

# Análisis de la evolución de la intensidad energética en España

[ Informe ]

economics<sub>for</sub>  
energy

## Créditos

El presente informe ha sido elaborado por María Mendiluce, con la colaboración de Pedro Linares, y está basado en parte en su tesis doctoral "La intensidad energética en España. Claves para entender su evolución", dirigida por Ignacio Pérez Arriaga y Carlos Ocaña. Los autores quieren agradecer los comentarios realizados por Gonzalo Sáenz de Miera, Miguel Muñoz, y Xavier Labandeira.

Diseño y Maquetación    seteseoitodeseñográfico

ISSN                            2172-8127

Economics for Energy  
<http://www.eforenergy.org>  
[info@eforenergy.org](mailto:info@eforenergy.org)  
Doutor Cadaval, 2-3 E, 36202 Vigo

Impreso sobre papel 100% reciclado.

Es una satisfacción para nosotros presentar este primer informe de Economics for Energy, una iniciativa promovida conjuntamente desde la Universidad y la empresa que pretende contribuir al debate energético desde un análisis económico riguroso e independiente. La misión de Economics for Energy es informar, orientar y asesorar en la toma de decisiones de agentes públicos y privados, y fomentar la transferencia de conocimiento y el intercambio de ideas en el ámbito de la economía de la energía. Para cumplir con esta misión Economics for Energy realiza informes periódicos de situación que, con el rigor, independencia y profundidad adecuados, se ocupan de cuestiones relevantes relacionadas con la economía de la energía.

Las líneas de investigación de Economics for Energy se corresponden con los aspectos más relevantes en la actualidad de la política energética y sus implicaciones económicas: análisis de la demanda de energía; políticas de innovación en materia energética; evaluación de políticas energéticas-ambientales; caracterización y evaluación de la seguridad energética; y prospectiva energética a largo plazo.

En el caso de este primer informe, el tema escogido ha sido posiblemente uno de los más actuales y necesarios para la política energética española: el análisis de los factores que condicionan la intensidad energética, y por ende, la evolución de la demanda energética. Al igual que para muchos otros países, la gestión de la demanda de energía en España es esencial para poder cumplir con los objetivos de política energética: minimizar los costes de suministro, reducir las emisiones de contaminantes, y maximizar la seguridad energética. Por ello, resulta esencial entender los elementos que determinan su evolución, para poder diseñar políticas apropiadas para su control.

El informe introduce una metodología novedosa de análisis de la intensidad energética, la descomposición por sectores y efectos (estructural y de eficiencia), que se aplica al estudio de la intensidad energética española desde 1995 hasta la actualidad, y también a la comparación con otros países de nuestro entorno. A partir de este análisis se identifican los factores que explican en mayor medida la evolución de la intensidad energética reciente en España, y por tanto aquellos sobre los que sería necesario actuar para conseguir reducir el crecimiento de la demanda como medio para lograr los objetivos citados. Finalmente, se ofrecen unas recomendaciones acerca de estas políticas a aplicar.

Esperamos que este informe, el primero de lo que confiamos sea una larga serie, sea del interés de los expertos en el sector energético y también del resto de la sociedad, y que contribuya a un mejor entendimiento y difusión de las implicaciones económicas de la política energética española e internacional.

Xavier Labandeira y Pedro Linares

Directores de Economics for Energy





[ 0 1 ]

# Introducción

- 1.1. Demanda energética e intensidad energética**
- 1.2. Estructura del informe**

## 1.1

### **Demanda energética e intensidad energética**

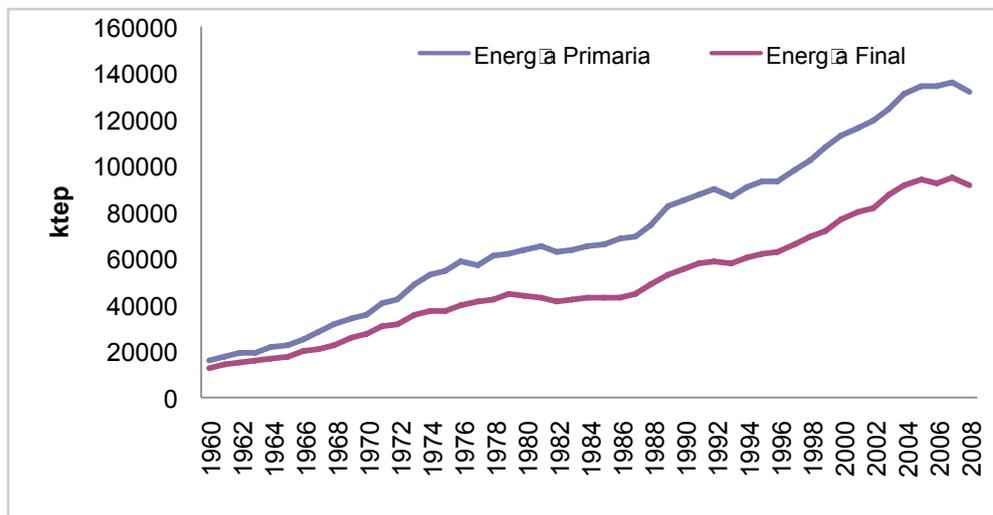
La gestión de la demanda de energía se revela cada vez más como un elemento fundamental de la política energética de un país. La reducción de la demanda permite avanzar hacia los objetivos de reducción del coste de aprovisionamiento de energía, de reducción del impacto ambiental, y de incremento de la seguridad energética, de la forma más económica posible. Así lo reconoce la Agencia Internacional de la Energía, que considera que el ahorro y la eficiencia energética deben ser capaces de aportar un 43% de la reducción de emisiones prevista en su escenario AZUL (que pretende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero – GEI – en un 50%) (IEA, 2010a). En la Unión Europea el apoyo político al ahorro y la eficiencia es muy fuerte. En los últimos años, la Unión ha afirmado su postura en el Libro Verde de eficiencia energética “Hacer más con menos” (EC, 2005), el Libro Verde de Energía “Estrategia europea para un suministro energético seguro, competitivo y sostenible” (EC, 2006a), el Plan de Acción para la Eficiencia Energética (EC, 2006b), o en las propuestas relacionadas con el programa Climate Action (EC, 2008), en las que la eficiencia energética juega un papel fundamental, en relación a los objetivos de la Unión en materia de cambio climático.

En el caso español, esta reducción de la demanda de energía se considera desde muchos ámbitos como la clave para alcanzar los acuerdos internacionales en materia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> – tanto a nivel global, en el marco de los acuerdos de Naciones Unidas, como a nivel europeo con las recientes directivas de control de emisiones de CO<sub>2</sub> –. El Gobierno español ha asumido ambiciosos objetivos para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que sin embargo no se han visto reflejados hasta el momento en la realidad: las emisiones en 2008 superan en un 40% a las de 1990, frente al objetivo establecido del 15%. Dado que el sector energético es uno de los principales responsables de estas emisiones, la reducción del consumo energético será esencial para lograr los objetivos propuestos.

Por otro lado, en España, el 80% de la energía primaria utilizada es importada<sup>1</sup>, cantidad que aumenta hasta el 99% en el caso del petróleo crudo y el gas. La gestión de la demanda también es esencial para alcanzar los objetivos de energías renovables impuestos por la Comisión Europea. Dado que éstos se miden como porcentaje de energía final, una reducción en esta última facilita la consecución de los mismos.

Esta importancia de la gestión de la demanda de energía para España es si cabe mayor si se tiene en cuenta el elevado aumento de la misma en los últimos años (con una cierta ralentización a partir de 2007, por razones que se analizarán en el informe):

<sup>1</sup> Esta cifra corresponde a las importaciones netas, esto es, teniendo en cuenta la energía exportada y almacenada.

**Gráfico 1.1. Demanda de energía en España (primaria y final)**

En el gráfico 1.1 se muestra la evolución de la demanda de energía primaria y final. La diferencia refleja el consumo energético que se produce en la transformación energética que se incluye en la energía primaria. La diferencia entre la demanda primaria y final se acrecienta a lo largo de los años porque la electricidad es la fuente energética preferida para muchos usos finales. Como se puede observar la demanda de energía en España ha crecido constantemente, excepto en años puntuales. Pero es sobre todo a partir del año 1995 cuando el crecimiento se hace más fuerte, por lo que es importante analizar por qué se ha producido esta aceleración del crecimiento, mientras que en Europa en ese período la demanda se ha mantenido estable.

La reducción de la demanda puede conseguirse por dos vías: reduciendo las actividades consumidoras de energía, o aumentando la eficiencia en el uso de la energía por parte de las distintas actividades. Este segundo caso es el que se suele considerar más deseable por los gobiernos, ya que no tiene connotaciones negativas de reducción de bienestar o actividad económica, aunque a cambio tiene el problema de que, si el efecto rebote<sup>2</sup> es significativo, las ganancias de eficiencia se queden simplemente en mejoras relativas, sin llevar a una reducción en términos absolutos de la demanda – que, al fin y al cabo, es lo que permite la mejora de los objetivos de coste, impacto ambiental y seguridad energética.

Menos atención se ha prestado a la modificación de la demanda energética como consecuencia de cambios estructurales de la economía, que suceden cuando las actividades productivas se trasladan del sector industrial al sector servicios con menores necesidades energéticas.

En términos macroeconómicos, la forma habitual de medir la eficiencia energética es a través de la intensidad energética (IE) – aunque con matices, ver cuadro 1.1. Este indicador refleja la relación entre consumo energético y el volumen de la actividad económica y se calcula como el cociente entre el consumo energético y el producto interior bruto (PIB). Por tanto, es el inverso de la eficiencia energética: para mejorar la eficiencia energética, interesa disminuir la intensidad. Pero una reducción de la IE no implica que se produzca una reducción del consumo energético, esto solo sucede cuando la demanda energética decrece mientras que el PIB aumenta o se reduce en menor medida que la demanda de energía.

<sup>2</sup> Se entiende como efecto rebote el aumento del consumo de energía como consecuencia de una mejora en la eficiencia energética (generalmente a través de una reducción en el precio del suministro energético, o de un aumento de renta disponible).

### Cuadro 1.1. Diferencia entre intensidad energética y eficiencia económica

Muchas veces se utiliza la IE como indicador de la eficiencia energética de un país. No obstante esto se debe matizar. En teoría económica el concepto de eficiencia se suele medir como la diferencia de rendimiento de una empresa y los mejores resultados obtenidos por las empresas del sector. Este análisis relativo se plasma en una frontera de producción que representa el comportamiento eficiente de una unidad productiva y que relaciona el uso de unos inputs directos (trabajo, energía, materias primas) con el máximo output que se puede obtener con la tecnología actual. Existen diversas razones que hacen que las empresas produzcan por debajo de este nivel óptimo. Como la estimación de las fronteras de producción requiere información muy precisa sobre las cantidades físicas de inputs y outputs que, en la práctica, son muy difíciles de obtener, se utilizan a menudo como aproximación valores monetarios como output y los valores físicos o monetarios como inputs. En el caso energético, la función de producción debería establecer la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de producto, cantidad que variará en función de la complejidad del proceso y la tecnología utilizada. Se podría decir que un proceso es tanto más eficiente cuanto más se acerca su consumo de energía a la cantidad óptima estipulada en su función de producción. Como resulta imposible obtener las funciones de producción de todos los procesos y de todas las empresas españolas se recurre a análisis más agregados como el consumo energético de cada sector dividido por su Valor Añadido Bruto (VAB).

En función de cómo se contabilice el consumo energético se puede obtener distintos ratios de IE. En este trabajo se analiza la IE total frente a otros estudios que analizan la IE final. La diferencia es que la IE total incluye todos los consumos energéticos de la economía. Esto significa que incluye el consumo energético de los sectores transformadores (como es el sector eléctrico), de los sectores industriales, del transporte, de los sectores de servicios y del sector residencial. La IE final no incluye los sectores transformadores, omitiendo por tanto el análisis del 30% del consumo energético español<sup>3</sup>.

La incorporación del sector energético en el análisis de la IE es importante porque es uno de los principales consumidores de energía primaria, porque una parte importante de la mejora de la eficiencia de los sectores (industrial fundamentalmente) se debe a la sustitución de combustibles fósiles por electricidad (mejora de la IE sectorial industrial a costa del empeoramiento de la IE del sector eléctrico) y porque es un sector que ha tenido que abastecer fuertes crecimientos de demanda. Su omisión dejaría un 30% del consumo energético sin explicar.

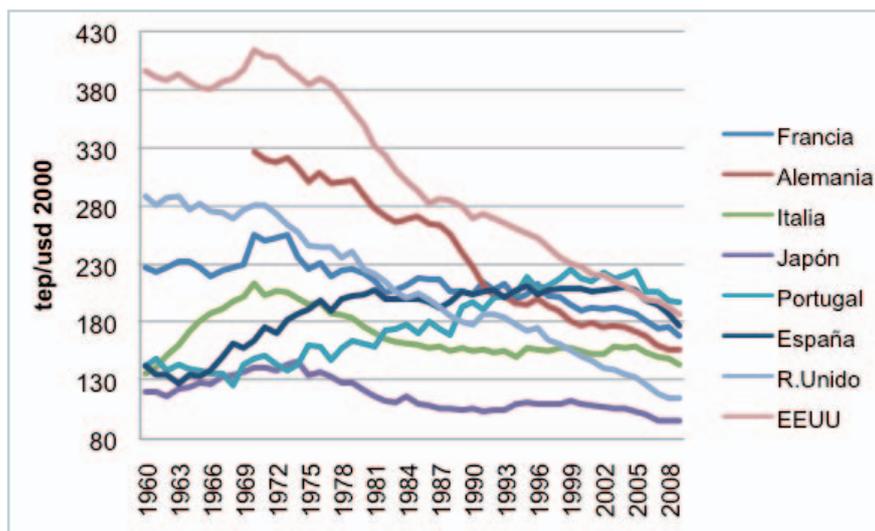
Por otro lado, la inclusión en el análisis de la IE de las familias responde a dos motivos: el primero, que para algunos países europeos su consumo energético puede superar el 30% del total; el segundo, que el transporte privado es uno de los vectores de crecimiento más importante del consumo energético total y de las emisiones.

La intensidad energética proporciona por tanto una información de gran utilidad sobre la eficiencia en el uso de la energía por parte de la economía. Por ello, es fundamental analizarla en detalle, incluyendo los factores que la condicionan, de tal forma que sea posible evaluar las razones de los comportamientos pasados, y diseñar de forma adecuada políticas que permitan reducir la intensidad energética de un país como medio para alcanzar los objetivos ya citados de reducción de coste, de impacto ambiental y de dependencia energética.

<sup>3</sup> Aunque, por otra parte, el uso de la IE total presenta el problema de que incluye de forma implícita la eficiencia en la transformación de energía, un factor no necesariamente controlable y por tanto difícil de separar de otros factores.

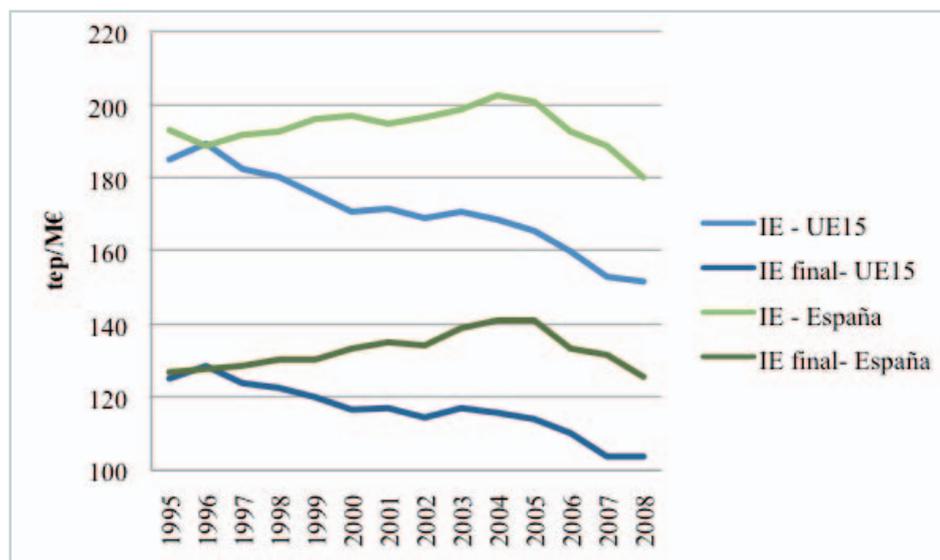
En las grandes economías de la OCDE la IE ha mantenido una tendencia de reducción bastante acentuada en los años 70 y constante a partir de los años 90. Sin embargo, en España (de la misma forma que Portugal) la IE ha tenido una tendencia creciente y no ha mostrado unas reducciones tan acentuadas. Tan sólo en los últimos años (2005-2009) la IE se ha reducido de manera acentuada en España. No obstante la IE se sitúa en los niveles más altos del conjunto de países mostrados en el gráfico 1.2.

**Gráfico 1.2. Evolución de la intensidad energética.**



Fuente: Balances energéticos de la IEA (2010b).

**Gráfico 1.3. Evolución de la intensidad energética en España y a UE15 (total y final)**



Fuente: Balances energéticos de la IEA (2010b).

En el gráfico 1.3 se muestra la evolución de la IE primaria y la IE final en España y en la media de los 15 países de la Unión Europea (UE15). Si bien en 1995 el nivel de los indicadores era similar en España y en la UE15, el fuerte crecimiento de la demanda energética en España empuja al alza el indicador y aumenta la distancia con respecto a Europa, llegando al máximo de alejamiento en 2004, momento en que la IE española comienza a recuperarse. No

obstante, como la UE15 mantiene una senda de reducción de sus indicadores de intensidad energética, las distancias se mantienen. En el año 2008, la IE española era un 19% superior a la de la UE15. Esta IE más alta significa que en 2008 se necesitaron 28 tep más para producir un millón de euros que en la UE15. Si la economía española tuviese unos ratios de IE similares a los europeos, los ahorros en la compra de energía ascenderían a cerca del 1,5% del PIB de 2008 en un escenario de precios bajos del petróleo. Si el barril de petróleo se situase en los 120 dólares el porcentaje llegaría al 3,5% del PIB. Resulta interesante analizar la evolución de la IE entre 1995 y 2008 puesto que ahí se pueden descubrir las claves diferenciales con la UE15 y analizar el cambio de tendencia que se produce entre 2004 y 2008 cuando la IE se redujo en 21 tep/M€.

Tanto el Gobierno como numerosos agentes sociales han dado la voz de alarma ante el crecimiento tan elevado del consumo de energía primaria en España, lo que refleja la falta de sostenibilidad del modelo de desarrollo energético actual y la urgencia en tomar medidas basadas en la gestión de la demanda (Pérez-Arriaga et al., 2005). En este sentido los sucesivos Gobiernos de España han desarrollado una Estrategia de Eficiencia Energética (E4), el Plan de Acción 2005-2007 y el Plan de Acción 2008-2012 que analizan cada sector pormenorizadamente, detallando qué medidas se pueden aplicar a cada sector para mejorar la eficiencia energética y cumplir con los ambiciosos objetivos planteados. Sin embargo, ninguno de estos Planes explica cuál es la incidencia de cada sector desde el punto de vista económico-energético en la IE, esto es, no analiza su contribución estructural, por lo que se puede dar la paradoja de que un sector sea muy eficiente pero que impulse al alza la IE. Por ejemplo, si la producción siderúrgica aumenta mucho, el incremento de energía utilizada puede ser superior al ahorro de las mejoras de eficiencia, por lo que impulsará al alza la IE total.

Esta evolución divergente respecto a la de los países del entorno ha llamado la atención de investigadores en la materia, que se preguntan ¿por qué la IE crece en España mientras que se reduce en la Unión Europea? ¿Qué influencia tienen los factores estructurales en dicha evolución? ¿Cuáles son los sectores que más influyen en la IE? ¿Cuáles son las medidas que se deben tomar para cambiar esas tendencias?

El objetivo fundamental del presente informe es dar respuesta a las preguntas planteadas. Para ello se analiza en detalle la evolución de la intensidad energética en España y se identifican los factores que la han determinado y la pueden condicionar a futuro, para así contribuir al diseño de políticas adecuadas de reducción de la demanda de energía.

## 1.2 Estructura del informe

En primer lugar parece importante plantear una pregunta de carácter más general ¿es posible reducir la intensidad energética? En el siguiente capítulo se trata de ofrecer una respuesta, para luego pasar a analizar los factores que condicionan, en términos generales, la evolución de la intensidad energética. Finalmente se presenta de forma resumida la metodología empleada para el análisis.

El siguiente capítulo comienza por una revisión de los estudios previos realizados sobre este asunto en España, para a continuación pasar al análisis "clásico" de la evolución intensidad energética en España, y su desagregación por sectores y elementos estructural, de eficiencia, y residencial. Posteriormente se compara esta evolución con la de la UE15. Para terminar el capítulo se realiza un nuevo análisis de la evolución de la IE, pero esta vez reasignando los consumos intermedios de energía (electricidad y transporte).

Una vez analizada la evolución de la IE en España, el capítulo 4 trata de identificar los factores que pueden explicar dicha evolución, de forma cualitativa. Finalmente, el capítulo 5 ofrece las conclusiones del estudio y una serie de recomendaciones en materia de política energética.



# [ 0 2 ]

## El análisis de la intensidad energética

**2.1. ¿Es posible reducir la intensidad energética?**

**2.2. ¿Qué factores afectan a la intensidad energética de los países?**

**2.3. Metodología del estudio**

## 2.1 ¿Es posible reducir la intensidad energética?

El marco teórico que permite responder a esta pregunta es el de las teorías de desmaterialización de las economías..

La definición del concepto de desmaterialización comúnmente aceptado es “la reducción absoluta o relativa de la cantidad de material utilizado o de la cantidad de residuos generados para la producción de una unidad de producto económico”. En el caso energético, este desacoplamiento se refleja como una reducción de la IE. Entre 1980 y 2006 ningún país redujo su consumo energético absoluto aunque pudo suceder de manera puntual en algunos años. Por ello en este trabajo la mención de desmaterialización o desacoplamiento se refiere a su vertiente relativa, esto es, cuando el consumo energético crece a un ritmo inferior al PIB.

