercancías o los avances en los sistemas automáticos de conducción de aeronaves o del ferrocarril.
- Se deben introducir las oportunas modificaciones en la regulación energética y del transporte. Es esencial la participación de las administraciones en la búsqueda de una normativa que fomente modos de transporte más eficientes.
- Se deben mejorar los planes de movilidad mediante el fomento del transporte público, la promoción de medios alternativos no demandantes de energía, como el caso de la bicicleta, cuando sea posible, el ajuste de las velocidades máximas de circulación o la

regulación de los usos de aparcamientos y horarios de carga y descarga. Por otro lado, también es necesario mantener actualizadas medidas de aplicación en caso de emergencia, que en principio sólo se aplicarían de forma transitoria.

- Las infraestructuras de transporte deben diseñarse de forma que procuren la mejora de las *ratios* energéticas. El diseño de vías de comunicación que primen el transporte público o para vehículos de alta ocupación, el estudio de vías que consideren la conectividad con otros medios de transporte, el apoyo a los corredores ferroviarios de alta velocidad o el fomento del transporte marítimo de mercancías a corta distancia deben propiciarse mediante los cambios normativos y regulatorios adecuados.
- Dentro del conjunto de medidas regulatorias, la normativa fiscal es una de las opciones más poderosas cuando se trata de modificar los hábitos de utilización y la promoción de los distintos modos de transporte. Es preciso revisar el esquema de tasación energética de todos los tipos de transporte con objeto de fomentar aquellos que aportan mejor eficiencia y, dentro de los derivados del petróleo, estudiar la aplicación de los impuestos de hidrocarburos para buscar alternativas de uso más eficientes. En concreto, es preciso revisar la normativa para equilibrar los consumos tanto de los distintos tipos de carburantes como de las distintas áreas geográficas. En este aspecto la participación de los organismos reguladores energéticos es tan importante como la de las entidades a cargo de los aspectos fiscales.
- La concienciación de los usuarios es fundamental a la hora de mejorar los indicadores de eficiencia en el transporte. Para ello es necesario incidir en campañas de concienciación que hagan ver la importancia de vigilar los hábitos de movilidad. Estas campañas deben mostrar con claridad las ventajas que se obtienen para cada individuo del uso eficiente de los distintos modos de transporte.
- Las mejoras en los hábitos de conducción y mantenimiento de los vehículos, ya sean particulares o profesionales, tienen un potencial de ahorro energético relevante. Es preciso incidir en estos criterios a la hora de conceder permisos de conducción, calificación de conductores o certificación de calidad de empresas.
- Se debe estudiar y, en su caso, fomentar la utilización conjunta de vehículos, la posible modificación de los horarios laborales o, incluso, el teletrabajo, por su potencial de ahorro muy relevante, aún por explorar. Estas medidas pueden requerir, en algunos casos, cambios en las infraestructuras. En cualquier caso, se precisan, también, campañas de concienciación y un estudio detallado del potencial real de ahorro.
- Por último, es necesario hacer llegar al consumidor la importancia que tiene su actuación individual en la mejora de la eficiencia energética. El transporte es un pilar esencial en la sociedad y, dado que en una parte muy importante hace uso de energías de origen fósil, es necesario concienciar al ciudadano de la importancia de una utilización

responsable en busca de un desarrollo más sostenible. La responsabilidad de las administraciones y empresas es también fundamental en su ámbito.

## Índice de Tablas y Gráficos

### Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Consumo anual de energía y desplazamientos<br>(megajulios por habitante) según densidad y elección modal ..... | 50 |
| Tabla 2. Niveles de eficiencia en la Unión Europea para distintos tipos<br>de transporte en 2004 .....                  | 54 |