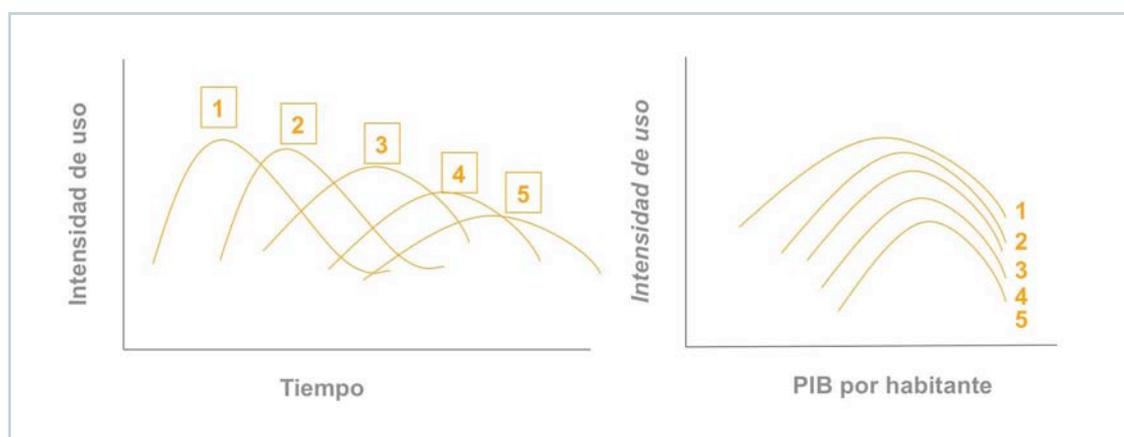
La literatura reciente sobre la desmaterialización se remonta a principio de los años setenta, cuando se publica *Los límites al crecimiento*, que desde una perspectiva neomalthusiana retoma el debate sobre la sostenibilidad del modelo crecimiento (Meadows et al. 1972). Este trabajo defiende que el crecimiento económico exponencial conduciría al colapso ecológico aunque se anticiparan soluciones tecnológicas para la escasez de recursos y de prevención contra la contaminación. A raíz de este libro y del vivo debate que generó han surgido importantes programas de investigación sobre “ecología industrial”, “metabolismo industrial” y “desmaterialización” que rebaten estas opiniones, defendiendo que los cambios tecnológicos progresivos y las prácticas empresariales hacen posible que se produzcan bienes con una menor cantidad de material y energía.

En 1978, Wilfred Malembaum sugirió que en la mayoría de las regiones económicas del planeta la intensidad de uso de los principales recursos minerales (medida a través de la demanda de materiales por unidad de PIB) había disminuido considerablemente entre 1951 y 1975, presagiando una continuación de la misma tendencia para 1985 y el año 2000. Los factores que determinaron esa evolución fueron los cambios en el consumo final de bienes y servicios hacia productos menos intensivos en materiales, el progreso tecnológico que aumenta la eficiencia en el uso de los recursos y, la sustitución de materias primas tradicionales por otras nuevas más eficientes. Otros autores han defendido que han sido los cambios en la disponibilidad de productos energéticos más flexibles, como la electricidad, los que han permitido conseguir un progreso tecnológico que ha inducido una disminución continua de la IE, a la vez que se lograba aumentar la productividad económica (Schurr, 1984).

Las tesis de la desmaterialización cobraron cierta validez cuando, tras las dos crisis del petróleo, muchos países redujeron la IE. Efectivamente la IE empezó a reducirse a partir de 1970 en Francia, Alemania, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos, lo que parecía presagiar el “desacoplamiento” entre el crecimiento económico y el consumo de energía y recursos naturales.

Por ello, durante las décadas de los ochenta y noventa se defendió que se podía conseguir crecer utilizando cada vez menos recursos naturales. Este fenómeno se explica porque en las fases iniciales del desarrollo económico, la participación del sector industrial crece mientras que la de la agricultura decrece, lo que ocasiona un consumo energético superior, pero a medida que la economía se terciariza y la participación del sector servicios en el PIB se incrementa (en la actualidad ronda el 60-70% en los países más avanzados), el menor consumo energético por valor añadido bruto (VAB) de este sector hace que se produzca globalmente una disminución de la demanda energética por PIB. Ello llevó a que algunos autores<sup>1</sup> afirmaran que los países en las fases iniciales del desarrollo económico dependen directamente del consumo de recursos naturales, pero que existe un nivel de renta per cápita (punto de inflexión) a partir del cual un mayor crecimiento económico implica una reducción del consumo de recursos y de la contaminación (gráfico 2.1), lo que se conoce como curva de Kuznets medioambiental (CKA)

**Gráfico 2.1. Representación gráfica de la curva medioambiental de Kuznets.**



Fuente: Bernardini y Ruth, 1993.

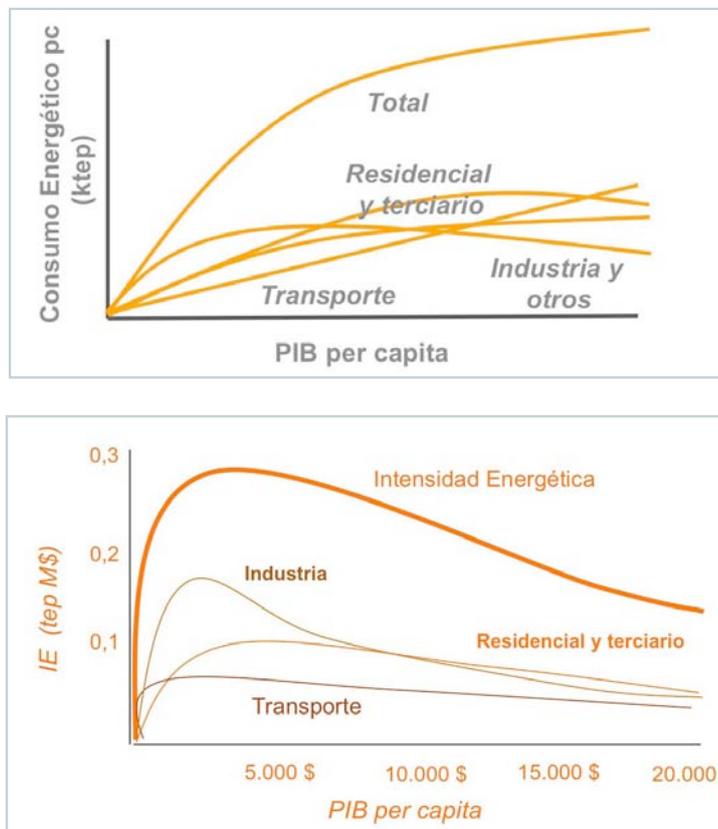
En este contexto, los estudios reconocían la existencia de la CKA en las naciones individualmente pero, además, defendían que las diferencias entre naciones se explicaban por las diferencias entre las etapas de su desarrollo económico. En definitiva, y como se puede ver en el gráfico 2.1, las naciones alcanzarían esa fase de crecimiento en distintos momentos temporales y lo hacen a un nivel de PIB per cápita casi idéntico entre ellas.

El debate sobre las hipótesis de la CKA en los últimos años ha sido intenso.<sup>2</sup> En concreto, en el caso de la IE, algunas de las conclusiones son que cuando se incrementa la renta per cápita, la demanda energética disminuye y el porcentaje de consumo energético residencial sobre el total decrece, el del sector transporte se incrementa y el del sector industrial se reduce. Estas son las conclusiones del estudio de Medlock y Soligo (2001) que analiza la IE por sectores en 28 países desarrollados y en vías de desarrollo para el período 1978-1995. Su modelo estima, para un país hipotético, los coeficientes a largo plazo que permiten trazar la línea de demanda energética per cápita por sector (industrial, residencial y comercial y transporte) y muestra el efecto de los distintos grados de desarrollo en el consumo final total (gráfico 2.2)

1 Entre otros: Jänicke et al., 1989; Panayotou, 1993; Bernardini y Ruth, 1993; Galli, 1998; Judson et al., 1999; Medlock y Soligo, 2001.

2 Entre ellos se destacan los estudios encaminados a una mayor comprensión del vínculo entre el crecimiento económico y la demanda de energía por áreas geográficas (Sun, 2002), para analizar la evolución y futuro de la IE en EEUU (Dowlatabadi y Oravetz, 2005), para entender la influencia de la mezcla de tecnologías energéticas en la IE, para comparar los sectores claves en Europa a través de modelos input-output (Alcántara y Duro, 2004), para calcular las curvas que relacionan la IE con la renta per cápita (Galli, 1998) y por sectores (Medlock y Soligo, 2001) y para analizar cómo afecta el cambio estructural en la IE (Schäfer, 2005; Ansuategi y Arto, (2003) por mencionar algunos de ellos.

**Gráfico 2.2. Consumo energético per cápita e intensidad energética por sector para un país hipotético**



Fuente: Medlock y Soligo, 2001:93

En este país hipotético la IE industrial alcanza un punto de inflexión en fases tempranas del desarrollo económico, a medida que el sector terciario va adquiriendo un mayor peso en la economía. Los sectores terciario y residencial, con una IE bastante menor, también encontrarán su momento de inflexión en el tiempo cuando lleguen a un nivel de saturación. Finalmente, es el transporte el que capturará la mayor parte del consumo energético final, lo que incrementa la dependencia sobre el petróleo, sin llegar a vislumbrarse un nivel de saturación.

Estos resultados muestran que el descenso de la IE se debe al incremento de la renta per cápita, que implica un incremento de la proporción del consumo residencial energético respecto al total. Así, los bienes "duraderos" (aire acondicionado, congelador o automóviles) representan una parte cada vez más importante del presupuesto familiar y generan más demanda energética en los hogares, los comercios y el transporte. A medida que los hogares llegan a un nivel de saturación de bienes duraderos, el consumo energético residencial empezará a crecer por debajo del crecimiento de la renta per cápita. Además, los usos energéticos están limitados espacialmente y temporalmente (uso del aire acondicionado o del transporte) y a medida que un país se desarrolla necesita menos materiales para la construcción de infraestructuras. La conclusión de su estudio es que los países al llegar a un cierto nivel de desarrollo alcanzan un nivel de saturación del consumo energético y se produce una estabilización o reducción del indicador de IE.

Otros investigadores explican la CKA en función de los cambios en la utilidad marginal del consumo en distintos niveles de renta per cápita (Stokey, 1998). Su teoría es que a partir de ciertos niveles de renta la ley de reducción de la utilidad marginal apunta a que el coste de la contaminación será superior al beneficio de un continuo incremento del consumo, lo cual resultará en una reducción del nivel de contaminación. Entre los factores que subyacen en la desmaterialización

de las economías están la mayor conciencia energética y medioambiental y la educación, que revierten en más calidad medioambiental y en mayor ahorro y eficiencia energética, y el aumento de las regulaciones medioambientales. Por ello los defensores de la CKA dicen que llegado cierto nivel de desarrollo los países alcanzarán una reducción de la contaminación por unidad de producto, o equivalentemente, de intensidad energética.

Otros estudios examinan la influencia del comercio internacional en la CKA (Suri y Chapman, 1998). Algunos autores defienden que a medida que un país se desarrolla, deja de producir ciertos bienes intensivos en energía y pasa a importarlos de países con leyes medioambientales menos estrictas, lo cual tiene un efecto pernicioso sobre la reducción de emisiones globales, sobre todo porque además en esos países se tiende a ser más ineficientes en el consumo energético. Por ejemplo, no es lo mismo el consumo energético de la fabricación de automóviles que el consumo energético “enterrado” en los productos utilizados para su fabricación, como es el hierro, que es muy intensivo en energía.

La contabilización de este efecto puede modificar sustantivamente el análisis de la CKA de los países. Por ejemplo, se ha calculado que si se contabiliza el consumo energético del comercio internacional, el nivel de renta per cápita en el que se alcanza el punto de inflexión de la CKA subiría hasta un nivel 4 veces más alto, porque las importaciones tienen un alto contenido energético. Los autores estiman que un incremento del 10% en las importaciones de los países desarrollados contribuye a la reducción de entre 1,3 y 1,7% de sus necesidades energéticas (Suri y Chapman, 1998). En el caso de la IE, otros autores han calculado que la mejora de la IE de países como Japón o EEUU se debe a la importación de materiales intensivos en energía, por lo que los cambios estructurales se producen tanto internamente como entre países (Stern et al., 1996). Así, las naciones más desarrolladas se especializan en aquellas actividades manufactureras de menor contenido energético y de recursos.

La deslocalización no es una solución sostenible, ya que a nivel global su efecto sobre el consumo energético y las emisiones puede ser muy negativo, puesto que los países en vías de desarrollo no cuentan con las mismas regulaciones de calidad y eficiencia que las de los países desarrollados, lo que da lugar a un mayor consumo energético y la necesidad de transportar esos bienes hacia los países de consumo. No obstante, en algunos casos los países en vías de desarrollo pueden incorporar los avances tecnológicos en las nuevas instalaciones industriales, por lo que producen los bienes de forma más eficiente. De esta forma, se produciría el deseado salto en la CKA, por el que la transferencia de tecnología permitiría evitar una parte de la contaminación que otros países han generado al industrializarse al no disponer de tecnologías avanzadas.

La evidencia empírica ha demostrado que, aunque algunos países se encontraban en una fase de desmaterialización, en los noventa se produce un punto de inflexión a partir del cual la IE comenzó a crecer en algunos países. Es lo que algunos investigadores denominaron como una tendencia “rematerializadora”, porque la curva de la IE tiene una trayectoria en forma de “N” (en vez de la “U invertida”), en la que se sucederían episodios de “desmaterialización”, seguidos de períodos de fuerte exigencia de energía y materiales por parte de las economías industrializadas. Algunos autores identificaron entonces tres fases en la evolución de la IE: en una primera fase, el consumo de energía crece de forma paralela al crecimiento de la economía, ya que está basada en actividades intensivas en energía; en una segunda fase, se produce una reducción en la tasa de IE, debido al aumento de la producción del sector servicios respecto al total; en la tercera fase, se puede iniciar por muy diversos motivos una nueva fase de materialización, por ejemplo, al introducir nuevas actividades en el proceso económico. Esta fase dura hasta que nuevas innovaciones tecnológicas permitan un nuevo desacoplamiento.

Finalmente, y para concluir este apartado, se resumen algunas de las críticas o matizaciones<sup>3</sup> a los estudios sobre la desmaterialización de la economía no comentadas anteriormente:

3 Por parte de Cleveland y Ruth (1999), Smil (2003), Sorrel (2007) Labandeira et al. (2006), Richmond y Kaufmann (2006)

1. Los datos agregados se miden a menudo por el peso de la energía sobre el producto interior bruto, como índice de la "eficacia" del uso material, pero esto probablemente tiene poco significado económico porque el consumo energético es solamente una de las muchas cualidades que los usuarios consideran al elegir los materiales.
2. Muchos análisis no representan explícitamente la demanda, el cambio tecnológico o el cambio estructural y no utilizan las metodologías que pueden probar la presencia y el peso relativo de estas fuerzas.
3. Las técnicas utilizadas para examinar las "tendencias" en series temporales y comparaciones entre países carecen a menudo de rigor estadístico
4. Poca atención se ha prestado en cuantificar al efecto "rebote," que significa que las mejoras en eficiencia pueden suponer un aumento posterior del consumo del correspondiente producto o de otro, si se consiguen ahorros económicos, especialmente en el sector energético.
5. Una mejora de un indicador puede explicarse por el comportamiento negativo de otro indicador, por ejemplo, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> se puede deber a un incremento de la participación de la energía nuclear y su consiguiente generación de residuos.
6. Las estimaciones de la renta per cápita están basadas en la media de renta per cápita y como ésta no sigue una distribución normal, una parte importante de la población se sitúa generalmente por debajo del nivel medio, por lo que sería mejor utilizar la mediana de la renta per cápita. La consecuencia es que los países se encontrarían en niveles de desarrollo inferiores a los que refleja la media y en muchos casos la degradación ambiental continuaría en el tiempo
7. Algunos autores defienden que los precios energéticos explican la evolución de la IE en muchos países y su inclusión desmonta las teorías de la desmaterialización.
8. Por último, la CKA supone una relación unidireccional entre economía y medioambiente, cuando ésta es bidireccional puesto que no sólo el crecimiento económico condiciona la calidad ambiental, sino que también algunas formas de degradación ambiental limitan el crecimiento económico.

## 2.2

### ¿Qué factores afectan a la intensidad energética de los países?

Tal como se acaba de describir, en las últimas décadas se han realizado numerosos estudios que miden desde una perspectiva macroeconómica la relación entre diversas variables y la IE. Estos estudios coinciden en que los factores principales que afectan a la IE son el cambio tecnológico, los cambios estructurales, la sustitución de combustibles y los precios. No existe el mismo consenso respecto al impacto del efecto saturación, las preferencias de los individuos y la sustitución entre energía y otros inputs en el indicador. A continuación se hace un breve repaso de estos factores.

#### A. CAMBIOS ESTRUCTURALES

En teoría, y como ya se ha mencionado, a lo largo del desarrollo económico la estructura económica cambia hacia ramas que demandan menos energía, como el sector servicios. Asimismo, en el sector industrial se tiende hacia ramas de actividad menos intensivas en energía y de mayor valor añadido. Pero esto no siempre sucede así: los sectores a veces demandan más energía para sus procesos, tanto en el sector terciario y residencial, por el incremento de equipos ofimáticos, como en el sector industrial, con la mayor automatización de procesos, lo que ocasiona que los cambios estructurales no conlleven necesariamente una reducción de los consumos energéticos. Además, se supone que el sector servicios tiene un impacto energético reducido, aunque esto puede suceder porque no se tienen en cuenta

los consumos indirectos que genera. Por ejemplo, el sector turístico induce a un mayor consumo energético en el transporte y en el sector eléctrico.

En principio, la estructura económica de un país no afecta a la eficiencia energética, ya que el mayor peso del sector industrial en la economía no afecta a la eficiencia del consumo de la industria para un determinado proceso. Sin embargo, la estructura económica sí que influye en la IE agregada, ya que el indicador es el resultado de la agregación de sectores con diferentes IE. Por ejemplo, la industria puede consumir varias veces la energía por unidad de valor añadido que consume el sector servicios y una economía con una mayor concentración de la industria presentará, *ceteris paribus*, un mayor ratio de IE agregada, lo cual no significa que la industria sea ineficiente.

## B. CAMBIO TECNOLÓGICO

Las tecnologías más avanzadas pueden reducir la cantidad de materiales necesarios para producir un mismo bien o servicio. Estas mejoras se han producido en todos los países y en todos los sectores a lo largo de la historia económica. Las nuevas teorías del crecimiento destacan el importante papel de la acumulación de conocimientos en el crecimiento económico y parece razonable pensar que dicho conocimiento acumulado ayudará a utilizar los diferentes recursos de forma más eficiente. Sin embargo, el progreso tecnológico no implica siempre una reducción directa de la IE puesto que: una mayor demanda del producto o servicio puede superar las mejoras de eficiencia; el cambio tecnológico puede generar nuevos procesos y productos con mayores presiones ambientales; y la introducción de un proceso innovador puede originar el "efecto rebote". Este efecto consiste en que la mejora de eficiencia se compensa parcialmente con un mayor consumo energético como consecuencia de: la riqueza adicional generada por el coste energético ahorrado, que se utiliza para la adquisición de otros bienes que a su vez requieren más energía; la reducción de la energía necesaria para producir una unidad de servicio energético provocada por la innovación reduce el precio de dicho servicio, lo cual genera un incremento de la demanda de ese servicio; y, por último, los nuevos precios originan ajustes en la distribución de capital que resultan en una mayor demanda de energía a largo plazo.<sup>4</sup>

## C. SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES

La sustitución de combustibles puede modificar la IE por su diferente nivel de eficiencia. Por ejemplo, para calentar una casa se necesitan menos energía de gas que de carbón. Otro aspecto es que la sustitución de combustibles puede generar más valor económico, como sucede con la electricidad, que debido a su coste, disponibilidad, regulación y funcionalidad tiene una mayor calidad energética (la utilidad económica por valor calorífico de cada energía).<sup>5</sup> Finalmente, los valores asignados a la eficiencia de las tecnologías de generación eléctrica pueden tener una influencia muy significativa en la evolución de la IE.

## D. PRECIOS Y REGULACIÓN

Una subida de precios energéticos (bien a resultas del mercado, o como consecuencia de un cambio en la regulación) puede promover el ahorro energético mediante la contracción del consumo, la sustitución de inputs energéticos y avances tecnológicos hacia procesos menos intensivos en energía. Por ejemplo, un estudio sostiene que, en el caso de EEUU, una cuarta parte de la mejora de eficiencia energética se produjo por el efecto de los precios altos, mientras que

4 Véase Sorrel, 2007, para un estudio detallado sobre el efecto rebote en el Reino Unido y Frondel et al, 2007 para un estudio del efecto rebote en el transporte en Alemania.

5 Las energías de mayor a menor calidad son: electricidad, gas, petróleo, carbón, madera y biocombustibles.

otra cuarta parte de la reducción fue motivada por la regulación del Gobierno sobre etiquetado energético (Newell et al., 1999). Otros estudios apuntan también a los precios como elemento clave para la evolución de la CKA ya citada.

### E. EL EFECTO SATURACIÓN

El efecto saturación contribuye a la disminución de la IE cuando la renta supera cierto umbral, ya que por ejemplo no existe tiempo material para consumir más energía en calefacción. Sin embargo, existe también la posibilidad de que los consumidores quieran casas más grandes, por lo que en ese caso se necesitará más energía para calentarlas, aunque se llegaría también aquí a un punto de satisfacción, en el que no se demande más espacio en el hogar.

En general la literatura admite la existencia de el efecto saturación, aunque lo realmente complicado es identificar el punto a partir del cual se produce.

### F. LAS PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES

Tal como se comentó al hablar de la curva de Kuznets ambiental, una vez se alcanza un determinado nivel de renta, la combinación escogida entre bienes y servicios y sus requerimientos energéticos o calidad ambiental cambia, de forma que se puede decidir consumir más calidad ambiental, aunque sea a costa de consumir menos otros bienes y servicios. Se supone muchas veces que cuanto más ricos son los individuos, más se preocupan por la calidad ambiental, por lo que a medida que un país crece económicamente es probable que el aumento de renta haga disminuir la contaminación. No obstante, estas hipótesis están cuestionadas por varios investigadores que creen que la calidad ambiental no se compra sino que se decide a nivel político y dependerá de si los efectos medioambientales recaen en las fronteras del país. Además, en la realidad, existe una desigualdad entre las preferencias de los individuos, la renta y la participación en los costes y en los conflictos que el consumo energético genera (Roca y Padilla, 2003).

### G. OTROS FACTORES

Otro aspecto que puede influir en la IE es el grado de dependencia energética o la disponibilidad de recursos autóctonos. Los datos muestran unas IE más altas en los países productores de petróleo. Otra cuestión es cómo evoluciona la IE en el tiempo en estos países en función de sus pautas de crecimiento económico.

Las condiciones climáticas de cada país tienen una influencia considerable en los diferentes niveles de IE. Así, los países del norte de Europa tienen una IE más elevada que los del Mediterráneo por las mayores necesidades de calefacción. Este mismo factor hace rentable la introducción de medidas de eficiencia energética que se pueden ver reflejadas en la evolución de la IE de algunos países en algún momento en el tiempo.

Una vez analizados los elementos teóricos que permiten explicar la evolución de la intensidad energética general, se procede a particularizar el análisis para España.

## 2.3 Metodología del estudio

### 2.3.1. Definiciones

En este trabajo se aborda el análisis de la IE desde una perspectiva de arriba abajo (*top down*), utilizando las estadísticas energéticas y la contabilidad nacional. Los indicadores de eficiencia energética se han desarrollado y utilizado para la evaluación, monitorización y explicación de las comparaciones entre países sobre la productividad energética. Los indicadores energéticos son difíciles de conceptualizar y no existe una única definición. En la literatura especializada, la eficiencia energética se mide con indicadores basados en unidades físicas (por ejemplo, energía por unidad de producción de acero) y en unidades monetarias (por ejemplo, energía por millón de euros producidos). Estos indicadores tienden a utilizarse para distintos objetivos: diseño industrial, productividad económica, análisis de la sostenibilidad, seguridad energética, etc.

En función de cómo se contabilice el consumo energético se puede obtener distintos ratios de IE. En este trabajo se analiza la IE total (incluyendo todos los sectores productivos y el sector residencial) frente a otros estudios que analizan la IE industrial, que explica tan sólo entre un 20% y un 30% del consumo energético del país.

La incorporación del sector energético en el análisis de la IE es importante porque es uno de los principales consumidores de energía primaria, porque una parte importante de la mejora de la eficiencia de los sectores (industrial fundamentalmente) se debe a la sustitución de combustibles fósiles por electricidad (mejora de la IE sectorial industrial a costa del empeoramiento de la IE del sector eléctrico) y porque es un sector que ha tenido que abastecer fuertes crecimientos de demanda. Su omisión dejaría un 30% del consumo energético sin explicar. Por otro lado, la inclusión en el análisis de la IE de las familias responde a dos motivos: el primero, que para algunos países europeos su consumo energético puede superar el 30% del total; el segundo, que el transporte privado es uno de los vectores de crecimiento más importante del consumo energético total.

### 2.3.2. Metodología utilizada

El análisis de la IE se ha realizado con la metodología de descomposición de índices. La descomposición de índices cuantifica matemáticamente la contribución de cada sector a la evolución del indicador agregado. Una de las principales críticas a la literatura empírica sobre la IE es que los modelos econométricos utilizados no han sido capaces de identificar y cuantificar el efecto de variables clave, como los cambios estructurales y tecnológicos que acompañan al crecimiento económico.<sup>6</sup> La metodología de descomposición de índices permite cuantificar la contribución que cada sector ha tenido en la evolución total del indicador, y el impacto que tiene en la IE el cambio estructural y tecnológico de los sectores.

El interés académico por el análisis de la descomposición de índices comenzó tras la crisis energética de 1973/74, cuando los investigadores trataron de identificar maneras de calcular el impacto del cambio estructural en la producción industrial sobre la demanda energética de la industria. La descomposición de la IE industrial permitía entender mejor los mecanismos subyacentes en el cambio de la IE y la valoración de las políticas implementadas, así como evaluar las acciones futuras apropiadas y la posibilidad de realizar predicciones a largo plazo del indicador.

La metodología inicial era bastante sencilla y calculaba el efecto estructural en un año determinado manteniendo constantes en el valor del año base las IE sectoriales. De la misma forma, se calculaba el cambio de la intensidad sectorial, manteniendo constante la estructura económica del año base.

<sup>6</sup> Véase Ang y Zhang, (2000) para una revisión de los estudios más recientes

Con el tiempo se ha evolucionando hacia técnicas más sofisticadas. Concretamente el método Log Mean Divisia Index (LMDI I), que se utiliza en este informe, presenta varias ventajas prácticas para su aplicación, que lo hacen preferible frente a otros métodos (Ang et al., 2003; Ang, 2005) entre otros: el resultado no arroja un término residual; los resultados son consistentes en agregación, lo cual significa que los resultados a nivel de subgrupo pueden ser agregados para dar el efecto correspondiente a nivel de grupo; y es un método con el que se pueden incluir con facilidad más de dos factores, siempre que estén correctamente definidos en la función principal.

La intensidad energética total depende de la intensidad energética de cada sector productivo (en este caso 17 sectores incluyendo el transporte y la transformación energética), la participación el PIB de cada sector productivo y la intensidad energética del sector residencial que se mide como la energía consumida por los hogares y el transporte dividida por el PIB total.

A través de unos cálculos matemáticos explicados en el anexo A se puede descomponer la variación de la IE de forma aditiva en tres efectos:

- El efecto estructura explica la variación de la IE debida a un cambio en la participación de un sector en el PIB total. El efecto estructural total es la suma de todos los efectos estructurales de los 17 sectores.
- El efecto intrasectorial refleja la variación de la IE provocada por un cambio en la intensidad energética del sector. La suma de todos los efectos intrasectoriales es el efecto intrasectorial total.
- Efecto residencial muestra la variación de la IE debida a un cambio en la intensidad energética del sector residencial, que se compone de la IE de los hogares y la IE del transporte privado

De esta forma se puede desagregar la variación de la IE total en 36 variables, dos variables (estructural e intrasectorial) por cada uno de los 17 sectores y las dos variables del sector residencial. Este nivel de detalle permite analizar qué sectores y por qué motivo han influido más en la evolución de la IE.

La información estadística utilizada de consumo energético de los sectores viene de los balances energéticos de la IEA (IEA, 2010b). Para el caso español se cuenta además con las estadísticas más desagregadas proporcionadas por el Servicio de Estudios del IDAE para el transporte privado. En este análisis no se incluye la energía utilizada para usos no energéticos. Los datos de VAB provienen de los Agregados Macroeconómicos– Desglose en 31 ramas de actividad en series de volúmenes encadenados con el año 2000 de referencia publicadas por EUROSTAT. Eurostat sólo muestra información a partir del año 1995 para España y la UE 15 por lo que este estudio se concentra en el período 1995 a 2008. La elección del período de comparación es un factor esencial y los resultados serán radicalmente distintos. La utilización de estas fuentes estadísticas presenta ciertas limitaciones (véase cuadro 2.3).

Se debe aclarar también que sería deseable ajustar el VAB a la paridad de poder de compra (PPC) para las comparaciones internacionales pero estos factores de ajuste no existen para el nivel de desagregación utilizado.

### Cuadro 2.1. Limitaciones del indicador de intensidad energética.

**Contabilización del PIB.** Uno de los principales problemas al analizar los indicadores de IE es la constante revisión de la Contabilidad Nacional, la falta de detalle para algunos países, y la ruptura de series por cambios en la contabilización. Por ejemplo, hasta el año 2004 Eurostat y el INE contabilizaban el PIB en euros constantes de 1995, lo cual permitía examinar las series desde el año 1980. Un cambio metodológico a partir de 2005, con la introducción de la contabilización en volúmenes encadenados ha hecho que sólo se disponga de información desde 1995 y no para todos los países. Esto dificulta la comparación entre diferentes estudios.

**Consumo final.** Muchos estudios sobre la IE analizan tan solo el consumo final de los sectores y la mayor parte de los estudios se centran en el análisis de la IE industrial, lo cual puede llevar a conclusiones erróneas. Así, cualquier sector que sustituya combustibles primarios (por ejemplo fuel o carbón por electricidad) mostrará una mejora de la IE porque las pérdidas de transformación energética se trasladan al sector eléctrico, que no se analiza puesto que no es un sector consumidor final.

**Balanza comercial.** Si se tiene en cuenta que todos los productos y servicios tienen “enterrada” una cantidad de energía utilizada para su producción y venta, algunos países pueden externalizar aquellas actividades más intensivas en energía presentando así una menor IE.

**Economía sumergida.** Aunque los países estiman en la contabilidad nacional como PIB una parte de esa producción no declarada, se ha demostrado a lo largo del tiempo que la economía sumergida suele quedar “escondida” por lo que se está sobrevalorando el consumo energético con relación al PIB.



[ 03 ]

# . Análisis de la intensidad energética en España

**3.1. Estudios previos**

**3.2. Análisis tradicional de la intensidad energética directa en España**

**3.3. Comparación con Europa**

**3.4. Análisis de la intensidad energética corregida**

Una vez presentada la metodología a utilizar en este análisis, y los factores que pueden explicar la evolución de la intensidad energética, se procede en este capítulo a analizar la evolución de este indicador en España. En primer lugar se revisa la literatura existente de análisis de intensidad energética en España, para luego presentar el análisis desagregado de la intensidad en España, un trabajo no realizado hasta el momento y que ofrece una visión mucho más detallada e informativa de la evolución de este indicador. Posteriormente, y también con el fin de informar sobre las características particulares de la evolución de la IE en España se realiza una comparación con la Unión Europea (UE15). Finalmente se realizan unos ajustes al indicador para contabilizar los consumos directos e indirectos de los sectores y comprobar si se producen en la interpretación de la evolución de la IE.

## 3.1 Estudios previos

El estudio de la IE en España ha sido realizado desde diferentes perspectivas, sin llegarse en ninguna de ellas a obtener una imagen completa que permita explicar las razones que explican su evolución divergente con los países de su entorno económico.

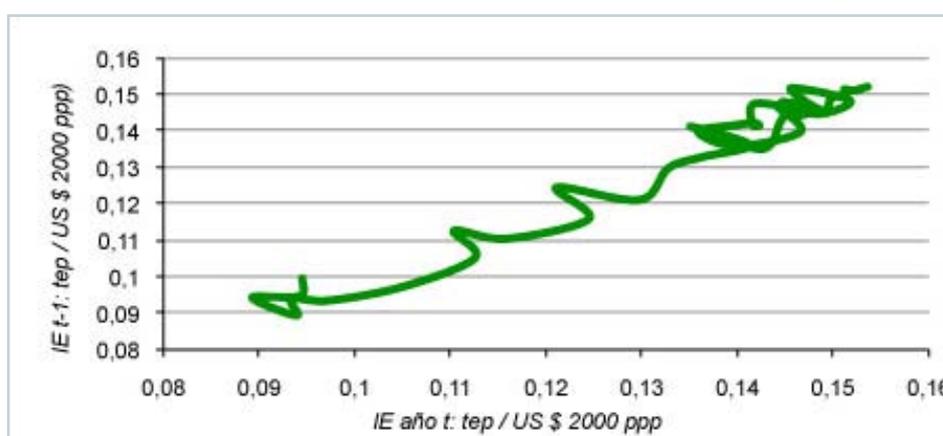
La investigación de los organismos gubernamentales está liderada por el Instituto de Ahorro y Diversificación Energética (IDAE), que publica con regularidad los Boletines de Ahorro, Eficiencia Energética y Energías Renovables y que participa activamente en la elaboración de los informes internacionales que realiza la Comisión Europea dentro del Proyecto ODYSEE de la Dirección General de Transporte y Energía de la Comisión Europea. En los últimos años se ha realizado un importante esfuerzo de medición de la sostenibilidad económica y energética mediante indicadores (entre los que se encuentra el de la IE) para evaluar la evolución energética española (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

En estos estudios divulgativos el análisis de la evolución de la IE está limitado a las variables básicas, lo que se puede explicar en gran medida por la escasez de estadísticas y por los problemas de homogeneizar unidades de análisis. Como el concepto de IE es tan amplio e incluye tantos factores con efectos contrarios (actividad y estructura económica, eficiencia energética de multitud de sectores, tecnologías de generación de electricidad, precios, etc.) no se pueden sacar conclusiones definitivas observando sólo de forma descriptiva las tendencias temporales de las grandes magnitudes, por lo que se hace necesario introducir análisis econométricos y/o matemáticos.

Desde el punto de vista académico existen varios trabajos que abordan la cuestión de la IE en España. El análisis de Ramos-Martín (2003) sostiene que los sistemas económicos se sitúan en torno a puntos “atractores” de consumo

energético estables que son seguidos por cambios radicales en el paradigma tecnológico y en la estructura industrial del país, lo que implica un movimiento hacia otro punto atractor, que da cierta estabilidad al equilibrio dinámico, pero en un diferente nivel de consumo energético. Según este autor el desarrollo de las sociedades consiste en transitar de un punto atractor al siguiente. Este efecto se muestra para la economía española en el gráfico 3.1. En el eje vertical se representa la IE en el año  $t-1$ , mientras que en el eje horizontal se representa la misma variable para el año  $t$ . Al unir esos puntos se muestra la existencia de puntos atractores en los años 1960- 1966, una fase de “reenergetización” de la economía, y otro punto atractor, más difuso, entre 1976-2001. La conclusión de este análisis es que si se examina un período corto de tiempo, el cambio estructural puede traer un período de estabilidad, que podría confundirse con un período de desmaterialización, pero al ampliar el período analizado se puede apreciar una trayectoria bien distinta.

**Gráfico 3.1. Diagrama de fases de la intensidad energética en España**



Fuente: Elaboración propia a partir de Ramos-Martín (2003) y balances energéticos de la IEA (IEA, 2008a).

Por otro lado, Ramos-Martín identifica una correlación entre el consumo energético del sector productivo y la productividad de la economía española, por el que los cambios en la IE de España se producen por las diferencias en la velocidad de ajuste entre el consumo energético y la productividad y/o por los cambios ocurridos fuera del sector de trabajo remunerado. En el caso español, el aumento del consumo de energía en los sectores productivos lleva aparejado un incremento de la productividad económica del trabajo, lo cual significa que se reduce el tiempo dedicado a actividades que generan valor añadido y se produce un aumento del tiempo de ocio en el sector residencial, lo que se traduce en un aumento de la energía consumida por este sector. La conclusión es que el aumento de la capitalización de los hogares, y su consiguiente incremento del consumo energético, es uno de los factores que explica el aumento de la IE en España.

Otros investigadores utilizan las tablas input-output para calcular la descomposición estructural de la IE e identificar los motivos que explican las diferencias en las IE en la industria entre los distintos países de la Unión Europea (Alcántara y Duro, 2004). Su conclusión es que las diferencias en Europa se producen principalmente por el efecto directo de la intensidad de la energía y por el efecto de la demanda, sin que las diferentes estructuras económicas de los países sean un factor importante. Los países más relevantes en el consumo de energía industrial son también los más relevantes cuando se analizan los sectores en la UE. Por ello, el control del consumo de energía en un número reducido de sectores industriales y en un grupo de países puede tener efectos muy positivos en la reducción del consumo energético europeo. El mayor inconveniente de este análisis es que no estudia la evolución de la IE en su conjunto al no incluir la evolución del sector terciario, del transporte y residencial.

En el marco de la Estrategia de Eficiencia Energética Española (E4) se realizaron varios estudios para identificar el ahorro potencial de energía en varios procesos productivos industriales, siguiendo la teoría microeconómica de producción de Farrel (Aranda et al., 2003). En primer lugar, los autores estiman las funciones de producción de tres sectores industriales (metales, químico y agroalimentario) y plantean un problema de minimización del coste para calcular el volumen de producción.<sup>1</sup> Su conclusión es que las empresas tienden a sustituir los actuales procesos de producción, intensivos en mano de obra, por otros más intensivos en capital, que son a su vez más consumidores de energía. En una segunda fase, analizan diferentes instalaciones mediante la realización de 160 diagnósticos energéticos y calculan los potenciales de ahorro energético y económico que se pueden alcanzar con medidas amortizables en un plazo de tiempo razonable (entre 3 y 5 años). Sus conclusiones son:

- En la fabricación de productos metálicos y maquinaria y equipo mecánico (excluyendo la metalurgia), el ahorro energético en las empresas pequeñas (entre 5 y 15 empleados) puede ser del orden del 1,5% de su consumo energético y del 5,5% en las empresas medianas (más de 15 empleados).
- En el sector químico los ahorros energéticos ascenderían al 5%.
- En el sector agroalimentario, existe una gran diversidad de empresas con gran dispersión geográfica y con un consumo energético relativamente reducido en comparación con otras industrias. El potencial de ahorro energético es del orden del 15% de su consumo energético en las pequeñas empresas y tan sólo del 5% en las empresas medianas.

Otro estudio en esta línea de investigación (Esteban et al., 2003) analiza el potencial de reducción del consumo energético de algunos sectores siguiendo un enfoque *bottom-up* (de arriba abajo). Su conclusión es que se puede mejorar la eficiencia de las empresas españolas reduciendo su consumo energético en un 23%. Las empresas se clasifican en tres grupos:

- Empresas en las que, curiosamente, la introducción de mejoras tecnológicas aumentaría su consumo energético (sector cárnico, bebidas, estructuras metálicas e instrumentos a medida), puesto que desde un punto de vista económico la solución eficiente es consumir más energía.
- Hay varios sectores que pueden reducir su consumo energético en más de un 90% (madera, muebles, mecánica, fabricación de otras máquinas y textiles y tejidos).
- Hay un grupo de sectores asociados a la construcción cuyo potencial de mejora es reducido (azulejos y baldosas, hormigón y piedra).

Estos estudios no cubren la totalidad de las industrias españolas, entre las que destacan ramas muy intensivas en energía como son la metalurgia (22% del consumo energético industrial en 2004) y la fabricación del cemento (que supone casi la mitad del consumo energético de minerales no metálicos con un 34%).

Dentro de los estudios críticos con la E4, algunos autores demuestran que a corto plazo la reducción del consumo energético en los sectores clave de la economía limita el crecimiento económico (Climent y Pardo, 2007). Existen datos empíricos que demuestran que una restricción en el suministro energético (como en el embargo de 1974 o el racionamiento energético en Brasil en 2002) es un freno para el crecimiento económico. Las relaciones de causalidad entre consumo energético y PIB han sido analizadas para distintos países mediante diversas técnicas estadísticas y econométricas, que pretenden cuantificar la fuerza con la que se produce el vínculo entre estas dos variables,

<sup>1</sup> Para ello, utilizan el valor añadido como medida de output y las variables exógenas de capital, trabajo y gasto en energía, y gastos e indirectos como la publicidad como inputs directos. Existen otros inputs estratégicos como la diferenciación de producto y la publicidad que pueden originar diferencias en la competitividad de las empresas y desviaciones respecto a la frontera de producción.

aunque las investigaciones arrojan resultados “no concluyentes y ambiguos” en función de la metodología utilizada, en la frecuencia de los datos y en los países analizados. Según estos autores, esto se debe a que existen una serie de factores que debilitan o esconden las relaciones entre el consumo energético y el crecimiento económico o que simplemente omiten variables relevantes en el análisis. Para demostrar estas hipótesis, realizan un análisis bivalente entre el consumo energético y el PIB a largo plazo para España, que demuestra que no existe una relación bidireccional como consecuencia clara de la omisión de variables. Al realizar un análisis multivalente de la relación entre consumo energético y crecimiento económico, considerando las variables de empleo, índice de precios al consumo (IPC) y precio del crudo *Brent*, se demuestra que estas variables son informativas en el vínculo PIB-energía, ya que se detecta una causalidad a corto plazo unidireccional entre consumo energético y PIB (es el consumo energético el que determina el crecimiento económico y puede limitarlo) y bidireccional a largo plazo.

Por lo que se refiere al análisis del indicador de la intensidad energética, Marrero y Ramos-Real (2008) analizan su evolución en los países de la UE15. Estos autores concluyen que entre las causas de la divergencia del caso español con respecto a la UE15 están una pérdida de competitividad del sector servicios debido a la escasa competencia a la que está sujeta el sector y el boom de la vivienda que ha motivado un incremento de la industria cementera muy intensiva en el uso de energía. No obstante estos autores tan sólo analizan la IE del sector servicios y la industria, dejando un porcentaje muy alto del consumo energético sin explicar (transporte, residencial y sector energético).

Finalmente, la Fundación Repsol ha creado un indicador de eficiencia energética de la economía española agregando diferentes indicadores sectoriales de eficiencia energética. Aunque el indicador resultante no se asemeja al de la IE, el estudio parcial de indicadores, como la eficiencia energética del transporte o de los hogares, pueden ser útiles para realizar recomendaciones más concretas. El principal inconveniente de este enfoque es que no se puede comparar a priori con otros países por la ausencia de datos homogéneos y porque infravalora el efecto actividad, que muchas veces supera el efecto eficiencia energética.

## 3.2

### Análisis tradicional de la intensidad energética directa en España

#### 3.2.1. Evolución de la intensidad energética sectorial

A continuación se analiza la evolución de la IE entre 1995 y 2008, que presenta dos fases muy diferenciadas. En la primera, entre 1995 y 2004, la IE creció constantemente, siguiendo la trayectoria inversa a otros países europeos, y alcanzó su pico en 2004 con un ratio de 203 tep/M€ (un 19% superior al de la UE15 en ese año). A partir de 2005, distintas circunstancias que se analizarán posteriormente han llevado a un descenso del consumo energético y reducción pronunciada de la IE. Si entre 1995 y 2004 la IE creció un 5% en los cuatro años siguientes la IE se redujo un 11%, acortando así las distancias con la UE15.

En este período el incremento de IE sectorial más significativo se produce en el sector terciario (+31%). No obstante su IE es todavía muy baja (21 tep/ M€ 95) e inferior a la de la UE15.

El sector eléctrico presenta una evolución muy favorable y reduce la IE en un 26%. Esto se debe a cambios profundos en el mix de generación de electricidad como se explica más adelante.

En el caso del refino y otra transformación energética se produce lo contrario, a partir de 2006 aumentan considerablemente los consumos propios de gas y se reducen los ingresos por la actividad extractiva de petróleo y

gas. Estos dos efectos hacen que su IE aumente mucho en el período. En el caso de la industria, se producen dos fases diferenciadas. Hasta 2004 la IE aumenta un 8%. En los años siguientes se produce el efecto contrario, aunque de forma más acentuada en los metales básicos.

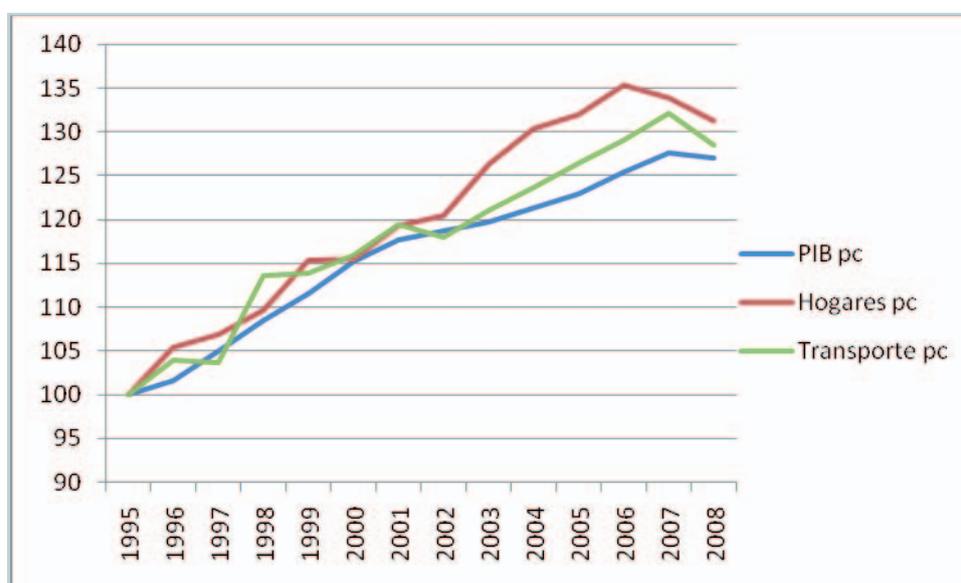
**Tabla 3.1. Evolución de la intensidad energética en España entre 1995 y 2008 (tep/M€)**

	1995	2004	2008		Var 95-04	Var 04-08
Electricidad	2.675	2.286	1.974		-15%	-14%
Refino y otros	2.176	2.890	3.721		33%	29%
AGRICULTURA	103	139	116		36%	-17%
INDUSTRIA	161	174	146		8%	-16%
Metales básicos	307	337	239		10%	-29%
Química	296	286	280		-3%	-2%
Prod no metálicos	664	768	723		16%	-6%
Mat Transporte	64	84	59		30%	-29%
Maquinaria	63	93	79		48%	-15%
Minería	265	241	288		-9%	19%
Alimentación	152	216	148		42%	-32%
Papel	194	226	217		17%	-4%
Madera	82	339	281		313%	-17%
Construcción	5	7	7		41%	-3%
Textil	153	156	104		2%	-33%
Otros	492	343	434		-30%	27%
TRANSPORTE	668	795	750		19%	-6%
TERCIARIO	16	20	21		22%	7%
Residencial	21	23	22		9%	-5%
Tpte residencial	19	19	19		2%	-1%
<b>TOTAL</b>	<b>193</b>	<b>203</b>	<b>180</b>		<b>5%</b>	<b>-11%</b>

Fuente: Elaboración propia.