### Gráficos

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1. Desglose del consumo final energético en España en 2004 .....  | 9  |
| Gráfico 2. Distribución de edades del parque de viviendas .....   | 16 |
| Gráfico 3. Distribución de la demanda energética en el subsector residencial<br>y en el no residencial .....      | 18 |
| Gráfico 4. Caracterización del consumo energético en el sector del transporte .....                               | 47 |
| Gráfico 5. Movilidad urbana e interurbana para el transporte de viajeros<br>y de mercancías .....                 | 48 |
| Gráfico 6. Eficiencia del transporte de viajeros y mercancías .....   | 52 |
| Gráfico 7. Evolución del consumo en la Unión Europea (litros/100 km) .....  | 61 |
| Gráfico 8. Imposición del gasóleo de automoción en la Directiva 2003/96/CE<br>(cent. euros/m <sup>3</sup> ) ..... | 68 |

## Bibliografía

- CNE y Club Español de la Energía (2002), Consumo de energía y crecimiento económico: Análisis de la eficiencia energética de los principales países de la OCDE y de España.
- Comisión Europea (2001), Libro Blanco La política Europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad COM(2001) 370 final.
- Comisión Europea (2000), Libro Verde Hacia una estrategia europea de seguridad de abastecimiento energético COM(2000) 769.
- Comisión Europea (2006), Libro Verde Estrategia Europea para una energía sostenible, competitiva y segura COM(2006) 105 final.
- Comisión Europea (2005), Libro Verde sobre la eficiencia energética o cómo hacer más con menos COM (2005) 265 final, Comisión Europea.
- De Miguel, C., Linares, P., Menéndez, E., Pardo, M., Pérez Arriaga, J. I., y Sánchez de Tembleque, L. J. (2005), El desarrollo energético insostenible, en La situación de España en 2005. Fundación Encuentro.
- EC (2003), European Energy and Transport Trends to 2030, Directorate General for Energy and Transport.
- EEA (2003), European Energy Agency, TERM 2003 27 EEA 31.
- EEA (2004), European Environmental Agency. Signals 2004, Copenhagen.
- EREC (2005), Joint Declaration for a European Directive to Promote Renewable Heating and Cooling.
- Euractiv.com. "Alternative fuels for transport", Septiembre 2006.
- García-Casals, X. (2004), Regulación y Certificación Energética de Edificios: Asignatura Pendiente en España, IIT-04-022I.
- García-Casals, X. (2007), Potencial de la ingeniería bioclimática y las renovables en el sector edificación (escenario 2050), Era Solar, 137.
- IDAE (2001), Eficiencia Energética y Energías Renovables. Abril 2001. IDAE.
- IDAE (2005a), Plan de Acción 2005-2007 se la Estrategia de Eficiencia Energética, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio-IDAE.
- IDAE (2005b), Plan de fomento de las energías renovables. IDAE.
- IDAE (2006a), Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales.



- IDAE (2006b), Manual de conducción eficiente para conductores del Parque Móvil del Estado.
- IDAE (2006c), Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de transporte al centro de trabajo (PTT).
- IDAE (2006d), Guía práctica para la elaboración e Implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS).
- IDAE (2006e), Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera.
- IEA (2006), Energy Balances of OECD Countries.
- IIT (2005), Renovables 2050: Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular, Greenpeace.
- IIT (2006), Renovables 100%: Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica, Greenpeace.
- INE (2006), Contabilidad Nacional de España, <http://www.ine.es/> (1/9/2006).
- Mendiluce (2006), Cómo afectan los cambios estructurales a la intensidad energética en España, Trabajo de Investigación Tutelada, Universidad de Comillas, Madrid.
- Ministerio de Fomento (2006), Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte, Ministerio de Fomento, <http://www.fomento.es/> (1/11/2006).
- Ministerio de Fomento (2004), Anuario 2004.
- MIN (2004), Boletín trimestral de coyuntura energética, nº 36. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- MIN (2005), La energía en España 2005. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Mineco (2001), La energía en España 2001. Ministerio de Economía.
- Mineco (2002), Documento de planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2001. Ministerio de Economía.
- Mineco (2003), E4 Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012, Ministerio de Economía.
- Mineco (2003b), La energía en España 2002. Ministerio de Economía.
- MMA (2006), Comunicación a la Comisión Europea del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en España años 1990-2004, Madrid.
- OSE (2005), Observatorio de Sostenibilidad en España 2005, Ministerio de Medio Ambiente, Fundación Biodiversidad, Fundación Universidad de Alcalá.
- Pardo, M., Pérez Arriaga, J. I., y Sánchez de Tembleque, L. J. (2005), La Gestión de la Demanda de Electricidad. Fundación Alternativas.