El transporte de mercancías incrementa su IE en el período un 12% hasta los 750 tep/M€. Esta cifra excluye el consumo del sector residencial, al disponer de cifras de consumo energético de los turistas. Se debe destacar que en este caso el transporte privado corresponde únicamente al que se realiza en vehículo particular, puesto que aunque las familias se desplazan en autobús o tren, esto se considera un servicio retribuido que genera VAB y que se incluye en el total del VAB del transporte. La IE del transporte privado (19 tep/M€ 95) se calcula sobre el PIB total de la economía, de la misma forma que se hace con el consumo de los hogares.

Por otro lado, en los hogares aumenta la IE (+4%) hasta los 22 tep/M€ en 2008. Los datos muestran una mejora de su ratio a partir de 2005 tras años de fuerte crecimiento. Como se puede apreciar en el gráfico 3.2, los españoles han aumentado en estos años su consumo energético en sus hogares y en sus vehículos por encima del crecimiento de su renta per cápita, lo cual puede reflejar en parte el proceso de convergencia con Europa (electrodomésticos y posesión de vehículos) así como la reducción de los precios de la energía en comparación con otros bienes.

**Gráfico 3.2. Crecimiento del consumo energético de los hogares entre 1995 y 2008 (1995=100).**

Fuente: Elaboración propia a partir de los balances energéticos de la IEA (IEA, 2010b).

### 3.2.2. Desagregación de la intensidad energética en España

A continuación se muestran los resultados del ejercicio de desagregación de la IE en España en el período 1995-2008, siguiendo la metodología LMDI I descrita anteriormente. En primer lugar se muestra el resultado de la desagregación para los dos períodos. Después, para comprender la evolución de cada sector, se analiza su evolución anual. En los gráficos 3.4 a 3.7 se muestra la descomposición de IE cada año (esto es 1995-1996, 1996-1997, ..., 2007-2008) en los tres efectos descritos y se transforman en índice con 1995 como base 100.

En la tabla 3.2 se muestran los resultados de la desagregación de la IE en España. Esta tabla es útil para comprender en conjunto las dos tendencias, la de crecimiento de la IE entre 1995 y 2004 y la de disminución de la misma entre 2004 y 2008. No obstante, el análisis de la evolución anual da una imagen más completa. La suma del efecto estructural ("Str"), intrasectorial ("Int") y residencial total ("Resid") es la diferencia de IE entre 1995 y 2004 y entre 2004 y 2008. El efecto estructural (o intrasectorial) total es la suma de los efectos de cada sector. En la columna "total" se representa la suma para cada sector de los dos efectos, esto es cómo cada sector afecta a la IE total. En la columna titulada "% total" se recoge el porcentaje de la variación total que corresponde a ese sector.

En el gráfico 3.3 se muestra la desagregación de la evolución de la IE total en sus tres efectos. Es interesante contrastar este gráfico con los resultados ofrecidos en la comparación con la UE15 más adelante para comprender la divergencia experimentada hasta el año 2004 y la convergencia a partir de entonces. La combinación de ambos análisis permite sacar conclusiones que otros trabajos no han podido apreciar por limitarse a un número menor de sectores o a un solo país o a un período temporal diferente.

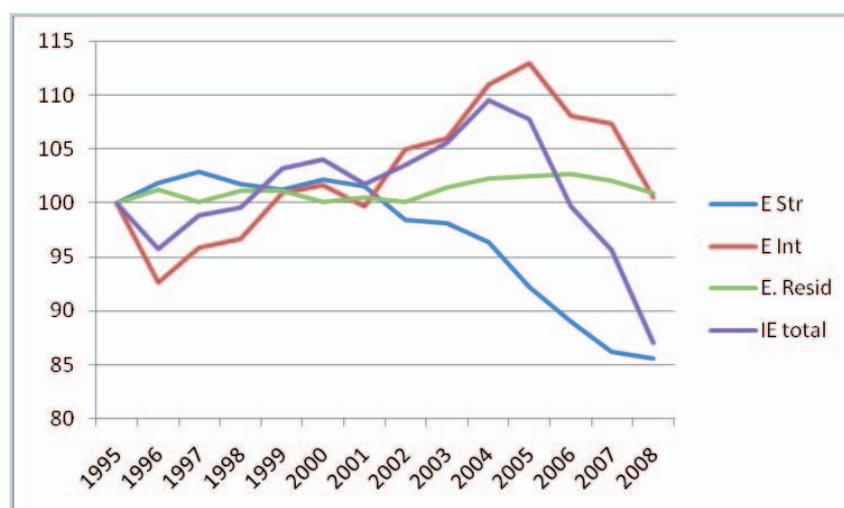
La IE disminuyó en 13,9 tep/M€ entre 1995 y 2008 con dos períodos diferenciados. El descenso de 22,5 tep/M€ entre 2004 y 2008 compensó con creces el aumento entre 1995 y 2004 de 9,6 tep/M€. A grandes rasgos el descenso de la IE se debe a la reducción de -14,9 tep/M€ por el efecto estructural (el menor peso en la economía de algunas ramas productivas), el mantenimiento en niveles similares de las intensidades energéticas sectoriales (efecto intrasectorial) y el ligero aumento de 1,3 tep/M€ por el efecto residencial (hogares y transporte).

**Tabla 3.2. Desagregación de la intensidad energética en España entre 1995 y 2008 (tep/M€).**

	Desagregación 1995-2004					Desagregación 2004-2008				
	Str	Int	Resid	Total	% total	Str	Int	Resid	Total	% total
Energía	6,05	-7,64		-1,59	-17%	-0,62	-6,50		-7,12	32%
Refino y otros	-7,17	4,32		-2,85	-30%	-3,47	3,50		0,03	0%
AGRICULTURA	-0,87	1,49		0,62	6%	-0,63	-0,82		-1,44	6%
INDUSTRIA	1,27	3,33		4,61	48%	-3,07	-7,13		-10,20	45%
Metales básicos	0,27	0,81		1,08	11%	-0,57	-2,60		-3,17	14%
Química	-0,22	-0,23		-0,45	-5%	-0,77	-0,14		-0,92	4%
Prod no metálicos	0,56	1,41		1,97	21%	-1,24	-0,58		-1,82	8%
Mat Tpte	0,00	0,37		0,37	4%	-0,09	-0,45		-0,54	2%
Maquinaria	0,06	0,70		0,76	8%	-0,18	-0,31		-0,49	2%
Minería	0,01	-0,05		-0,04	0%	-0,13	0,09		-0,05	0%
Alimentación	-1,06	1,59		0,53	6%	-0,20	-1,47		-1,67	7%
Papel	0,12	0,51		0,63	7%	-0,33	-0,15		-0,48	2%
Madera	-0,02	1,03		1,01	11%	-0,13	-0,22		-0,35	2%
Construcción	0,08	0,18		0,26	3%	-0,01	-0,02		-0,03	0%
Textil	-0,53	0,03		-0,50	-5%	-0,36	-0,45		-0,81	4%
Otros	0,25	-1,26		-1,01	-11%	-0,59	0,73		0,14	-1%
TRANSPORTE	-1,58	5,81		4,24	44%	-2,01	-1,97		-3,98	18%
TERCIARIO	0,04	2,24		2,28	24%	0,57	0,91		1,48	-7%
Residencial			1,9	1,9	20%			-1,1	-1,1	5%
Tpte residencial			0,4	0,4	4%			-0,2	-0,2	1%
<b>TOTAL</b>	<b>-4,0</b>	<b>11,3</b>	<b>2,3</b>	<b>9,6</b>		<b>-10,8</b>	<b>-10,5</b>	<b>-1,3</b>	<b>-22,5</b>	

Fuente: Elaboración propia.

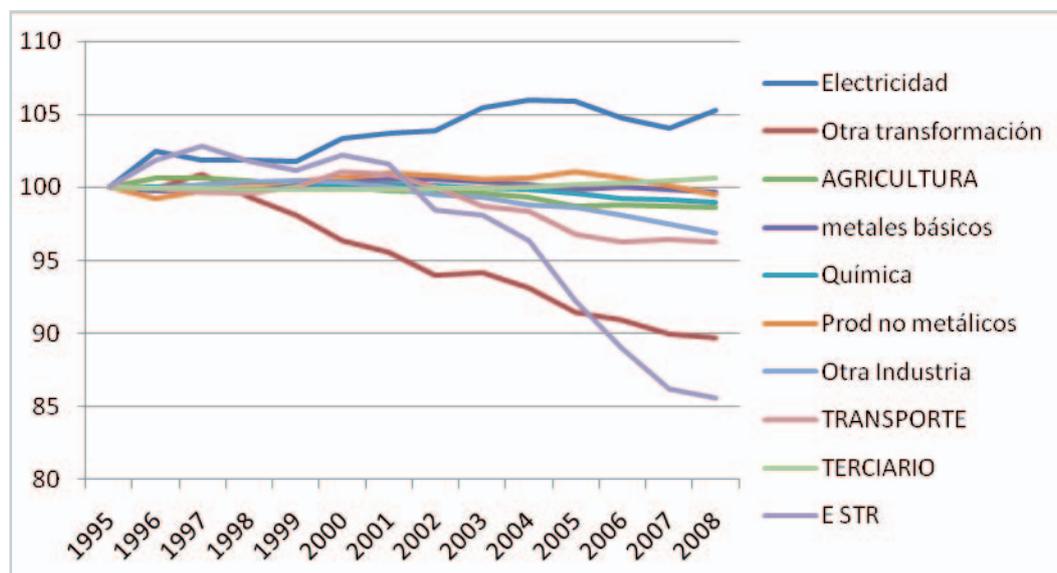
No obstante cuando se analiza la evolución anual se comprueba que la IE total sigue la misma trayectoria que el efecto intrasectorial. Esto es así porque el efecto estructural se compensa inicialmente con el crecimiento del consumo energético de las familias. No obstante, a partir de 2004, los tres efectos comienzan la senda de reducción por diferentes motivos, y sobre todo, como el efecto estructural es especialmente fuerte, su influencia es muy marcada en el período total.

**Gráfico 3.3. Desagregación de la intensidad energética en España (1995=100).**

E Str: Efecto Estructural; E Int: Efecto intrasectorial; E Resid: Efecto Residencial. Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es conocer cuál ha sido la incidencia de los sectores en la evolución de cada efecto. En el gráfico 3.4 se muestra la evolución entre 1995 y 2008 del efecto estructural. La actividad de transformación energética, y el transporte en menor medida son los principales responsables de la evolución estructural (esto es, la pérdida de peso de estas actividades sobre el PIB). En el caso de la actividad de transformación energética, la pérdida de peso en el PIB total se debe posiblemente al descenso de ingresos de las actividades extractivas de crudo y gas: la producción de crudo desciende de 260 a 129 ktep y la de gas de 309 a 140 ktep y el VAB de la extracción energética se reduce desde los 775 M€ a los 454 M€; este efecto se compensa parcialmente por el efecto intrasectorial. Los sectores industriales y el sector del transporte pierden peso también frente al aumento del terciario y del sector eléctrico.

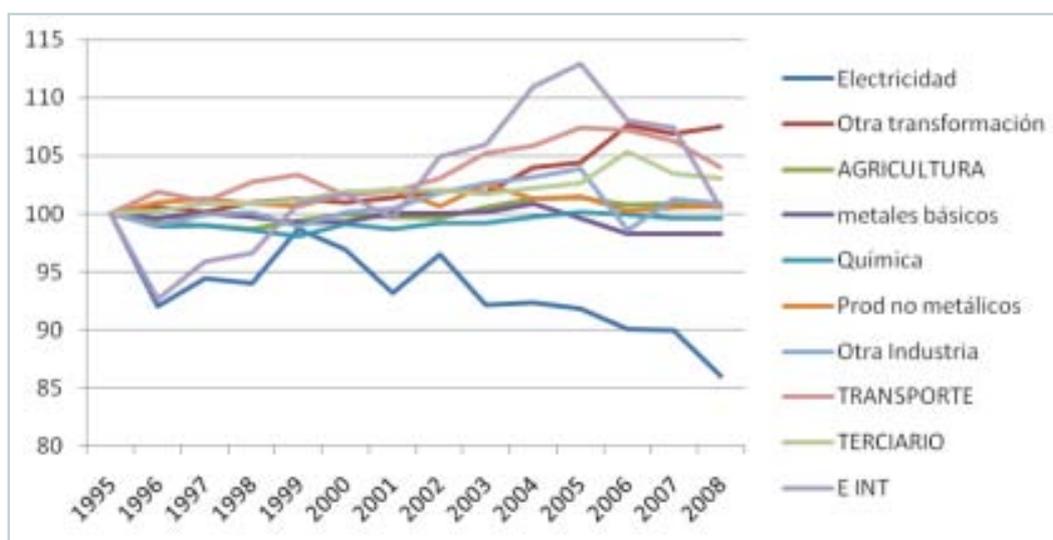
**Gráfico 3.4. Efecto estructural por sectores en España (1995=100).**



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3.5 se muestra la evolución entre 1995 y 2008 del efecto intrasectorial de los sectores donde se percibe claramente el aumento fuerte hasta el año 2004 de la IE por el impulso del transporte y la industria, y el descenso pronunciado a partir de entonces. El sector que más destaca, por su fuerte contribución al descenso de la IE es el eléctrico. Esto se debe, por un lado, a una mejora en la eficiencia de la producción y abastecimiento de electricidad y por otro a un crecimiento de su VAB. La eficiencia mejora porque la generación con ciclo combinado de gas pasa de suponer el 2% de la generación en 1995 al 39% en 2008. Por su parte las energías renovables, fundamentalmente la eólica, aumentan su participación desde el 1% al 12,5% en 2008. Como la eficiencia – de acuerdo con las convenciones estadísticas – de estas tecnologías es superior – gas (57%) y renovables (100%) – a la del carbón (38%) y la nuclear (33%), se consigue generar más (la demanda crece un 87% en el período) consumiendo menos energía primaria (los insumos tan sólo crecen un 25%). Véase el anexo B para una explicación de los ratios de eficiencia en la generación de electricidad.

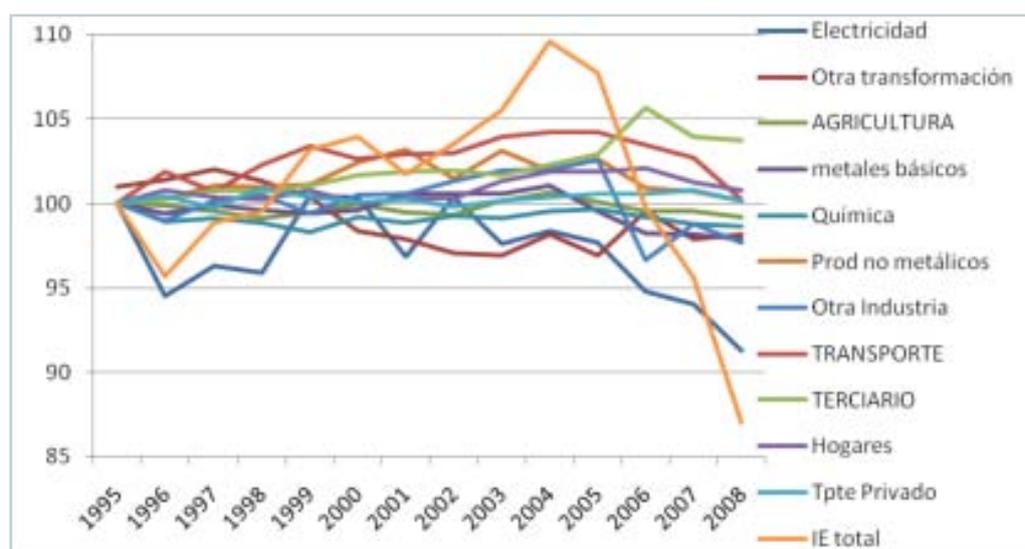
Por último, resulta esclarecedor analizar la influencia de cada sector - considerando conjuntamente los dos efectos, estructural e intrasectorial – sobre la IE. En el gráfico 3.6 se muestra la evolución entre 1995 y 2008 de este efecto conjunto. En algunos casos los efectos se compensan, como es el caso de la transformación energética y el transporte mientras que el efecto conjunto de otros sectores cobra más relevancia como es el caso de la industria (que reduce la IE en 5,6 tep/M€) y el transporte (que aumenta la IE en 3,8 tep/M€).

**Gráfico 3.5. Efecto intrasectorial por sectores en España (1995=100).**

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades industriales son responsables en buena medida de la evolución de la IE en los dos períodos, tanto en su crecimiento como en su reducción. Las actividades ligadas a la construcción son también las que más influyen en la evolución de la IE industrial. Estos sectores han disfrutado de unas tarifas eléctricas muy bajas hasta 2006.

En el primer período se produce también un aumento importante del transporte de mercancías, que podría también estar ligado a la actividad constructora. El sector terciario es el único sector que no corrige su crecimiento en el segundo período.

**Gráfico 3.6. Efecto de cada sector sobre la intensidad energética en España (1995=100).**

Fuente: Elaboración propia.

## 3.3 Comparación con Europa

### 3.3.1. Comparación de las intensidades energéticas sectoriales

En la comparación del caso español con la UE15 se buscan las claves diferenciales entre el comportamiento español y la evolución de la UE15 y no se pretende realizar un análisis exhaustivo de cada país europeo. Desafortunadamente las estadísticas de valor añadido bruto desagregado no están disponibles para todos los países de la UE15.

Entre 1995 y 2008 la IE disminuyó en España en -13 tep por cada millón de euros (-7%), mientras que en la UE15 se redujo en -33,6 tep (-18%). Los datos disponibles muestran que por países las mayores reducciones se produjeron en Suecia (-34%) y en los Países Bajos (-26%). En términos absolutos en 2008 los países con unas IE más bajas son Dinamarca (115 tep/M€), Italia (145 tep/M€) y Alemania (150 tep/M€), mientras que tan solo Finlandia (234 tep/M€) y Bélgica (194 tep/M€) presentan una peor IE que España. Una primera conclusión al analizar estos ratios es que la renta per cápita y la especialización productiva influye en los niveles de la IE y es uno de los aspectos que diferencian a España y la UE15.

En la tabla 3.3 se muestran los valores de la IE en la UE15 y se comparan con los del caso español para el período 1995-2008. En la última columna se muestra la diferencia entre España y la UE15 para el año 2008. Así, la IE en España es un 19% superior a la de la UE15 en ese año. Los puntos favorables son la menor IE en el sector residencial y en los servicios. Los países mediterráneos parten de niveles mucho más bajos de IE pero crecen y convergen hacia niveles europeos, mientras que los países nórdicos y centroeuropeos reducen progresivamente la IE del sector residencial y estabilizan la del sector servicios. Uno de los motivos de esta mejora es que las bajas temperaturas y en consecuencia el mayor consumo energético para calefacción (también influido por el nivel de ocupación de los hogares), fomentan la introducción de mejoras de eficiencia en los sistemas de calefacción y el aprovechamiento de calor. En los países mediterráneos se parte de niveles inferiores de IE por las mejores condiciones climatológicas. Pero el proceso de convergencia de renta hacia niveles europeos, implica un aumento del equipamiento de las oficinas y otros establecimientos de servicios y las temperaturas más altas provocan un mayor recurso a sistemas de climatización. Además, estos países se especializan en el sector turístico que es más intensivo en energía. Por ello, la segunda conclusión es que los sectores de servicios y residencial tienen una IE menor, pero que esconden un efecto temperatura que si se descontase no mostraría unos ratios tan favorables. En el siguiente capítulo se analizarán los consumos indirectos de estos sectores en el caso español, lo cual permitirá completar estas conclusiones.

Por lo que se refiere a las IE del transporte, en España son superiores a las del resto de países, exceptuando a Grecia y Portugal. La escasa información estadística sobre el consumo energético en el transporte a nivel internacional impide profundizar más.

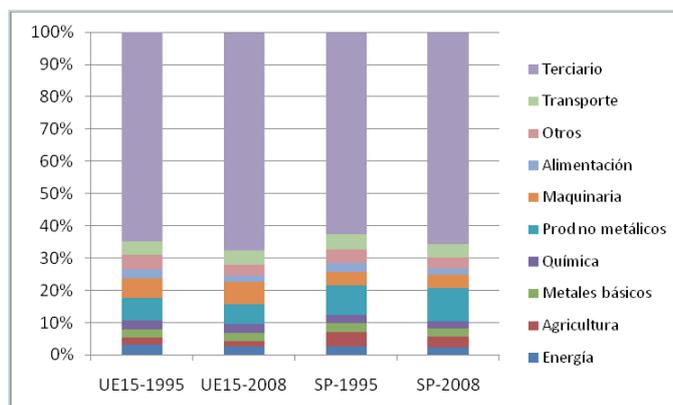
En cuanto a la comparación de la evolución de la IE industrial, los ratios son especialmente superiores en España en el caso de los productos no metálicos (un 37% superior), los metales básicos (un 21% superior) y la química (un 60% superior). Por eso la tercera conclusión es que aunque la IE de la industria española ha mejorado, no lo ha hecho tanto como la de la UE15. Una de las razones de esas diferencias puede ser que la estructura productiva española se ha especializado en actividades que requieren más energía. Por ejemplo, en el caso de los minerales no metálicos, una buena parte de su mercado y de su crecimiento se debe a la construcción, que demanda estos materiales con un alto contenido energético (la IE del cemento es de 2.000 tep/M€ y la del acero 878 tep/M€). No obstante estas conclusiones son provisionales, puesto que se debe analizar los consumos indirectos de estos sectores para tener una imagen completa de su evolución.

**Tabla 3.3. Intensidades energéticas por sectores en la UE15 y España (tep/M 95)**

	UE15		España		Diferencia
	1995	2008	1995	2008	Esp/UE (2008)
Electricidad	2.448	2.167	2.675	1.974	-9%
Refinerías y otros	1.029	1.346	2.176	3.721	177%
AGRICULTURA	150	119	103	116	-3%
INDUSTRIA	138	116	161	146	26%
Metales básicos	271	197	307	239	21%
Química	256	175	296	280	60%
Prod. no metálicos	541	529	664	723	37%
Mat Transporte	47	40	64	59	49%
Maquinaria	60	38	63	79	110%
Minería	231	147	265	288	96%
Alimentación	134	137	152	148	8%
Papel	213	229	194	217	-6%
Madera	138	219	82	281	28%
Construcción	10	10	5	7	-34%
Textil	90	84	153	104	24%
Otros	416	450	492	434	-3%
TRANSPORTE	883	683	1.066	1.196	75%
TERCIARIO	25	22	16	21	-6%
RESIDENCIAL	34	27	21	22	-21%
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>152</b>	<b>193</b>	<b>180</b>	<b>19%</b>

Fuente: Elaboración propia

En definitiva aunque la evolución de la IE de cada sector es importante, lo que es más relevante es cómo estos sectores afectan a la IE total. La comparación de la estructura económica de España y de la UE15 (gráfico 3.7) confirma lo anterior. Por ejemplo, la actividad de la construcción tiene un porcentaje del PIB en España mucho más alto que la UE15 (10% frente al 6%). Esto se debe en parte a las fuertes inversiones en infraestructuras, viviendas principales y segundas residencias, lo cual ha empujado la demanda energética de otros sectores. En los minerales no metálicos y los metales básicos se combinan por tanto dos efectos: una mayor contribución al PIB español y una IE elevada al concentrarse en este tipo de actividades.