PNUD (2000), World Energy Assessment. United Nations Development programme (UNDP), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), The World Energy Council (WEC).

PREDAC project (2003), Guide for a Building Energy Label, [http://www.cler.org/predac/IMG/pdf/WP4\\_guide\\_interior.pdf](http://www.cler.org/predac/IMG/pdf/WP4_guide_interior.pdf).

Santamorius, M. (ed.) (2005), Energy Performance of Residential Buildings. A practical guide for energy rating and efficiency, James&James.

ST-ESCOS project (2006), Policy Paper: Promoting Solar Thermal Energy Service Companies, Intelligent Energy Europe, [www.stescos.org](http://www.stescos.org).

UITP (2005), Informe 2006 del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, Universidad Politécnica de Madrid.

## Documentos de trabajo publicados

- 1/2003. **Servicios de atención a la infancia en España: estimación de la oferta actual y de las necesidades ante el horizonte 2010.** María José González López.
- 2/2003. **La formación profesional en España. Principales problemas y alternativas de progreso.** Francisco de Asís de Blas Aritio y Antonio Rueda Serón.
- 3/2003. **La Responsabilidad Social Corporativa y políticas públicas.** Alberto Lafuente Félez, Víctor Viñuales Edo, Ramón Pueyo Viñuales y Jesús Llaría Aparicio.
- 4/2003. **V Conferencia Ministerial de la OMC y los países en desarrollo.** Gonzalo Fanjul Suárez.
- 5/2003. **Nuevas orientaciones de política científica y tecnológica.** Alberto Lafuente Félez.
- 6/2003. **Repensando los servicios públicos en España.** Alberto Infante Campos.
- 7/2003. **La televisión pública en la era digital.** Alejandro Perales Albert.
- 8/2003. **El Consejo Audiovisual en España.** Ángel García Castillejo.
- 9/2003. **Una propuesta alternativa para la Coordinación del Sistema Nacional de Salud español.** Javier Rey del Castillo.
- 10/2003. **Regulación para la competencia en el sector eléctrico español.** Luis Atienza Serna y Javier de Quinto Romero.
- 11/2003. **El fracaso escolar en España.** Álvaro Marchesi Ullastres.
- 12/2003. **Estructura del sistema de Seguridad Social. Convergencia entre regímenes.** José Luis Tortuero Plaza y José Antonio Panizo Robles.
- 13/2003. **The Spanish Child Gap: Rationales, Diagnoses, and Proposals for Public Intervention.** Fabrizio Bernardi.
- 13\*/2003. **El déficit de natalidad en España: análisis y propuestas para la intervención pública.** Fabrizio Bernardi.
- 14/2003. **Nuevas fórmulas de gestión en las organizaciones sanitarias.** José Jesús Martín Martín.
- 15/2003. **Una propuesta de servicios comunitarios de atención a personas mayores.** Sebastián Sarasa Urdiola.
- 16/2003. **El Ministerio Fiscal. Consideraciones para su reforma.** Olga Fuentes Soriano.
- 17/2003. **Propuestas para una regulación del trabajo autónomo.** Jesús Cruz Villalón.
- 18/2003. **El Consejo General del Poder Judicial. Evaluación y propuestas.** Luis López Guerra.
- 19/2003. **Una propuesta de reforma de las prestaciones por desempleo.** Juan López Gandía.
- 20/2003. **La Transparencia Presupuestaria. Problemas y Soluciones.** Maurici Lucena Betriu.
- 21/2003. **Análisis y evaluación del gasto social en España.** Jorge Calero Martínez y Mercè Costa Cuberta.
- 22/2003. **La pérdida de talentos científicos en España.** Vicente E. Larraga Rodríguez de Vera.
- 23/2003. **La industria española y el Protocolo de Kioto.** Antonio J. Fernández Segura.
- 24/2003. **La modernización de los Presupuestos Generales del Estado.** Enrique Martínez Robles, Federico Montero Hita y Juan José Puerta Pascual.
- 25/2003. **Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad.** Carme Miralles-Guasch y Àngel Cebollada i Frontera.
- 26/2003. **La salud laboral en España: propuestas para avanzar.** Fernando G. Benavides.
- 27/2003. **El papel del científico en la sociedad moderna.** Pere Puigdomènech Rosell.
- 28/2003. **Tribunal Constitucional y Poder Judicial.** Pablo Pérez Tremps.
- 29/2003. **La Audiencia Nacional: una visión crítica.** José María Asencio Mellado.
- 30/2003. **El control político de las misiones militares en el exterior.** Javier García Fernández.
- 31/2003. **La sanidad en el nuevo modelo de financiación autonómica.** Jesús Ruiz-Huerta Carbonell y Octavio Granado Martínez.