**Gráfico 3.7. Desglose del PIB en la UE15 y España**

Fuente: EUROSTAT (2009a) e INE (2010).

### 3.3.2. Desagregación de la intensidad energética en la UE15

El objetivo de esta sección es averiguar cuáles son los sectores clave que marcan las principales diferencias entre el descenso de la IE en -34 tep/M€ entre 1995 y 2008 en la UE15 y de -13,9 tep/M€ en el caso español. Para ello se utiliza el modelo LMDI I y se desagrega el crecimiento de la IE total en los 17 sectores en España y en la UE15 y en los tres efectos: estructural, intrasectorial y residencial.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados de la desagregación de la IE en la UE 15 y en España. Al igual que la tabla 3.2, esta tabla permite comprender las diferentes tendencias y se complementa con el análisis de la evolución anual. La suma del efecto estructural, intrasectorial y residencial total es la diferencia de IE entre el año 1995 y 2008. El efecto estructural (o intrasectorial) total es la suma de los efectos de cada sector. En la columna "Total" se representa la suma para cada sector de los dos efectos, esto es cómo cada sector afecta a la IE total. En la columna titulada "% total" se recoge el porcentaje de la variación total que corresponde a ese sector.

El efecto intrasectorial es el responsable de la mayor parte de la evolución de la IE en la UE15, donde los sectores mejoran sus intensidades en -17,2 tep/M€. En el caso español es el efecto estructura el que determina el descenso de la IE en el período.

**Tabla 3.4. Desagregación de la intensidad energética en España y en la UE15 entre 1995 y2008**

	UE-15					España				
	Str	Int	Resid	Total	% total	Str	Int	Resid	Total	% total
Electricidad	-3,56	-5,09		-8,65	26%	4,96	-13,67		-8,71	67%
Refinerías y otros	-6,80	3,23		-3,57	11%	-10,99	8,17		-2,83	22%
AGRICULTURA	-0,50	-0,65		-1,14	3%	-1,32	0,50		-0,83	6%
INDUSTRIA	-2,48	-5,30		-7,78	23%	-1,79	-3,80		-5,59	43%
Metales básicos	-0,24	-1,72		-1,96	6%	-0,31	-1,78		-2,09	16%
Química	0,41	-2,19		-1,78	5%	-1,00	-0,37		-1,36	11%
Prod no metálicos	-0,85	-0,09		-0,94	3%	-0,61	0,75		0,15	-1%
Mat Tpte	-0,01	-0,15		-0,16	0%	-0,08	-0,09		-0,17	1%
Maquinaria	0,44	-0,97		-0,54	2%	-0,10	0,36		0,27	-2%
Minería	0,01	-0,15		-0,14	0%	-0,13	0,04		-0,09	1%
Alimentación	-0,85	0,09		-0,77	2%	-1,04	-0,10		-1,14	9%
Papel	-0,75	0,28		-0,46	1%	-0,19	0,34		0,15	-1%
Madera	-0,20	0,31		0,10	0%	-0,08	0,74		0,66	-5%
Construcción	-0,10	0,00		-0,09	0%	0,07	0,15		0,23	-2%
Textil	-0,53	-0,06		-0,59	2%	-0,81	-0,50		-1,31	10%
Otros	-0,70	0,24		-0,46	1%	-0,43	-0,44		-0,88	7%
TRANSPORTE	3,54	-8,77		-5,23	16%	-5,38	5,79		0,41	-3%
TERCIARIO	0,61	-1,48		-0,86	3%	0,56	3,19		3,75	-29%
Residencial			-6,4	-6,36	19%			0,8	0,81	-6%
<b>TOTAL</b>	<b>-10,1</b>	<b>-17,2</b>	<b>-6,4</b>	<b>-33,6</b>		<b>-16,9</b>	<b>3,1</b>	<b>0,8</b>	<b>-13,0</b>	

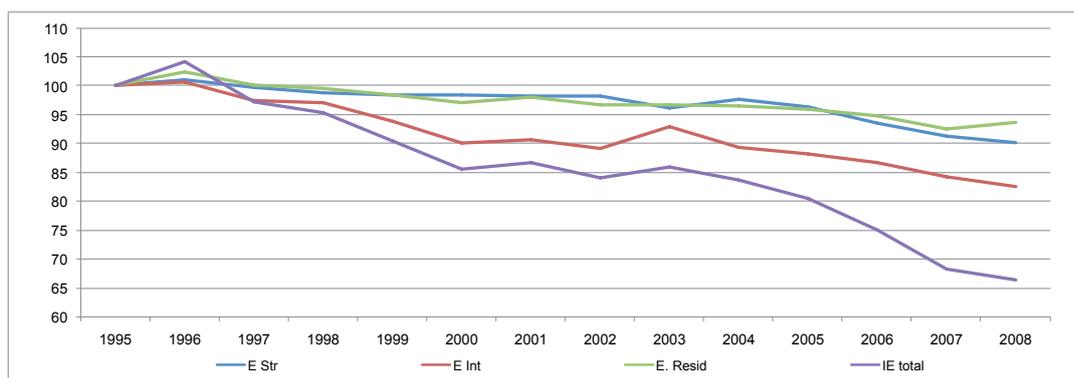
Fuente: Elaboración propia

Por sectores las mayores diferencias se producen en el terciario, el transporte, el sector residencial y, en menor medida, en la industria, en particular en los minerales no metálicos, por las razones antes descritas.

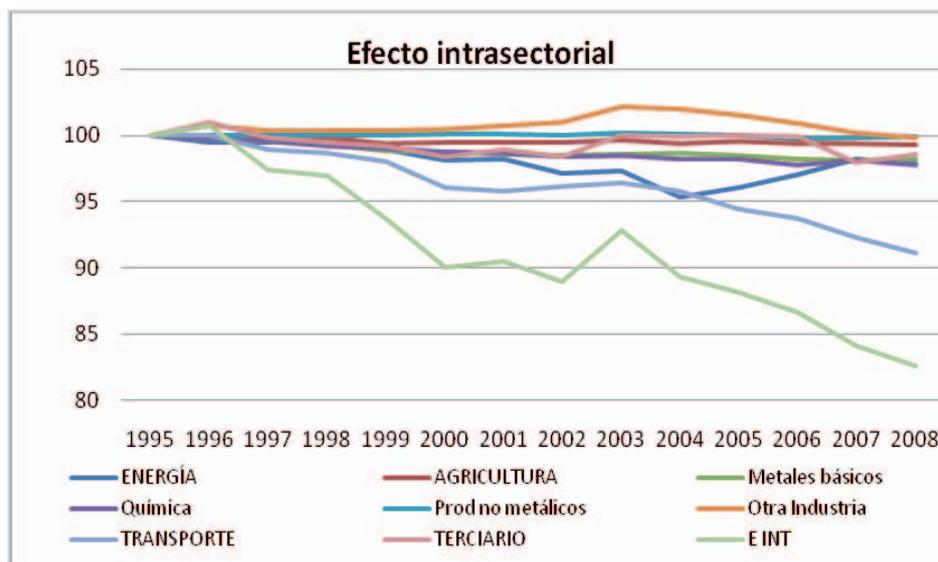
El sector terciario incrementa la IE en España en (+5,75tep/M€), mientras que se reduce en la UE15. La mejora de los sistemas de calefacción y el aprovechamiento de calor explica la reducción de la IE del sector residencial en la UE15 (-6,4 tep/M€), mientras que los hogares españoles han aumentado su demanda energética y convergido hacia los niveles de la UE. Las razones que podrían estar detrás de esta evolución se encuentran en: los cambios en el modelo de urbanización; el aumento de la población, el empleo y el incremento de la renta per cápita, que han propulsado una convergencia hacia los niveles europeos de equipamiento; y el retraso en la aprobación de un Código de Edificación más exigente, que entró en vigor en el año 2007, año en el que la actividad constructora empezó a declinar. Además, unos precios de la energía más bajos en España han podido contribuir también a un consumo ineficiente en los hogares y el terciario. Estos aspectos se examinarán en mayor detalle en un capítulo aparte.

En el gráfico 3.8 se muestra la descomposición de IE para la UE15 en los tres efectos descritos y se transforman en índice con 1995 como base 100. La IE total nuevamente es la suma de los efectos estructural, intrasectorial y residencial. Las mayores reducciones de la IE se producen entre los años 1996 y 2000.

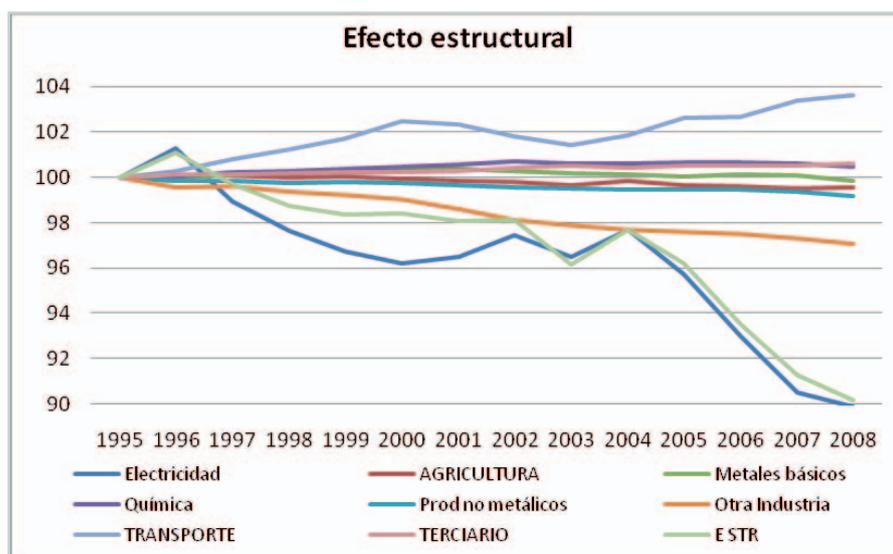
**Gráfico 3.8. Desagregación de la intensidad energética en la UE15 (1995=100)**



En el gráfico 3.9 se muestra la evolución entre 1995 y 2008 del efecto intrasectorial de los sectores, cuya suma es el efecto intrasectorial total ( $E_{int}$ ), que refleja la segunda columna de la tabla 3.4 transformada en índice con 1995 como base 100. La mejora del efecto intrasectorial en el caso de la UE15 se debe fundamentalmente a la evolución de la generación de electricidad en Alemania, como se comentará más adelante. Otro aspecto significativo en este país, que afecta a la evolución de la UE15, es la fuerte mejora de la IE de los hogares antes descrita. El sector de transporte presenta una evolución favorable aunque la falta de desagregación de los datos no permite sacar conclusiones a nivel europeo.

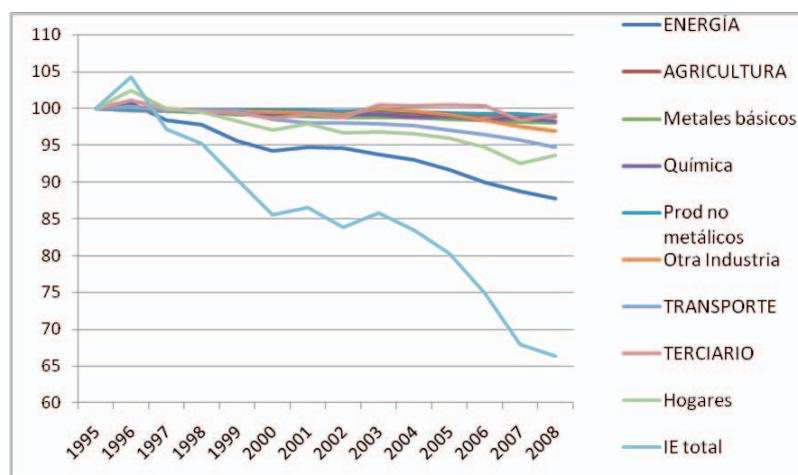
**Gráfico 3.9. Efecto intrasectorial por sectores en la UE15 (1995=100)**

En el gráfico 3.10 se muestra la evolución en la UE15 entre 1995 y 2008 del efecto estructural de los sectores, cuya suma es el efecto estructural total ( $E_{str}$ ), que refleja la primera columna de la tabla 3.4 transformada en índice con 1995 como base 100. El efecto estructural en la UE15 es importante fundamentalmente por la evolución del sector energético, principalmente en la actividad de refino (-6,8 tep) pero también en el sector eléctrico (-3,6 tep). Un aspecto destacable al analizar este período temporal es que los efectos estructurales adquieren mayor importancia en el caso español, donde el aumento del refino (-10 tep) es superior al de la UE15 y el transporte también tiene un efecto importante (-5 tep).

**Gráfico 3.10. Efecto estructural por sectores en la UE15 (1995=100)**

Fuente: Elaboración propia

Por último, al analizar el efecto conjunto de los sectores sobre la IE de la UE15 se concluye que la energía es la principal responsable de la evolución de la IE total en la UE15 (un 36% de la reducción), seguida de los hogares (un 19%) y la industria (un 23%).

**Gráfico 3.11. Efecto de cada sector sobre la intensidad energética en la UE15 (1995=100)**

Fuente: Elaboración propia

La diferente evolución de los sectores ha conducido a una diferencia de nivel de IE entre España y la UE15 de 28,5 tep/M€ en 2008. Se puede aplicar la metodología de desagregación de índices para analizar esta diferencia, de manera que se distingan claramente los sectores clave y la magnitud de la diferencia. La formulación es la misma que la realizada en el ejercicio anterior pero en vez de calcular la diferencia en un país entre 1995 y 2008 se calcula la diferencia entre España y la UE15 en el año 2008. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Desagregación de la diferencia de la intensidad energética entre España y la UE15 en 2008 (tep/M€ 95).**

	Str	Int	Resid	Total	%
Electricidad	6,8	-3,6		3,2	11%
Refino y otros	-8,8	12,2		3,5	12%
AGRICULTURA	1,6	-0,1		1,5	5%
INDUSTRIA	1,3	7,2		8,5	30%
Metales básicos	0,6	1,0		1,6	6%
Química	-1,5	2,6		1,0	4%
Min. no metálicos	3,0	1,9		4,9	17%
Mat Tpte	-0,2	0,4		0,2	1%
Maquinaria	-1,5	1,3		-0,2	-1%
Minería	-0,1	0,2		0,2	1%
Alimentación	0,2	0,2		0,4	1%
Papel	-0,4	-0,2		-0,6	-2%
Madera	0,1	0,2		0,3	1%
Construcción	0,3	-0,2		0,1	0%
Textil	0,0	0,1		0,2	1%
Otros	0,4	-0,1		0,3	1%
TRANSPORTE	-3,6	22,6		19,0	67%
TERCIARIO	-0,4	-0,9		-1,3	-5%
Residencial			-5,8	-5,8	-20%
<b>TOTAL</b>	<b>-3,3</b>	<b>37,6</b>	<b>-5,8</b>	<b>28,5</b>	

Fuente: Elaboración propia

Se confirma que los principales sectores que contribuyen a la diferencia son el transporte y la industria. El primero aporta 19 tep/M€ de la diferencia pero hay que tener en cuenta que esta cifra incluye el consumo energético del transporte privado, lo cual distorsiona el análisis. En cuanto a la industria, es responsable del 30% de la diferencia, sobre todo por la mayor IE en España de los metales básicos y los minerales no metálicos. Esto significa que, aunque estas ramas han mejorado sus IE en el período analizado, no lo han hecho de la misma forma que la UE15 y, por ello, tienen unas IE más altas.

Tras analizar la diferencia de la IE desde diferentes perspectivas, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La reducción de la IE en el sector eléctrico es el principal responsable de la reducción de la IE en la UE15, principalmente por la penetración de las renovables y del gas natural en Alemania y del gas natural en Reino Unido.
- La industria española realiza un fuerte ajuste de sus intensidades energéticas entre 2006 y 2008 como consecuencia de la ralentización de la actividad productiva, lo cual constituye el principal impulsor de la reducción de la IE española (43% del total) superior a lo sucedido en la UE15, aunque sigue manteniendo IE sectoriales superiores. Esta diferencia podría deberse a que la actividad constructora, que genera una fuerte demanda energética, ha sido más reducida en ese período en la UE15 y la evolución de la industria está empujada por otras actividades de mayor valor añadido.
- En la UE15 en el período analizado se ha mejorado considerablemente la eficiencia en el suministro de calefacción en los hogares con el aprovechamiento de calor (*district heating*), lo que se traduce en mejoras de la intensidad en el sector terciario y residencial. En España el aumento de las necesidades energéticas, el incremento de población y una renta per cápita que converge a niveles europeos puede explicar el crecimiento de la intensidad en los hogares. En el caso del sector terciario el aumento de la IE podría deberse en parte a la fuerte especialización en el sector turístico, con mayores necesidades energéticas.

### 3.3.3. Países clave en la evolución de la IE en la UE15

Cuando se comparan países con diferentes abastecimientos energéticos, diverso grado de especialización económica y diferente tamaño, es importante conocer qué parte de la evolución total del agregado se debe a la evolución de cada país. La identificación de estos países permite asesorar cuáles son las políticas energéticas o económicas exitosas.

Entre 1995 y 2008 la mayor parte de la reducción de la IE en la UE15 se debe a la mejora del indicador en Alemania (35%), Reino Unido (24%) y Francia (14%). La mayor parte de los cambios se producen por el efecto intensidad, mientras que los cambios en la estructura económica son menores. El análisis muestra que el caso español es una excepción puesto que es el único país que empeora la IE de la UE15 (2%) y es el único país donde el efecto estructural empuja la IE en el período analizado.

Cuando se analiza la descomposición de las IE en Alemania en este período se descubre que la IE entre 1995 y 2008 descendió un -20% debido principalmente a las mejoras en el sector de energía (43%), transporte (27%) y residencial (21%). El sector energético redujo su IE porque la demanda de electricidad solo creció un 18% y se cubrió con fuentes energéticas más eficientes: las energías renovables (que aumentan desde 9.415 GWh en 1995 hasta 74.213 GWh en 2008) y el gas natural (que contribuye con 43.180 GWh en 1995 hasta 87.654 GWh en 2008)<sup>2</sup>. En el sector residencial, los cambios en el abastecimiento energético están detrás de su evolución positiva. En efecto, la demanda energética se redujo en el período gracias a la sustitución de productos petrolíferos y del carbón por energías renovables, gas y calor.

<sup>2</sup> En los balances energéticos de la IEA la eficiencia de la generación eléctrica para Alemania fue de un 38% para el carbón, 45% para el gas y 100% para las energías renovables.

## 3.4 Análisis de la intensidad energética corregida

Dos conclusiones de la sección anterior son que el transporte y el sector eléctrico condicionan la evolución y el nivel de las IE de los países y, en particular, la IE española. Estos dos sectores son los dos proveedores de servicios energéticos por antonomasia y para ello consumen grandes cantidades de energía primaria. Los consumidores, por su parte, apenas consumen directamente energía primaria y satisfacen sus necesidades energéticas sobre todo con productos finales, como la electricidad y los carburantes.

La mayor parte de los estudios sobre la IE analizan su evolución para algunos sectores, incluyendo sólo los consumos energéticos directos. Los consumos directos son los consumos de fuentes energéticas que se contabilizan en los balances energéticos para cada sector. En el caso del consumo de electricidad los balances energéticos no recogen el consumo de otras fuentes energéticas necesario para la generación de electricidad ni las pérdidas de distribución y transporte. Estos consumos se contabilizan como consumos del sector energético y en este trabajo se calcula su IE con el VAB del sector, por ello el sector energético presenta unos ratios muy elevados. En el caso del transporte, los sectores utilizan el transporte (tanto por cuenta propia como por cuenta ajena) para mover mercancías o personas. Pero el consumo energético se clasifica en los balances energéticos bajo la categoría de transporte. La falta de una recopilación de las estadísticas de los consumos de transporte en los balances energéticos ha impedido que se pueda asignar a los sectores consumidores finales su consumo de transporte y por ello existe un gran desconocimiento sobre el transporte desde una perspectiva energética. El consumo de electricidad y de transporte es un consumo indirecto de los sectores, como también lo es el consumo de cualquier fuente energética necesaria para producir otra fuente energética (por ejemplo la transformación de carbón en combustible de automoción).

En algunas industrias (siderurgia) o usos (calefacción) la utilización de electricidad en vez de otro combustible como el carbón reduce el nivel de IE, puesto que su consumo energético primario directo no incluye los consumos necesarios para generar la electricidad utilizada (véase anexo C para mayor detalle). Por ello algunas de las conclusiones de la sección anterior fueron provisionales a la espera de averiguar si la contabilización en cada sector de sus consumos indirectos cambia la aportación de cada sector a la IE española.

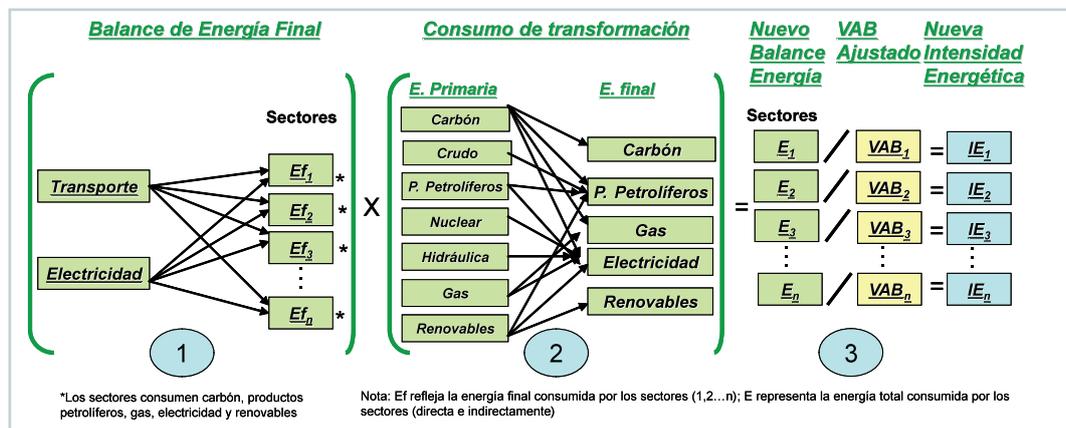
Por tanto, parece relevante completar ese análisis con un estudio de cómo afectan los consumos indirectos a la IE de los sectores. De esta forma se podrá identificar mejor cuáles son los sectores clave que arrastran el consumo de energía en otros sectores. Para ello se repartirá el consumo del transporte por cada sector que lo demande y se asignarán los consumos energéticos primarios que han sido necesarios para la provisión de servicios energéticos (electricidad y carburantes) a cada sector consumidor. Con esto se calculará un nuevo balance energético ajustado y se analizará la evolución de las nuevas IE. Se realiza este ajuste para el caso español puesto que no se dispone de la información necesaria para realizarlo para otros países europeos.