- 32/2003. **De una escuela de mínimos a una de óptimos: la exigencia de esfuerzo igual en la Enseñanza Básica.** Julio Carabaña Morales.
- 33/2003. **La difícil integración de los jóvenes en la edad adulta.** Pau Baizán Muñoz.
- 34/2003. **Políticas de lucha contra la pobreza y la exclusión social en España: una valoración con EspaSim.** Magda Mercader Prats.
- 35/2003. **El sector del automóvil en la España de 2010.** José Antonio Bueno Oliveros.
- 36/2003. **Publicidad e infancia.** Purificación Llaquet, M<sup>a</sup> Adela Moyano, María Guerrero, Cecilia de la Cueva, Ignacio de Diego.
- 37/2003. **Mujer y trabajo.** Carmen Sáez Lara.
- 38/2003. **La inmigración extracomunitaria en la agricultura española.** Emma Martín Díaz.
- 39/2003. **Telecomunicaciones I: Situación del Sector y Propuestas para un modelo estable.** José Roberto Ramírez Garrido y Juan Vega Esquerrá.
- 40/2003. **Telecomunicaciones II: Análisis económico del sector.** José Roberto Ramírez Garrido y Álvaro Escribano Sáez.
- 41/2003. **Telecomunicaciones III: Regulación e Impulso desde las Administraciones Públicas.** José Roberto Ramírez Garrido y Juan Vega Esquerrá.
- 42/2004. **La Renta Básica. Para una reforma del sistema fiscal y de protección social.** Luis Sanzo González y Rafael Pinilla Pallejà.
- 43/2004. **Nuevas formas de gestión. Las fundaciones sanitarias en Galicia.** Marciano Sánchez Bayle y Manuel Martín García.
- 44/2004. **Protección social de la dependencia en España.** Gregorio Rodríguez Cabrero.
- 45/2004. **Inmigración y políticas de integración social.** Miguel Pajares Alonso.
- 46/2004. **TV educativo-cultural en España. Bases para un cambio de modelo.** José Manuel Pérez Tornero.
- 47/2004. **Presente y futuro del sistema público de pensiones: Análisis y propuestas.** José Antonio Griñán Martínez.
- 48/2004. **Contratación temporal y costes de despido en España: lecciones para el futuro desde la perspectiva del pasado.** Juan J. Dolado y Juan F. Jimeno.
- 49/2004. **Propuestas de investigación y desarrollo tecnológico en energías renovables.** Emilio Menéndez Pérez.
- 50/2004. **Propuestas de racionalización y financiación del gasto público en medicamentos.** Jaume Puig-Junoy y Josep Llop Talaverón.
- 51/2004. **Los derechos en la globalización y el derecho a la ciudad.** Jordi Borja.
- 52/2004. **Una propuesta para un comité de Bioética de España.** Marco-Antonio Broggi Trias.
- 53/2004. **Eficacia del gasto en algunas políticas activas en el mercado laboral español.** César Alonso-Borrego, Alfonso Arellano, Juan J. Dolado y Juan F. Jimeno.
- 54/2004. **Sistema de defensa de la competencia.** Luis Berenguer Fuster.
- 55/2004. **Regulación y competencia en el sector del gas natural en España. Balance y propuestas de reforma.** Luis Atienza Serna y Javier de Quinto Romero.
- 56/2004. **Propuesta de reforma del sistema de control de concentraciones de empresas.** José M<sup>a</sup> Jiménez Laiglesia.
- 57/2004. **Análisis y alternativas para el sector farmacéutico español a partir de la experiencia de los EE UU.** Rosa Rodríguez-Monguió y Enrique C. Seoane Vázquez.
- 58/2004. **El recurso de amparo constitucional: una propuesta de reforma.** Germán Fernández Farreres.
- 59/2004. **Políticas de apoyo a la innovación empresarial.** Xavier Torres.
- 60/2004. **La televisión local entre el limbo regulatorio y la esperanza digital.** Emili Prado.
- 61/2004. **La universidad española: soltando amarras.** Andreu Mas-Colell.
- 62/2005. **Los mecanismos de cohesión territorial en España: un análisis y algunas propuestas.** Ángel de la Fuente.
- 63/2005. **El libro y la industria editorial.** Gloria Gómez-Escalonilla.
- 64/2005. **El gobierno de los grupos de sociedades.** José Miguel Embid Irujo, Vicente Salas Fumás.
- 65(I)/2005. **La gestión de la demanda de electricidad Vol. I.** José Ignacio Pérez Arriaga, Luis Jesús Sánchez de Tembleque, Mercedes Pardo.

- 65(II)/2005. **La gestión de la demanda de electricidad Vol. II (Anexos).** José Ignacio Pérez Arriaga, Luis Jesús Sánchez de Tembleque, Mercedes Pardo.
- 66/2005. **Responsabilidad patrimonial por daño ambiental: propuestas de reforma legal.** Ángel Manuel Moreno Molina.
- 67/2005. **La regeneración de barrios desfavorecidos.** María Bruquetas Callejo, Fco. Javier Moreno Fuentes, Andrés Walliser Martínez.
- 68/2005. **El aborto en la legislación española: una reforma necesaria.** Patricia Laurenzo Copello.
- 69/2005. **El problema de los incendios forestales en España.** Fernando Estirado Gómez, Pedro Molina Vicente.
- 70/2005. **Estatuto de laicidad y Acuerdos con la Santa Sede: dos cuestiones a debate.** José M.<sup>a</sup> Contreras Mazarío, Óscar Celador Angón.
- 71/2005. **Posibilidades de regulación de la eutanasia solicitada.** Carmen Tomás-Valiente Lanuza.
- 72/2005. **Tiempo de trabajo y flexibilidad laboral.** Gregorio Tudela Cambroner, Yolanda Valdeolivas García.
- 73/2005. **Capital social y gobierno democrático.** Francisco Herreros Vázquez.
- 74/2005. **Situación actual y perspectivas de desarrollo del mundo rural en España.** Carlos Tió Saralegui.
- 75/2005. **Reformas para revitalizar el Parlamento español.** Enrique Guerrero Salom.
- 76/2005. **Rivalidad y competencia en los mercados de energía en España.** Miguel A. Lasheras.
- 77/2005. **Los partidos políticos como instrumentos de democracia.** Henar Criado Olmos.
- 78/2005. **Hacia una deslocalización textil responsable.** Isabel Kreisler.
- 79/2005. **Conciliar las responsabilidades familiares y laborales: políticas y prácticas sociales.** Juan Antonio Fernández Córdón y Constanza Tobío Soler.
- 80/2005. **La inmigración en España: características y efectos sobre la situación laboral de los trabajadores nativos.** Raquel Carrasco y Carolina Ortega.
- 81/2005. **Productividad y nuevas formas de organización del trabajo en la sociedad de la información.** Rocío Sánchez Mangas.
- 82/2006. **La propiedad intelectual en el entorno digital.** Celeste Gay Fuentes.
- 83/2006. **Desigualdad tras la educación obligatoria: nuevas evidencias.** Jorge Calero.
- 84/2006. **I+D+i: selección de experiencias con (relativo) éxito.** José Antonio Bueno Oliveros.
- 85/2006. **La incapacidad laboral en su contacto médico: problemas clínicos y de gestión.** Juan Gervas, Ángel Ruiz Téllez y Mercedes Pérez Fernández.
- 86/2006. **La universalización de la atención sanitaria. Sistema Nacional de Salud y Seguridad Social.** Francisco Sevilla.
- 87/2006. **El sistema de servicios sociales español y las necesidades derivadas de la atención a la dependencia.** Pilar Rodríguez Rodríguez.
- 88/2006. **La desalinización de agua de mar mediante el empleo de energías renovables.** Carlos de la Cruz.
- 89/2006. **Bases constitucionales de una posible política sanitaria en el Estado autonómico.** Juan José Solozábal Echavarría.
- 90/2006. **Desigualdades territoriales en el Sistema Nacional de Salud (SNS) de España.** Beatriz González López-Valcárcel y Patricia Barber Pérez.
- 91/2006. **Agencia de Evaluación: innovación social basada en la evidencia.** Rafael Pinilla Pallejà.
- 92/2006. **La Situación de la industria cinematográfica española.** José María Álvarez Monzoncillo y Javier López Villanueva.
- 93/2006. **Intervención médica y buena muerte.** Marc-Antoni Broggi Trias, Clara Llubíà Maristany y Jordi Trelis Navarro.
- 94/2006. **Las prestaciones sociales y la renta familiar.** María Teresa Quílez Félez y José Luis Achurra Aparicio.
- 95/2006. **Plan integral de apoyo a la música y a la industria discográfica.** Juan C. Calvi.
- 96/2006. **Justicia de las víctimas y reconciliación en el País Vasco.** Manuel Reyes Mate.
- 97/2006. **Cuánto saben los ciudadanos de política.** Marta Fraile.
- 98/2006. **Profesión médica en la encrucijada: hacia un nuevo modelo de gobierno corporativo y de contrato social.** Albert J. Jovell y María D. Navarro.