### 3.4.1. Estimación de un nuevo balance energético final

La metodología que se utiliza para la asignación del consumo energético indirecto a los sectores consta de tres pasos, que se ilustran en el cuadro 3.1. En el primero se calcula el nuevo balance de energía final, repartiendo el consumo final de electricidad y transporte a cada sector productivo y al sector residencial. En el segundo paso se atribuyen los consumos de energía primaria que se producen en la transformación de la energía final y se calcula un balance de energía primaria en el que sólo figuran los sectores consumidores finales (esto es, se excluyen las refinerías, el sector eléctrico y el transporte). En el tercero se calculan los nuevos ratios de IE y se realiza el ejercicio de desagregación de

índices para descubrir cuáles son los sectores que impulsan la IE en España, completando así el ejercicio realizado en la sección anterior.<sup>3</sup> La explicación detallada del reparto de los consumos de transporte y electricidad se recoge en el Anexo C.

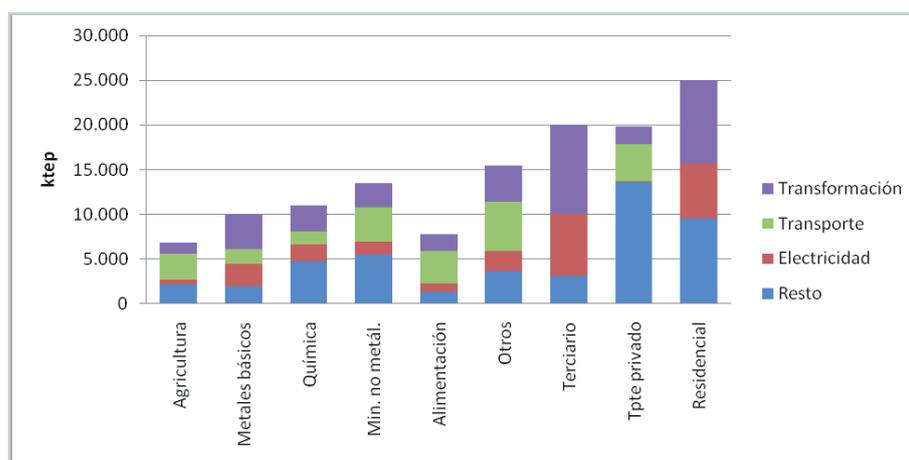
**Cuadro 3.1. Metodología de cálculo de la intensidad energética primaria de los sectores**



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se distribuyen estos consumos al resto de los sectores, la importancia de los sectores en el consumo energético del país cambia considerablemente. Por ejemplo, los balances energéticos muestran que en 2008 el sector terciario consumió 10.009 ktep de energía final, incluyendo 6.972 ktep de electricidad. Como se necesita una gran cantidad de energía para producir un tep de electricidad (incluido en consumo de transformación), el consumo total de energía de este sector es de 20.043 ktep, esto es el doble de lo que se reporta en los balances energéticos. En el caso de los minerales no metálicos, los balances energéticos muestran un consumo de 6.900 ktep en 2008, pero si se tienen en cuenta los consumos de transformación (2.756 ktep) y transporte (3.827 ktep), el consumo total asciende a 13.484 ktep.

**Gráfico 3.12. Consumo energético directo e indirecto en 2008.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup> Tan solo Alcántara y Padilla (2002) han utilizado un enfoque similar para analizar la IE. La principal diferencia con este análisis es que esos autores no desagregan el consumo del transporte, por lo que dejan un sector clave sin explicar.

La conclusión más importante de este análisis es que la mayor parte del consumo energético de los sectores viene de proveedores de servicios energéticos, esto es transportistas o compañías eléctricas. En el período analizado la demanda de electricidad de los sectores no ha parado de crecer y ha aumentado su participación en su demanda final. En contrapartida la electrificación de los consumos es un síntoma de progreso y revierte en una menor IE, tal y como se ha mostrado en capítulos anteriores.

Con un porcentaje creciente de sus necesidades satisfechas por los proveedores de servicios energéticos, los sectores tienen menos alternativas para mejorar su eficiencia energética, al margen de sus propias políticas de gestión de la demanda de electricidad y transporte.

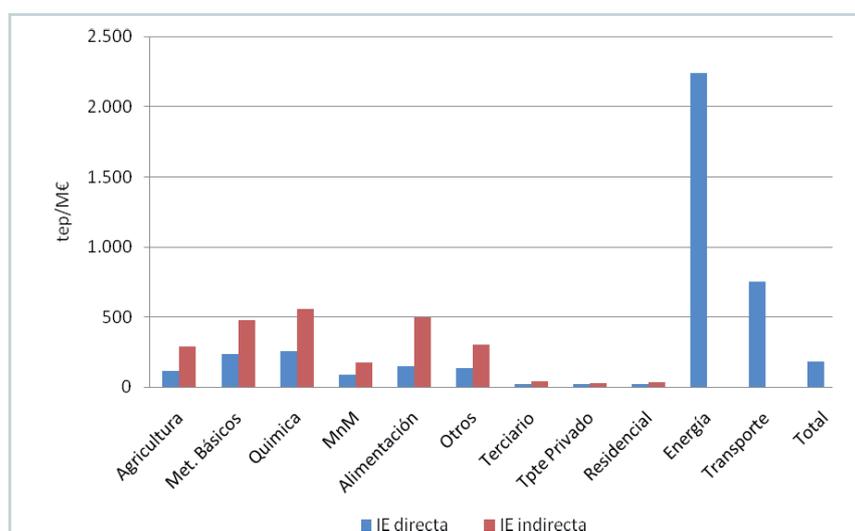
Otro aspecto importante, pero que no es visible en un análisis tradicional del consumo energético, es que el ahorro de electricidad genera importantes ahorros en el consumo de transformación. Un 80% de este consumo se produce en el sector eléctrico.

### 3.4.2. Comparación de la intensidad energética corregida con el indicador tradicional

Para poder calcular la nueva IE se deben introducir unos ajustes en la presentación de los datos del VAB de los sectores para adecuarlo al número de sectores que se obtienen tras el ajuste mostrado en el anexo C. Después se reparte el VAB de las actividades económicas encargadas de la transformación energética y el transporte, puesto que ya no se muestran estos sectores del balance final. Para ello se utiliza la tabla input output (año 2000) como aproximación de la demanda en términos monetarios que los sectores productivos efectúan de los productos del sector de transformación energética (que incluye refino y electricidad) y del transporte. Así, al VAB de cada actividad productiva se le asigna la parte proporcional del VAB de esos dos sectores.

En la comparación con el análisis tradicional de la IE se debe tener en cuenta que el número de categorías es ahora más reducido, por lo que los resultados no son estrictamente comparables, pero sí que pueden dar una idea de cómo cambia la IE de los sectores al incluir sus consumos indirectos. En el gráfico 3.13 se muestran como "IE directa" las IE utilizadas en la primera sección, ajustadas a las nuevas categorías, junto con el nuevo indicador de IE que se ha calculado en este apartado, "IE corregida". Se muestran los ratios de IE de los sectores energía y transporte que desaparecen en el nuevo indicador al haberse asignado a cada sector.

**Gráfico 3.13. Comparación de los ratios de intensidad energética.**



Fuente: Elaboración propia.

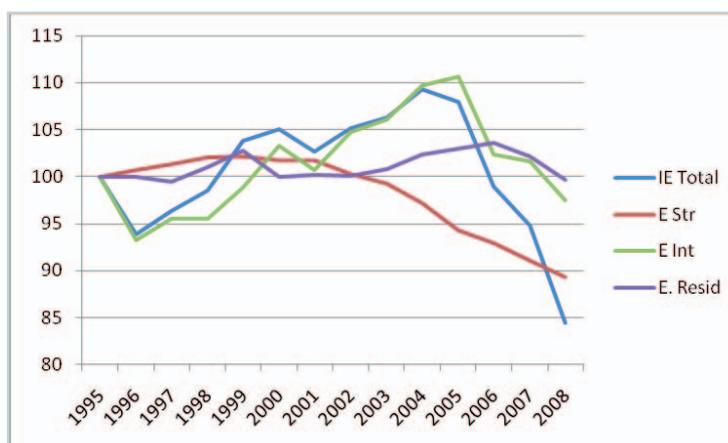
El nivel de los ratios de IE cambia considerablemente y los hechos más significativos son los siguientes:

- El sector químico es el más intensivo en energía, puesto que consume mucha energía eléctrica y de transporte, por lo que su IE se duplica
- La alimentación es el sector que presenta una mayor diferencia con la contabilización de los consumos indirectos. Si antes aparecía como un sector de baja IE ahora se triplica, y se convierte en el segundo sector más intensivo en energía. La inclusión del transporte en sus consumos es el principal responsable de este aumento.
- La agricultura prácticamente triplica su IE por la necesidad de transportar sus productos. La mayor parte del consumo del transporte se utiliza para desplazamientos de cosechadoras y flota pesquera, mientras que la electricidad se consume en regadíos, ganadería y cultivos en invernadero. Dentro de este sector, la pesca es la actividad más intensiva (en torno a 800 tep/M€) frente a la agricultura (en torno a 200 tep/M€) y la ganadería (en torno a 30 tep/M€).
- Los sectores que demandan mucha energía eléctrica, terciario, residencial y química, ven mejorados sus ratios de IE entre 1995 y 2008 por la buena evolución del sector eléctrico. Con la información disponible no es posible estimar el consumo de transporte del sector terciario.

### 3.4.3. Análisis de desagregación de la nueva intensidad energética

Una vez calculados los nuevos indicadores de IE se aplica la metodología de desagregación de índices para el período 1995-2008. En el gráfico 3.14 se muestra en forma de índice la descomposición de IE en cada año (esto es, 1995-1996, 1996-1997,..., 2007-2008) y cómo afecta a su evolución los tres efectos, estructural, intrasectorial y residencial. El efecto estructural es el que más ha influido en la evolución de la IE a lo largo de esos 13 años, y el efecto intrasectorial presenta dos tendencias claras, una de crecimiento y empeoramiento de la eficiencia energética de los sectores hasta 2004 y otra de mejoría del indicador.

**Gráfico 3.14. Desagregación de la intensidad energética corregida entre 1995 y 2008.**

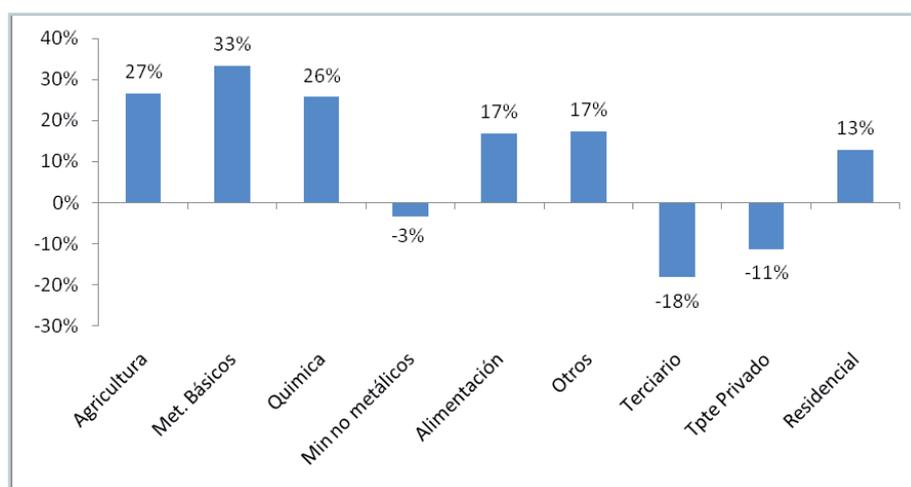


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3.15 se muestra la contribución total (efecto estructural y efecto intrasectorial) de todos los sectores a la intensidad energética corregida. El porcentaje de cada sector refleja qué parte de la variación total de la IE (-13 tep/M€) se debe a cada sector. Por ejemplo, entre 1995 y 2008 la IE se ha reducido por la pérdida de peso del sector agrícola en la economía (26% del total), por la mejora de la eficiencia de los metales básicos (33% del total), y por la

mejora de eficiencia en el sector eléctrico que se traduce en una mejora de eficiencia en los sectores industriales que demandan abundante electricidad (alimentación, químico y residencial). Por otro lado, el terciario, el transporte privado y los minerales no metálicos empujan al alza el indicador.

**Gráfico 3.15. Aportación de cada sector a la reducción de la intensidad energética corregida entre 1995 y 2008.**



Fuente: Elaboración propia.

Un empeoramiento general de la IE entre 1998 y 2004 se ve compensado por la pronunciada reducción de la IE entre 2005 y 2008. Este descenso se produce fundamentalmente por la fuerte reducción del consumo energético en la industria, especialmente en los metales básicos. Los minerales no metálicos, asociados a la actividad de la construcción, son los que han influido negativamente a la evolución del indicador entre 1995 y 2005 y a pesar de su mejoría en los últimos años todavía no han compensado la mala evolución anterior.

Las familias tienden a empeorar los ratios de IE tanto por lo que consumen en los hogares como por el transporte. Los datos muestran que la demanda de energía de los hogares se ha moderado, o al menos crece a un ritmo menor que el PIB. Mientras tanto, el transporte privado ha crecido a una tasa media anual del 4% durante el período, y lo ha hecho fundamentalmente en el vehículo particular.

Finalmente, el sector servicios ha impulsado al alza la IE considerablemente. Esto contrasta con la evolución de la industria, puesto que hasta 2005 el comportamiento del sector fue moderado y es a partir de entonces cuando crece de forma muy acentuada.



[ 04 ]

**Factores  
explicativos de  
la intensidad  
energética en  
España**

- 4.1. Resultados principales del análisis de la intensidad energética**
- 4.2. Factores explicativos de la evolución de la intensidad energética en España**

## 4.1

### Resultados principales del análisis de la intensidad energética

Las principales conclusiones del apartado anterior son las siguientes:

- Se producen dos fases diferenciadas en la evolución de la IE en España. Entre 1995 y 2004, la IE aumentó mucho, en contraste con la disminución europea, mientras que entre 2004 y 2008 la IE se reduce pronunciadamente, en línea con lo que sucede en la UE15. La evolución española contrasta con las teorías de desmaterialización, que prevén un fuerte descenso de la IE industrial y de los servicios. El análisis de la IE en un período más amplio (1960-2008) muestra sucesivas fases de materialización y desmaterialización, en línea con las teorías que defienden un comportamiento de la IE en forma de "N" en vez de la "U" invertida de la curva medioambiental de Kuznets.
- El efecto estructural, en línea con lo que dicen las teorías, es el principal impulsor de la evolución de la IE en España, sobre todo a partir del año 2004. Mientras que en Europa es principalmente el efecto intrasectorial el que marca las diferencias. El nivel de agregación de los datos podría estar escondiendo cambios estructurales dentro de cada sector, por lo que no se puede evaluar el efecto del cambio tecnológico sobre la evolución de la IE.

Por lo que se refiere a la evolución de los sectores y su influencia en la evolución de la IE en el período, los datos muestran que la mayor parte de su consumo energético viene de los proveedores energéticos (transportistas y electricidad) y sus alternativas para mejorar la eficiencia energética se centran en la gestión de esa demanda. Otras conclusiones del análisis sectorial son:

- El sector eléctrico es el que más mejora la IE en España. Esto se debe al fuerte incremento de la generación con gas y energías renovables que cubren el fuerte crecimiento de la demanda. Los resultados muestran que el sector consigue generar más (la demanda crece un 87% en el período) consumiendo menos energía primaria (los insumos tan sólo crecen un 25%).
- La industria y el transporte están muy alineadas con la evolución del indicador total. La industria mejora su eficiencia energética pero no tanto como en la UE15. La clave está en el empeoramiento de la eficiencia energética entre 1995 y 2004, alejándolo de la senda europea, lo cual convierte al sector al responsable de la diferencia de nivel de IE con Europa.
- El sector terciario y residencial presentan tendencias de empeoramiento de su IE, frente a las notables mejoras en la UE15. Esto podría deberse a un proceso de convergencia hacia la UE15 en términos de equipamiento ya que en Europa se han acometido importantes mejoras en los sistemas de calefacción.

- ▀ La inclusión de los consumos indirectos en cada sector triplica el consumo de los sectores de agricultura y la alimentación, debido a sus fuertes demandas de transporte.

El análisis de la IE española y su comparación con la UE15, nos lleva a identificar algunos posibles determinantes de estas tendencias como son las diferentes actividades productivas, las fuertes inversiones en infraestructuras, el equipamiento de los hogares, los cambios tecnológicos, la influencia de los precios energéticos, las temperaturas, etc. La complejidad de las relaciones entre estas variables no permiten cuantificar relaciones claras de causalidad, pero el análisis de los indicadores señalados puede explicar las tendencias subyacentes en la evolución de la IE.

## 4.2

### Factores explicativos de la evolución de la intensidad energética en España

En general, los factores que se consideran más relevantes a la hora de explicar la evolución de la intensidad energética son los cambios estructurales en la economía (principalmente la terciarización), el cambio tecnológico, la sustitución de combustibles, los precios de la energía y su regulación, el efecto saturación y las preferencias de los consumidores.

En esta sección se presentan los que este informe, en función de los resultados obtenidos, define como principales factores que han condicionado la evolución de la intensidad energética en España durante los últimos años. Algunos de ellos coinciden con los factores habituales, mientras que otros son específicos de la situación española. Los factores identificados han sido: la estructura de la economía española, que ha concentrado sus actividades en subsectores de menor valor añadido, en particular la construcción de infraestructuras y viviendas y las actividades turísticas; la demanda residencial; el mix de generación eléctrica; los precios energéticos; y la climatología.

#### 4.2.1 Estructura de la economía española

En el gráfico 3.7 se mostraba la aportación al PIB de los diferentes sectores económicos españoles y se ponían de manifiesto las divergencias en cuanto a la especialización productiva. Los datos muestran que la economía española ha concentrado sus actividades en subsectores de menor valor añadido - productos siderúrgicos, cemento y ladrillo - asociados a la construcción.

Pero incluso en actividades menos intensivas en energía, como es el sector de servicios, los datos muestran que la actividad económica se concentra en aquellas ramas – hostelería y comercio - que necesitan relativamente más energía.

El alto porcentaje del VAB en relación a otros países europeos que ha sido producido por la construcción, la agricultura y el turismo, hace que España haya resultado estructuralmente más intensiva en energía. A esta alta intensidad ha contribuido también el transporte de los materiales de construcción, un hecho que habitualmente no se considera, al ser un consumo indirecto.

En definitiva, los resultados muestran que esta especialización condiciona el nivel y la evolución de la IE principalmente en dos áreas:

- ▀ Fuerte actividad constructora, principalmente de viviendas, genera fuertes demandas de minerales no metálicos (e.g. cemento) y metales básicos, que son muy intensivos en energía.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Otros estudios también han puesto de manifiesto que la construcción es una de las actividades que mayor impacto (directo e indirecto) tiene en el consumo energético de los sectores. Así, un incremento de un 1% de la demanda de la construcción provoca un impacto total de un 0,123% en el consumo energético final total (Alcántara y Duro, 2004).

- En el sector terciario se produce una especialización en actividades turísticas que son más intensivas en energía que otras actividades del sector.

A continuación se muestran algunos indicadores que apoyan estas hipótesis

#### 4.2.1.1 Construcción de infraestructuras y viviendas

El sector de la construcción ha condicionado en gran medida el comportamiento del sector industrial en España, y se convierte en un factor determinante de la diferencia con la UE15. Sin embargo, la construcción como tal no aparece en el análisis, y sí dos sectores muy relacionados: el sector de metales básicos y el de minerales no metálicos. En primer lugar se analiza la evolución de estos sectores, para luego ponerla en contexto con el análisis de la construcción de viviendas y de infraestructuras en el mismo período.

El sector de metales básicos incluye dos subsectores, la siderurgia y fundición (con una IE de 878 tep/M€) y la metalurgia no férrea (con una IE de 156 tep/M€). La mayor parte de la actividad y consumo energético del primero se produce en la siderurgia, que está inmersa en un proceso de reconversión tecnológica, por cierre de algunas empresas y fusiones empresariales.

En la tabla 4.1 se muestra la producción de acero en España en el año 2006, en la que destacan los productos de acero no aleado largos, que se utilizan en la construcción de viviendas e infraestructuras (ferroviarias principalmente). Estos productos tienen un menor valor añadido que los productos de primera transformación (fabricación de tubos, laminados y acero moldeado).

**Tabla 4.1. Producción de acero en España en 2006.**

	miles ton
No aleado	16.387
Inoxidable	1.257
Aleado	747
Acero	18.390
Laminados en caliente	18.308
Largo	12.364
Alambrón en rollo	2.681
Redondos de hormigón en barras	4.599
Otros perfiles	1.951
Perfiles estructurales	2.912
Planos	5.944

Fuente: UNESID, 2007.

Además, según la patronal siderúrgica (UNESID, 2007) el consumo per cápita de acero en el país ha crecido desde los 348 Kg. de 1997 hasta los 527 Kg. en 2006. Por todo ello, se puede deducir que la especialización en esos productos hace que la IE sea más elevada que en otros países de la UE. Parece lógico que el descenso de la actividad constructora haga que se produzca un paulatino desplazamiento de la producción hacia los segmentos de mayor VAB como los aceros especiales y la metalurgia no férrea lo cual mejorará la IE, tal y como ha sucedido en otros países europeos.

Algunas hipótesis de desmaterialización apuntan a la deslocalización industrial como determinante de la diferencia de la IE en los países. Pues bien, en el caso español se importa el 31% de la producción de acero, pero se exportan

productos de mayor valor añadido, 953 € por tonelada exportada frente a los 580 € por tonelada importada (UNESID, 2007). Por ello parece que el comercio exterior no es responsable de una IE de metales básicos comparativamente más alta, sino que en todo caso la podría favorecer.

Por otro lado, la rama de metales básicos ha conseguido mejorar su IE por la sustitución de combustibles en sus procesos de producción. Desde el año 1995 hasta 2008 la electricidad ha absorbido el incremento de la demanda y ha sustituido junto al gas a la producción con carbón y fuel. Tanto la electricidad como el gas son más eficientes que los combustibles sustituidos, pero se generan unos consumos en las centrales de generación de electricidad que no se perciben en los consumos energéticos de este sector. Cuando se consideran los consumos directos e indirectos en este sector, la IE se reduce principalmente por la mejora de la eficiencia del sector energético. En resumen, el sector de metales básicos ha mejorado su nivel de IE, aunque no tanto como en la UE15 porque ha concentrado su actividad en productos de menor valor añadido destinados a la construcción de viviendas e infraestructuras.

En el caso de los minerales no metálicos, los datos muestran dos tendencias: crecimiento del 16% entre 1995 y 2004 y descenso del 6% después. En 2008, la IE de este sector fue un 37% superior a la de la UE15. El sector engloba la fabricación de cemento, vidrio, cerámica y otros productos minerales, actividades que están muy relacionadas con la construcción de viviendas e infraestructuras, por lo que su evolución soporta las tendencias cíclicas de esa actividad. En el caso español, según la asociación española de productores de cemento (OFICEMEN, 2007) el consumo de cemento per cápita en España ha sido el doble del europeo (1.126 Kg. per cápita frente a 527 Kg. pc). Si tenemos en cuenta la alta IE de la producción de cemento, 2.028 tep/M€ (tabla 4.2) se puede concluir que esta fuerte producción de cemento está detrás de la evolución de la IE del sector y probablemente de la diferencia con la UE15.

**Tabla 4.2. Intensidad energética en los minerales no metálicos**

	CE (ktep)	VAB (M€)	IE (tep/M€)
Cemento, cal y yeso	2.962	1.460	2.028
Vidrio	479	1.181	405
Cerámica y ladrillos	2.547	2.508	1.015
Otros	959	2.568	373
Minerales no Metálicos	6.947	7.717	900

Fuente: Elaboración propia a partir de MINISTERIO DE ECONOMÍA (2003) y EUROSTAT (2010).

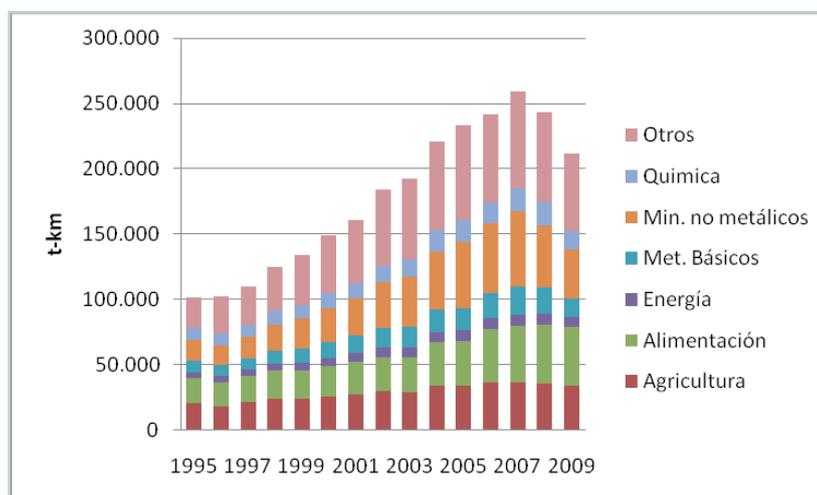
Un aspecto que no se suele tener en cuenta cuando se analiza la demanda energética y la IE de los sectores es el consumo indirecto que generan. En el caso de materiales para la construcción generan una fuerte demanda de transporte, como se muestra en el gráfico 4.1 donde se muestra el transporte de mercancías medio en toneladas-kilómetro (t-Km.). El transporte de minerales no metálicos creció entre 1995 y 2008 un 201% y los metales básicos un 120%. En 1995 el transporte de minerales no metálicos representaba el 15% del total de mercancías y aumentó hasta el 22% en 2005, momento en el que se produce un punto de inflexión hasta llegar al 17% de total en 2008. En el caso de los metales básicos, su porcentaje se ha mantenido en el 7 y 8%.

Como se mencionó anteriormente, se puede observar cómo la evolución de los sectores analizados marcha en paralelo con la construcción de infraestructuras y viviendas.

En lo que se refiere a las primeras, en la tabla 4.3 se muestran las obras realizadas por las administraciones públicas para la construcción de edificios e infraestructuras. A las inversiones en edificación habría que sumarles las realizadas por el sector privado para cuantificar la magnitud de la inversión total. Entre 1995 y 2008 la inversión pública en edificios se ha multiplicado por cinco y la de la ingeniería civil por cuatro. Dentro de esta última la construcción de

infraestructura ferroviaria ha supuesto el 22% de la inversión total y la de carreteras y vías urbanas ha representado el 40%. Estas cifras pueden dar una idea del incremento de la demanda de materiales asociados a la construcción.

**Gráfico 4.1. Transporte de mercancías en España.**



Fuente: Ministerio de Fomento, 2010.

**Tabla 4.3. Licitación oficial de obras por parte de las administraciones públicas (M€)**

	Total	Edificación	Ingeniería civil	Infraestructura ferroviaria	Carreteras y vías urbanas
1995	9.393.542	2.696.047	6.697.495	1.042.363	2.791.431
1996	11.526.204	2.397.357	9.128.847	1.175.415	4.021.615
1997	11.568.771	3.567.852	8.000.919	684.467	3.409.429
1998	17.485.269	4.492.412	12.992.857	1.416.141	6.789.037
1999	15.958.631	4.498.180	11.460.451	2.922.511	4.167.985
2000	16.316.212	4.576.401	11.739.811	2.387.547	5.190.380
2001	23.729.432	7.388.951	16.340.481	3.429.685	6.182.572
2002	26.834.170	7.223.557	19.610.613	4.658.133	8.814.366
2003	23.911.574	7.205.226	16.706.348	4.356.472	5.309.332
2004	28.298.469	7.434.259	20.864.210	5.515.783	7.488.233
2005	33.453.361	10.442.596	23.010.765	4.634.472	10.415.243
2006	44.508.305	13.545.971	30.962.334	6.558.022	11.987.146
2007	37.399.433	10.891.944	26.507.489	7.188.736	9.213.676
2008	38.514.124	10.082.485	28.431.639	8.224.989	12.259.770

Fuente: Anuario estadístico del Ministerio de Fomento (2009).

Por lo que se refiere a la construcción de viviendas, desde la publicación del Censo de Viviendas de 2001 se ha producido un importante crecimiento del número de segundas residencias y su demanda supera con creces la de las viviendas principales (4 millones frente a 1 millón de incremento entre 2001 y 2005<sup>2</sup>).

**Tabla 4.4. Evolución del parque de viviendas en España**

	Vivienda Principal				Nº Viviendas Secundarias	TOTAL
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> por persona	Persona vivienda	Nº Viviendas Principales		
Antes 1941	100,95	43,75	2,31	343.967	475.052	819.019
1941-1960	94,1	41,28	2,28	839.959	394.498	1.234.457
1961-1970	86,41	34,92	2,47	1.380.936	457.103	1.838.039
1971-1980	90,86	31,09	2,92	2.682.604	866.031	3.548.635
1981-1990	96,37	30	3,21	2.971.278	611.297	3.582.575
1991-1995	97,06	31,23	3,11	1.710.175	208.498	1.918.673
1996	94,69	32,24	2,94	509.339	46.304	555.643
1997	93,66	32,49	2,88	568.749	45.216	613.965
1998	93,2	33,36	2,79	709.152	52.325	761.477
1999	92,59	34	2,72	831.360	61.733	893.093
2000	92,88	33,82	2,75	752.651	67.046	819.697
2001	90,84	34,68	2,62	883.856	75.528	959.384
TOTAL CENSO 2001	93,34	32,62	2,86	14.184.026	3.012.479	17.196.505
2005*	n.a	n.a	n.a	15.884.170	7.325.672	23.209.842

Fuente: Censos de Población y Vivienda 2001 (INE, 2002) y datos del Ministerio de vivienda para 2005 (MITYC, 2007).

#### 4.2.1.2. Sector terciario y turismo

El sector servicios es la actividad económica que más VAB genera en todos los países europeos, con una aportación que varía entre el 50% y el 70% del PIB total. En general este es un sector de baja intensidad energética, pero dado su alto peso en el PIB, la evolución de la eficiencia energética del sector puede influir en la evolución de la IE de los países. La tabla 4.5 muestra los diferentes indicadores de IE por área de actividad. El comercio es el servicio que más energía necesita relativamente, pero es en las oficinas donde está el grueso del consumo energético y producción de valor.

**Tabla 4.5. Estimación de la intensidad energética en el sector servicios.**

	CE (ktep)	VAB (M€)	IE (tep/M€)
Oficinas	4.801	267.488	18
Hospitales	737	41.570	18
Comercio	3.112	81.764	38
Restaurantes y alojamientos	880	49.735	18
Educación	503	35.861	14
Total	10.034	476.419	21

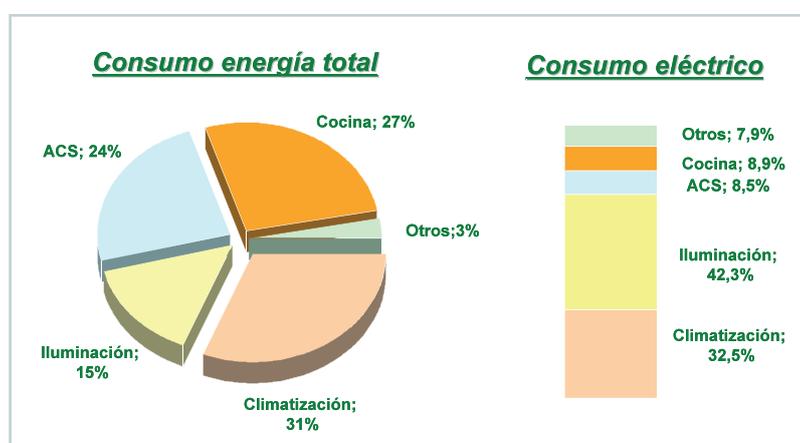
Fuente: Elaboración propia a partir de IDAE (2009).

<sup>2</sup> Se estima que 2 millones de familias residen temporalmente en una vivienda secundaria en España (BBVA, 2006).

El incremento de la actividad turística<sup>3</sup> está parcialmente detrás de la actividad de hostelería y comercio. Según la cuenta satélite del turismo de España, en 2006 el sector turístico aportó el 11% del PIB y sus actividades más importantes fueron el alojamiento (28% del consumo total), la restauración (25%) y el transporte (16%).

A una mayor demanda, que ha pasado de 35 millones de turistas en 1995 a 57,4 millones en 2008, se le añade una mejora de la calidad del servicio, lo cual da lugar a mayores consumos energéticos para satisfacer las necesidades de calefacción, climatización (de interiores y de piscinas) e iluminación. Por ejemplo, en el caso de los hoteles, según el IDAE<sup>4</sup>, su consumo energético (incluyendo la restauración) representa un 30% de los consumos del terciario y se destina a climatización (31%), cocina (27%), Agua Caliente Sanitaria (ACS) (24%) e iluminación (15%).

**Gráfico 4.2. Desglose del consumo energético por usos en hotel medio**



Fuente: IDAE, 2001: 73.

Por lo que se refiere a la IE del sector, en España y en la UE15 muestran tendencias contrarias (tabla 3.3). España converge al nivel de IE de los países europeos, a pesar de tener unas condiciones climatológicas más favorables.

#### 4.2.2. Demanda residencial

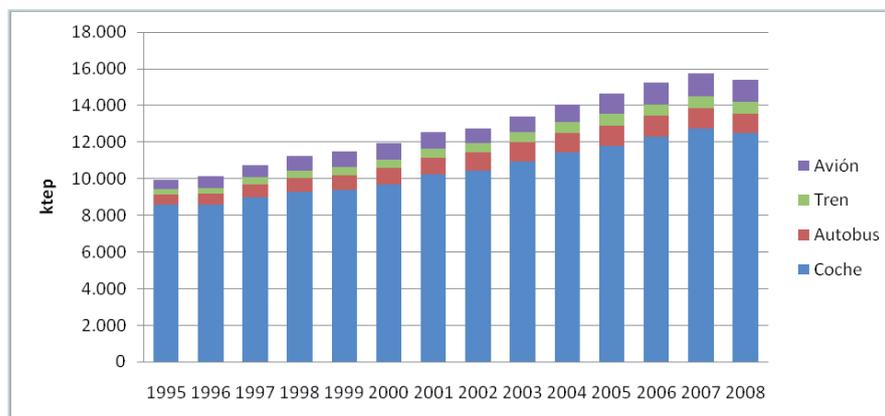
El sector residencial es el mayor consumidor de energía en el país (34% del total) e influye en la IE a través del consumo en los hogares y en el transporte.

En el caso del transporte privado, el incremento de la movilidad y la preferencia por utilizar el vehículo particular para los desplazamientos ha impulsado la IE total de forma significativa. La movilidad de los españoles ha crecido un 60% entre 1995 y 2008 (4% anual) alcanzando un nivel de desplazamientos similar al de otros países europeos (7.438 viajero Km per cápita).

La evolución del consumo energético del transporte ha tenido un impacto claro en la evolución de la IE en España. En el gráfico 4.3 se muestra la evolución de la demanda de energía para el transporte de pasajeros. El vehículo particular predomina sobre el resto de los modos (81% del consumo energético y 76% de los viajeros-Km.).

3 El turismo abarca "actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, por negocios o por otros motivos" (INE, 2004: 4).

4 El IDAE realizó una encuesta a 150 establecimientos hoteleros de más de 50 habitaciones distribuidos a lo largo de todo el territorio nacional durante en el año 2001 (IDAE, 2001: 71-73) para obtener una primera aproximación a la distribución de los consumos por usos del sector.

**Gráfico 4.3. Consumo energético del transporte de viajeros**

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se refiere al consumo energético de los hogares, su evolución ha sido muy diferente a la de Europa porque partiendo de niveles de IE más bajos por las mejores condiciones climáticas y a una menor renta per cápita, se ha convergido hacia niveles europeos. Además, y como ya se ha comentado, se ha producido un importante crecimiento del número de segundas residencias desde el año 2001.

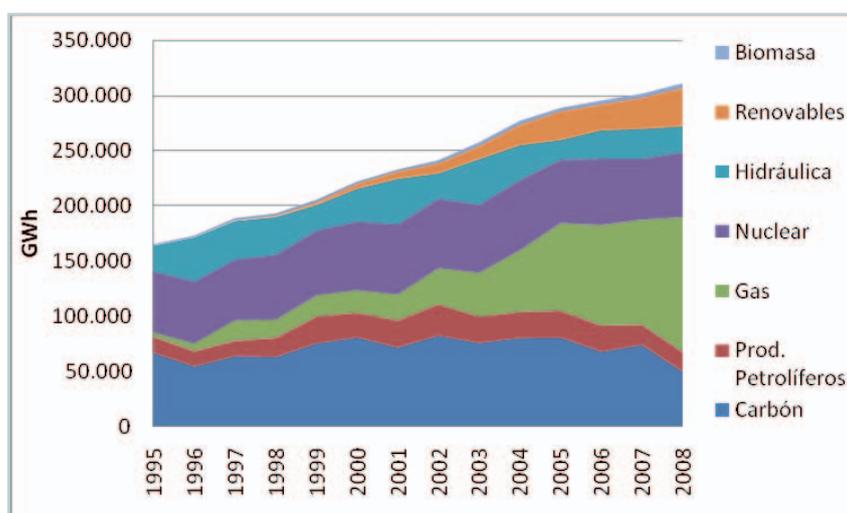
El incremento del consumo no se ha compensado con una mejora en la eficiencia energética de las edificaciones. Ni la planificación urbana ni los edificios se han diseñado con criterios de eficiencia energética, los materiales utilizados se encuentran entre los más contaminantes y los sistemas energéticos utilizados no son los más eficientes, ni integran la respuesta térmica del edificio. Existe un gran potencial de integrar energías renovables en los edificios en España y de potenciar los sistemas de cogeneración y trigeneración.

Por lo que se refiere al equipamiento doméstico, su consumo energético no es proporcionalmente el más significativo, pero es el que tiene un potencial de crecimiento mayor. El consumo de electricidad de los hogares españoles se ha duplicado entre 1995 y 2008, tendencia que se ha visto favorecida por unos precios de la electricidad que se han mantenido estables o que han bajado y que se sitúan entre los más bajos de Europa.

### 4.2.3. Mix de generación eléctrica

Los datos muestran que el sector eléctrico ha sido responsable de una buena parte de la mejora de la IE en el período analizado. Esto se debe a la fuerte penetración del gas natural, que pasa del 2% de la generación en 1995 al 39% en 2008 y las energías renovables, que aumentan del 1% al 12,5% en 2008, como se muestra en el gráfico 4.4. La generación con gas ha podido capturar el incremento de la demanda y el descenso de la generación con carbón y fueloil. Como la generación con gas es un 50% más eficiente, se ha conseguido generar más con menos energía primaria. La demanda de electricidad creció un 87% pero los consumos de energía primaria sólo lo hicieron en un 25%.

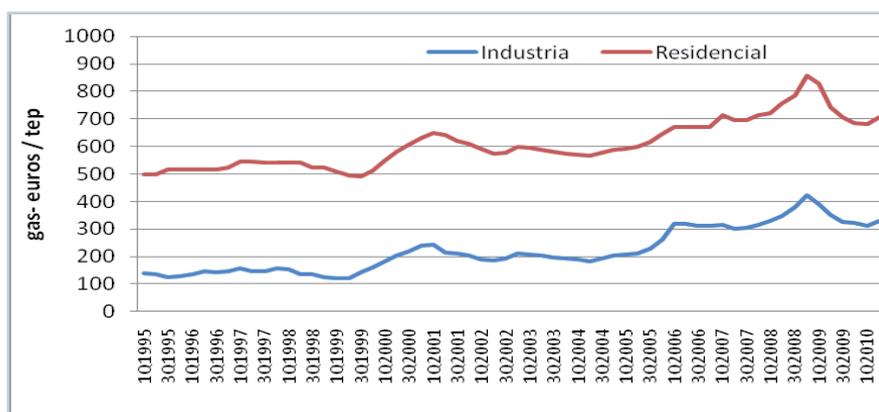
Es interesante llamar la atención sobre el hecho de que el año 2006, en el cual se produce un punto de inflexión en la IE española, es precisamente un año muy bueno para la generación hidráulica, que aumentó su producción en un 45%. Dado que esta fuente energética tiene una eficiencia del 100% según las convenciones internacionales, este aumento en su producción se traduce en una mejora significativa de la IE del sector eléctrico.

**Gráfico 4.4. Generación de electricidad en España**

#### 4.2.4. Precios energéticos

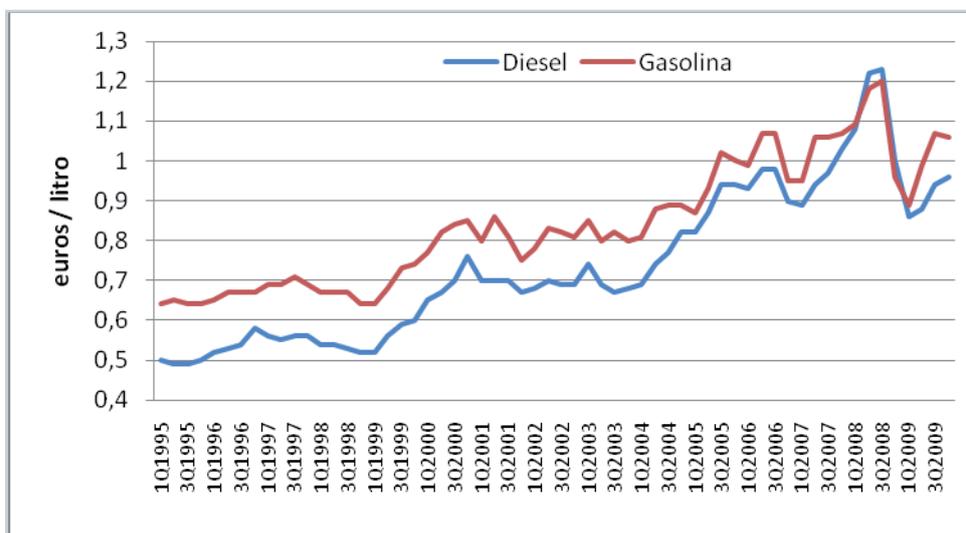
La evolución de los precios de los carburantes para automoción y del gas natural también ayuda a entender la evolución de la intensidad energética española, especialmente a partir de 2006.

Entre septiembre de 2005 y marzo de 2006 los precios del gas para el sector industrial aumentaron un 38% y luego se mantuvieron constantes para volver a crecer en 2008 (un 34% entre octubre 2007 y diciembre 2008). Esto puede explicar la bajada de consumo de este combustible, sin una aparente sustitución por otro, que está ligada a la mejora de la IE en los sectores industriales a partir de 2006.

**Gráfico 4.5. Evolución del precio del gas natural en España**

Fuente: IEA Energy Prices and taxes (IEA, 2010)

En cuanto al transporte, en 2008 experimenta su ajuste más importante. Ha de destacarse que en ese año el precio medio del barril de petróleo se situó en los 96 dólares, un 35% más que el año anterior, alcanzando un máximo de 147 dólares en junio de 2008.

**Gráfico 4.6. Evolución del precio de carburantes en España**

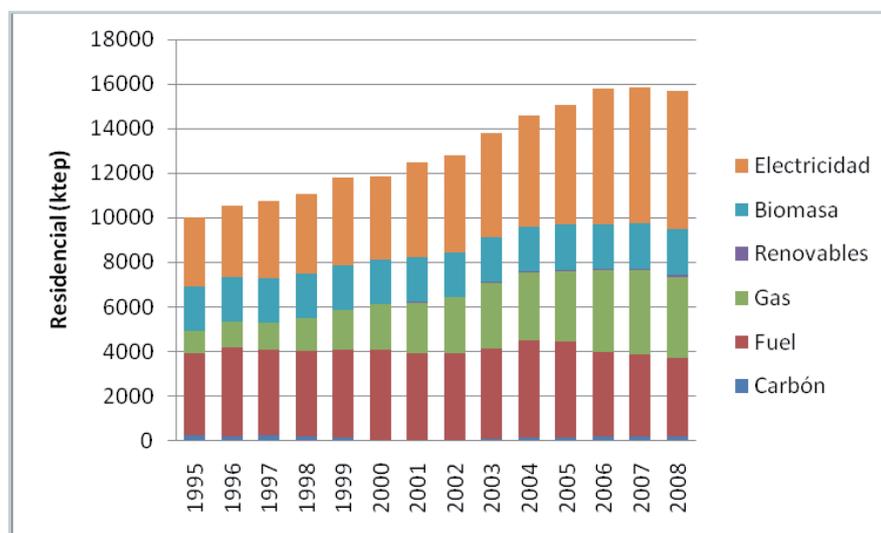
Fuente: IEA Energy Prices and taxes (IEA, 2010)

Finalmente, también se puede observar un aumento en los precios de la electricidad, tanto a nivel residencial, como industrial, que también puede ayudar a entender la evolución de la intensidad energética: existe un período intermedio, entre 2000 y 2005, en el que los precios disminuyen; este período coincide con el del crecimiento de la IE en el horizonte del análisis.

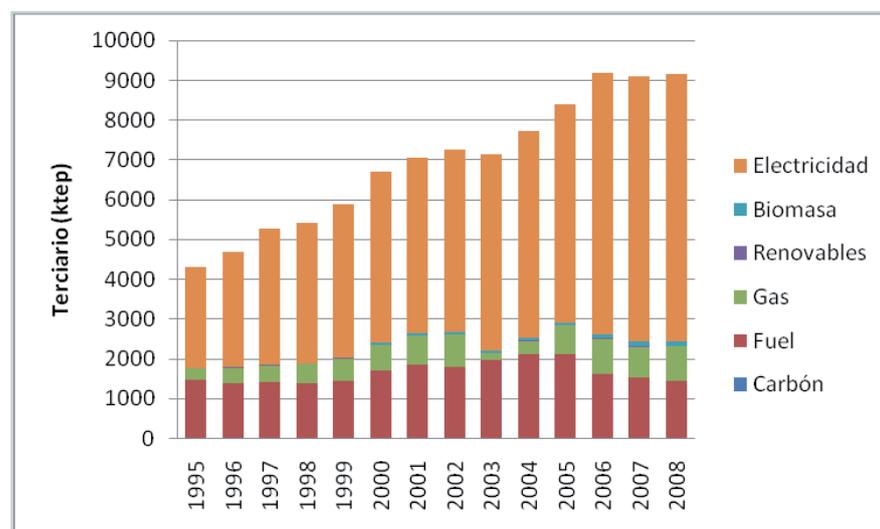
#### 4.2.5. Climatología

La climatología influye de manera decisiva en el indicador, ya que un 67% de los usos energéticos del sector terciario en los países europeos se destinan a calefacción. En los países mediterráneos el menor número de días fríos explica una parte de las diferencias en equipamiento y uso de la calefacción. Aunque, por otro lado, las temperaturas más calurosas del verano incrementan el uso del aire acondicionado y lo compensan parcialmente. Cuando se ajusta la IE a las variaciones climáticas corrigiendo los valores de consumo energético a un nivel de año medio las tendencias se acentúan, y las IE de los países mediterráneos superan a los países del norte de Europa. Esto podría deberse a la utilización de calefacción eléctrica, que es globalmente más ineficiente, y la introducción masiva de aparatos de aire acondicionado. En España, en 2008, la electricidad cubrió el 74% de la demanda energética del sector y representa el 30% de todos los consumos eléctricos.