- 99/2006. **El papel de la financiación público-privada de los servicios sanitarios.** A. Prieto Orzanco, A. Arbelo López de Letona y E. Mengual García.
- 100/2006. **La financiación sanitaria autonómica: un problema sin resolver.** Pedro Rey Biel y Javier Rey del Castillo.
- 101/2006. **Responsabilidad social empresarial en España.** Anuario 2006.
- 102/2006. **Problemas emergentes en salud laboral: retos y oportunidades.** Fernando G. Benavides y Jordi Delclòs Clanchet.
- 103/2006. **Sobre el modelo policial español y sus posibles reformas.** Javier Barcelona Llop.
- 104/2006. **Infraestructuras: más iniciativa privada y mejor sector público.** Ginés de Rus Mendoza.
- 105/2007. **El teatro en España: decadencia y criterios para su renovación.** Joaquín Vida Arredondo.
- 106/2007. **Las alternativas al petróleo como combustible para vehículos automóviles.** José Antonio Bueno Oliveros.
- 107/2007. **Movilidad del factor trabajo en la Unión Europea y coordinación de los sistemas de pensiones.** Jesús Ferreiro Aparicio y Felipe Serrano Pérez.
- 108/2007. **La reforma de la casación penal.** Jacobo López Barja de Quiroga.
- 109/2007. **El gobierno electrónico: servicios públicos y participación ciudadana.** Fernando Tricas Lamana.
- 110/2007. **Sistemas alternativos a la resolución de conflictos (ADR): la mediación en las jurisprudencias civil y penal.** José-Pascual Ortuño Muñoz y Javier Hernández García.
- 111/2007. **El sector de la salud y la atención a la dependencia.** Antonio Jiménez Lara.
- 112/2007. **Las revistas culturales y su futuro digital.** M.<sup>a</sup> Trinidad García Leiva.
- 113/2007. **Mercado de vivienda en alquiler en España: más vivienda social y más mercado profesional.** Alejandro Inurrieta Beruete.