A partir del año 2006 los datos indican que hay una estabilización o reducción de las temperaturas extremas, algo que se refleja también en el consumo energético del sector residencial y terciario, tal y como se muestra en los gráficos 4.7 y 4.8. Este hecho podría explicar parte de la mejora en la IE a partir de ese momento. También se puede incluir dentro del factor climatológico la variación de la aportación de la energía hidráulica ya comentada anteriormente.

**Gráfico 4.7. Consumo energético del sector residencial**

Fuente: IEA (2010b)

**Gráfico 4.8. Consumo energético del sector terciario**

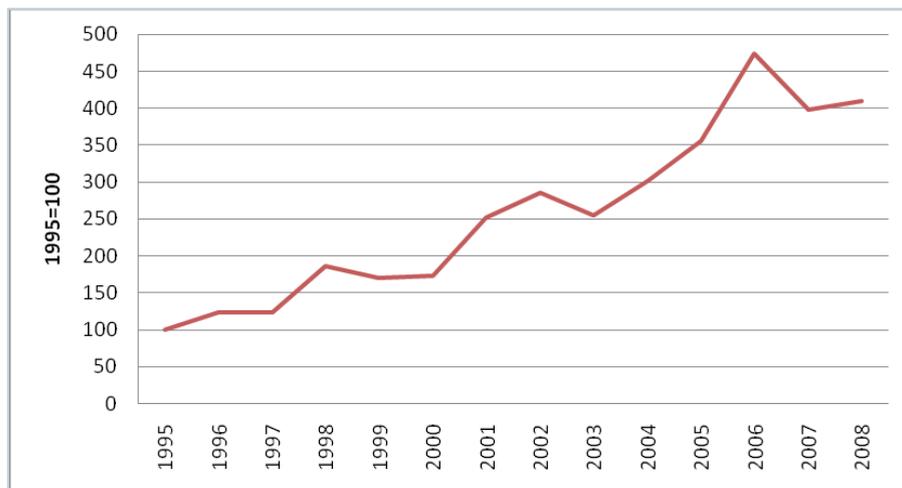
Fuente: IEA (2010b)

#### 4.2.6. Resumen de factores explicativos

Una buena forma de resumir todos los factores explicativos comentados anteriormente es presentar su evolución reciente de forma gráfica. En todos los gráficos siguientes se puede observar cómo estos factores explicativos han mantenido una evolución acorde con su papel explicativo en la evolución de la IE en España, que recordemos, tiene una fase de crecimiento hasta 2005, año en el que cambia su tendencia.

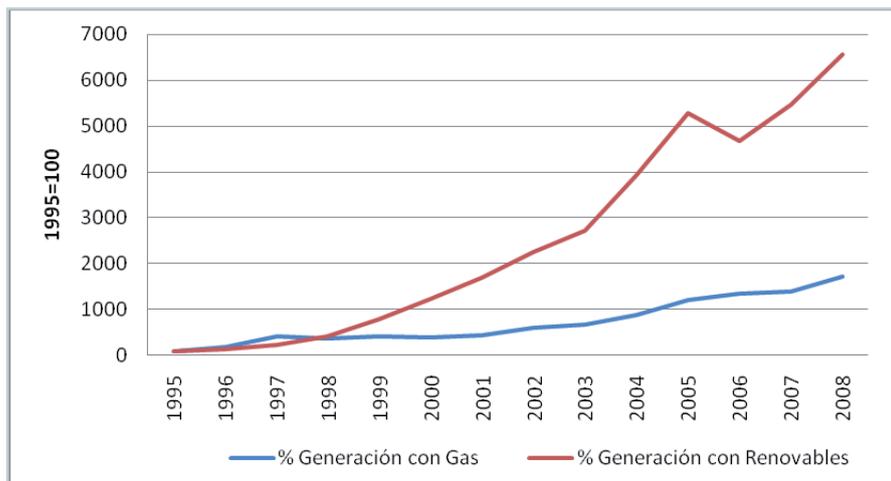
En el gráfico 4.9 presenta la evolución de la inversión pública en infraestructuras y del parque de viviendas. El gráfico 4.10 muestra la variación en la producción de electricidad con gas natural y con renovables. Finalmente, en el gráfico 4.11 se muestra la evolución de los indicadores que representan el resto de los factores en índice con base 1995.

**Gráfico 4.9. Evolución de la inversión pública en infraestructuras y en el parque de viviendas.**



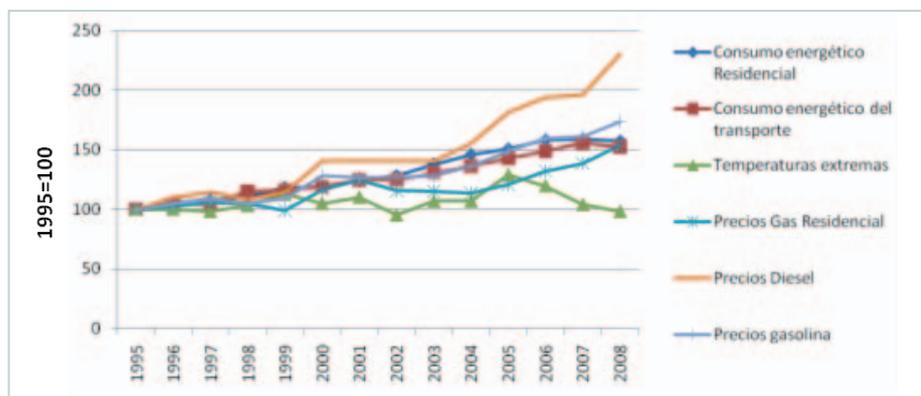
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio Fomento, 2009.

**Gráfico 4.10. Evolución de la generación de electricidad con gas y renovables.**

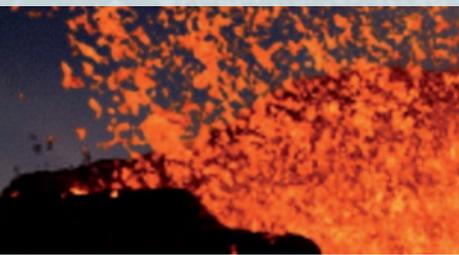


Fuente: Elaboración propia a partir de IEA, 2010b.

**Gráfico 4.11. Evolución de otros factores determinantes de la evolución de la Intensidad energética**



Fuente: Elaboración propia a partir de IEA, 2010b y IEA, 2010c.



[ 05 ]



Resumen y  
conclusiones

El análisis presentado en este informe sobre la evolución de la intensidad energética y sus factores explicativos ofrece interesantes pistas sobre las posibles políticas públicas que pueden aplicarse para actuar sobre el crecimiento de la demanda energética. Políticas que, en un sentido más amplio, han de interpretarse como medio para conseguir los objetivos de aumento de la seguridad energética, reducción de emisiones contaminantes, o disminución de la factura energética.

El informe identifica como principales responsables de la evolución negativa de la IE española (así como de su posterior mejora desde 2006):

- la estructura económica, en particular la construcción de viviendas e infraestructuras, y también el énfasis en el turismo
- la demanda residencial (incluido el transporte privado)
- el mix de generación eléctrica
- los precios energéticos

Otros factores, como la climatología o el aporte hidráulico, quedan evidentemente fuera del alcance de las políticas públicas. No obstante, en la medida en que el cambio climático puede tener consecuencias negativas sobre estos aspectos en España, habrá razones que justifiquen la intervención pública en este campo.

El estudio no ha sido capaz de identificar efectos de deslocalización mediante el comercio internacional, ni síntomas claros de saturación en el consumo residencial, que puedan contribuir a explicar la evolución de la IE. Tampoco se observa en España que la contribución del consumo residencial baje al aumentar la renta, aunque sí se observa un aumento del transporte y una bajada del consumo energético de la industria.

Estos factores determinan las políticas a aplicar para reducir la demanda de energía en España, siendo especialmente recomendable:

- dirigir la actividad económica hacia actividades de alto valor añadido y bajo consumo energético
- focalizar las políticas de ahorro y eficiencia energética en el sector residencial y en el transporte, por su gran incidencia en la IE española
- continuar en la senda actual de incremento de las energías renovables, y de sustitución del carbón por el gas en la generación eléctrica
- utilizar los precios energéticos como instrumento de control de la demanda, frente a lo observado hasta el momento

Es recomendable poner un énfasis especial en dos de estas acciones y de forma combinada: el ahorro y la eficiencia en el sector residencial y del transporte, y la utilización de los precios energéticos.

Las políticas de ahorro y eficiencia en el sector residencial y en el transporte son complejas. La dispersión y pequeño tamaño de los agentes, la poca influencia del análisis económico en la toma de decisiones, o la complejidad tecnológica, hacen que habitualmente el potencial de ahorro en estos sectores no se haya podido aprovechar adecuadamente. Puesto que las campañas de concienciación o educación solo rinden frutos en el medio y largo plazos, son necesarias políticas más agresivas para la reducción de la demanda en estos sectores. No obstante, éstas han de evitar en lo posible el efecto rebote que reduciría la efectividad de las mismas<sup>1</sup>.

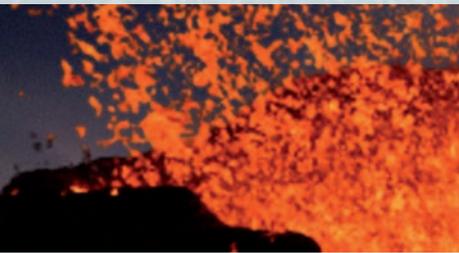
Una posible solución para afrontar esta complejidad puede estar en la combinación de instrumentos. Por una parte, mediante la utilización de los precios energéticos como señales de largo plazo para los consumidores y también para evitar el efecto rebote. Los precios han tenido en estos últimos años, de hecho, una clara influencia en el consumo. Por otra, mediante códigos de edificación o equipamiento que permiten atajar muchos de los problemas de decisión en los consumidores. Y finalmente, mediante un desarrollo tecnológico, especialmente en el transporte, que permita ofrecer soluciones de ahorro y eficiencia a un coste razonable.

Estas actuaciones, como ya se ha comentado, deben estar acompañadas de un aumento de la penetración de energías limpias en el mix eléctrico, especialmente teniendo en cuenta la cada vez mayor contribución de la electricidad al suministro energético, y de una dirección adecuada de la estructura económica del país.

Finalmente cabe resaltar que la evolución positiva de la intensidad energética experimentada en España en los últimos años, no debe invitar a la complacencia. Todavía hay un importante camino por recorrer para aproximarnos a los niveles europeos. En todo caso, esta evolución nos muestra que un cambio en la tendencia de la demanda de energía es posible si se aplican las políticas adecuadas. Este informe ha pretendido contribuir a la identificación de las mismas. Ahora es necesaria la voluntad política, junto a un buen diseño regulatorio, para ponerlas en práctica.

---

1 Un estudio reciente de estas cuestiones es el de Linares y Labandeira (2010)



# Anexos

- A. Metodología de descomposición de índices**
- B. Eficiencia en la generación de electricidad**
- C. Asignación de los consumos indirectos**

## A

**Metodología de descomposición de índices**

Dentro de las distintas técnicas de descomposición de índices, los métodos Laspeyres y Divisia son los más utilizados. La selección de los métodos se basa en su fundamentación teórica, su aplicabilidad, su capacidad de aportar respuestas, su facilidad de utilización para distintos contextos y su facilidad para entender y para presentar resultados. En el plano empírico, otras cuestiones como la calidad de las estadísticas, el nivel de desagregación sectorial, la medición de los niveles de actividad o la elección de indicadores pueden afectar a la validez y a la calidad de los resultados al margen del método elegido.

Para realizar la descomposición se define, en primer lugar, una función que relaciona el agregado a descomponer con una serie de factores predefinidos. En este caso se consideran los 17 sectores productivos, para los que existe información estadística desagregada y *de valor añadido bruto (VAB)*, y el consumo residencial, que incluye el consumo de los hogares y el del transporte privado y cuya intensidad energética considera todo el PIB de la economía. La función explicativa es:

$$IE = \frac{ET}{YT} = \sum \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} \frac{Y_{i,t}}{YT} + \frac{ER}{YT}$$

Las variables utilizadas son las siguientes:

$E_t$  = Consumo energético total en el momento temporal t.

$E_{i,t}$  = Consumo energético en el sector i en el momento temporal t.

$Y_t$  = PIB total en el momento temporal t.

$Y_{it}$  = VAB del sector i en el momento temporal t.

$S_{i,t}$  = participación de cada sector i en el PIB ( $=Y_{it}/Y_t$ ) en el momento temporal t.

$I_t$  = Intensidad energética agregada ( $=E_t/Y_t$ ) en el momento temporal t.

$I_{i,t}$  = Intensidad energética de cada sector i ( $=E_{i,t}/Y_{i,t}$ ) en el momento temporal t.

La energía (E) se suele medir en toneladas equivalentes de petróleo (tep), y el Producto Interior Bruto ( $Y_t$ ) y el Valor Añadido Bruto ( $Y_{it}$ ) de cada sector en euros constantes.

La descomposición puede ser aditiva o multiplicativa y comprende tres factores: el efecto estructura, el efecto de intensidad intrasectorial, y el efecto residencial:

$$\text{Multiplicativa: } D_{\text{tot}} \equiv D_{\text{str}} * D_{\text{int}} * D_{\text{resid}} * D_{\text{rsd}} \quad \text{Aditiva: } D_{\text{tot}} \equiv D_{\text{str}} + D_{\text{int}} + D_{\text{resid}} + D_{\text{rsd}}$$

Donde:

$D_{\text{tot}}$  = Variación de la intensidad energética entre los momentos temporales  $t=T$  y  $t=0$ .

$D_{\text{str}}$  = Efecto estructural entre los momentos temporales  $t=T$  y  $t=0$ .

$D_{\text{int}}$  = Efecto intrasectorial entre los momentos temporales  $t=T$  y  $t=0$ .

$D_{\text{resid}}$  = Efecto residencial entre los momentos temporales  $t=T$  y  $t=0$ .

$D_{\text{rsd}}$  = Residuo entre los momentos temporales  $t=T$  y  $t=0$ .

En el método de Laspeyres, la influencia de cada factor se calcula manteniendo constantes dos variables en el año base y analizando el comportamiento de la otra variable a lo largo del tiempo. Las principales críticas se centran en que al estar basado en el año inicial y no ser una descomposición perfecta se puede generar un gran efecto residual que puede desvirtuar el análisis y subestimar los efectos tecnológico y estructural. Para evitar este efecto residual, se creó el método Laspeyres "refinado" que se puede aplicar a más de dos sectores, y en el que el residuo se reparte entre los dos efectos siguiendo el principio de "conjuntamente creado igualmente distribuido" por lo que arroja una descomposición perfecta (Sun, 1998). No obstante el método Laspeyres refinado tiene dos inconvenientes. El primero es que repartir el residuo "a partes iguales" puede otorgar a uno de los efectos una parte del residuo que no le corresponde, puesto que puede que la variación de los otros efectos haya sido mayor. El segundo es que su aplicación a varios factores resulta bastante laboriosa y complicada.

Los métodos de descomposición paramétrica Divisia aportan una descomposición perfecta utilizando la variación logarítmica en el cálculo de los números índices, consiguiendo así un índice nuevo simétrico y aditivo. Por ejemplo, si el consumo energético de un sector pasa de 5 unidades en el año 0 a 10 unidades en el año  $t$ , su diferencia relativa calculada como porcentaje depende de qué año se utilice en la comparación. Así el consumo energético del año  $t$  es un 100% superior al del año 0, pero el consumo energético en el año 0 es un 50% menor que el del año  $t$ , lo cual es asimétrico. Sin embargo, en el caso del logaritmo,  $\ln(10/5) = 0,693$  y  $\ln(5/10) = -0,693$  son valores simétricos. La propiedad aditiva implica que  $\ln(D_{\text{tot}}) = \ln(D_{\text{str}}) + \ln(D_{\text{int}})$  lo cual puede ser muy útil para separar y analizar los efectos de la desagregación.

En la desagregación multiplicativa el cambio de la intensidad energética se debe a tres efectos que se calculan de la siguiente forma<sup>6</sup>:

$$D_{\text{str}} = \exp \left[ \sum_i W_i' \ln(S_{i,T} / S_{i,0}) \right]$$

$$D_{\text{int}} = \exp \left[ \sum_i W_i' \ln(I_{i,T} / I_{i,0}) \right]$$

$$D_{\text{resid}} = \exp \left[ \sum_i W_i' \ln(E_{R,T} / Y_T) (E_{T,0} / Y_0) \right]$$

Como estamos utilizando datos discretos calculamos el valor entre momento temporal  $0$  y  $t$  como la media logarítmica del porcentaje de la energía de cada sector dividida por el PIB total, dividida por el sumatorio de la media logarítmica del numerador (Ang, 2004).

Así, en esta descomposición  $W_i'$  es la:

$$W_i' = \frac{L(E_{iT} / Y_T, E_{i,0} / Y_0)}{L(E_T / Y_T, E_0 / Y_0)}$$

Donde la media logarítmica de dos números positivos  $x$  e  $y$  se calcula como:

$$L(x, y) = (y - x) / \ln(y / x)$$

El método LMDI I tiene además de su fundamento teórico varias ventajas prácticas para su aplicación que lo hacen preferible frente a otros métodos (Ang et al., 2003; Ang, 2005):

1. El resultado no arroja un término residual, es perfecto, y cumple las propiedades de reciprocidad temporal y factorial.
2. Los resultados del cálculo multiplicativo tienen la propiedad aditiva por la que  $\ln(D_{tot}) = \ln(D_{x1}) + \ln(D_{x2}) + \dots + \ln(D_{xn})$ .
3. Existe una relación sencilla entre la descomposición aditiva ( $\Delta D_{tot}$ ) y la multiplicativa ( $D_{tot}$ ) por lo que  $\Delta D_{tot} / \ln(D_{tot}) = \Delta D_{x,k} / \ln(D_{x,k})$ , en el que  $x$  representa el efecto (i.e. estructural) y  $k$  el sector, lo cual convierte en innecesario realizar la descomposición en los dos métodos, ya que uno se deriva del otro.
4. Los resultados del método LMDI I son consistentes en agregación, lo cual significa que los resultados a nivel de subgrupo pueden ser agregados para dar el efecto correspondiente a nivel de grupo. Así, por ejemplo la descomposición de todos los sectores industriales arroja los mismos efectos que si se utiliza el agregado de la industria.
5. Por último, es un método sencillo de aplicación y se pueden incluir con facilidad más de dos factores siempre que estén correctamente definidos en la función principal.

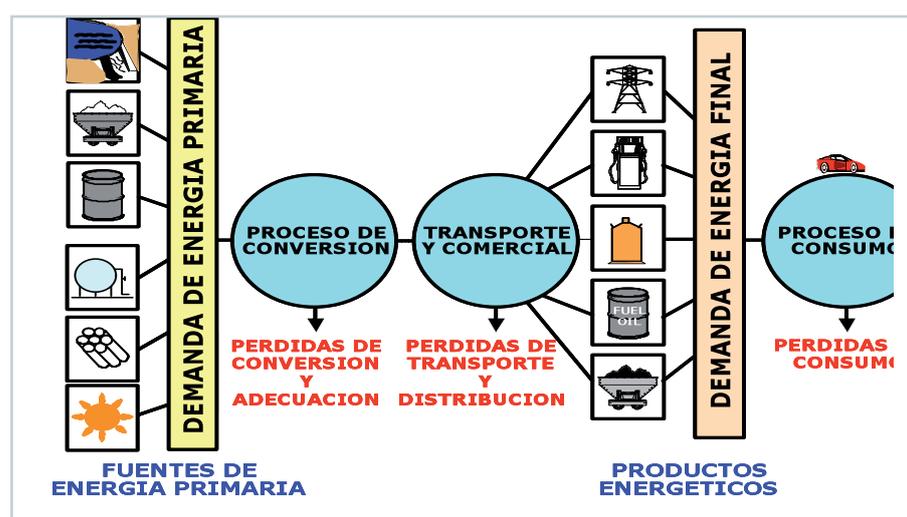
En este informe se utiliza este método para desagregar la IE española y de la UE15 entre 1995 y 2008, para ver qué sectores han sido los que más han contribuido a la diferencia de la IE entre España y la UE15 en el año 2008 y para calcular como cada país ha contribuido a la variación de la IE en la UE15 entre 1995 y 2008.

## B

## Eficiencia en la generación de electricidad

La inclusión del sector energético en el análisis de la IE es muy importante, puesto que consume una gran cantidad de energía. Para la comprensión correcta de su inclusión se deben entender los procesos de conversión de energía primaria en final. En estadística energética la energía primaria se define como la energía que se encuentra en la naturaleza y que no ha estado sujeta a ninguna conversión o proceso de transformación. Los balances energéticos de la IEA incluyen como energía primaria el petróleo bruto, el gas natural, el carbón, las energías renovables (solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa, etc.) y nuclear. La energía secundaria es una fuente energética que ha sido transformada desde otra fuente energética (tanto primaria como secundaria). Entre las energías secundarias destacan la electricidad y los productos petrolíferos como la gasolina.

Cuadro B.1. Energía primaria, final y útil.



Fuente: Elaboración propia

Tal y como se muestra en el cuadro b.1, los consumidores finales (residencial, transporte, industria) demandan energía útil para sus fábricas, ordenadores, vehículos, iluminación y calefacción, entre otros, en forma de energía primaria (carbón, gas, etc.) o secundaria (electricidad, gasolina, etc.). Para producir la energía secundaria se ha tenido que utilizar energía primaria y a veces también secundaria (por ejemplo el fuel óleo para generar electricidad), por eso se

le denomina proceso de transformación. Las refinerías obtienen productos petrolíferos a partir del petróleo crudo y las compañías eléctricas producen electricidad a partir de gas, carbón, nuclear, agua, sol, viento, etc.

La cuestión clave es cómo se convierten los GWh suministrados como energía final en energía primaria. Para ciertas tecnologías (carbón, gas, fuel óleo) se dispone del volumen de insumos de las centrales de generación y de su generación de electricidad, con lo que se puede calcular su eficiencia. Pero para otras tecnologías como la nuclear, la eólica o la hidráulica, no se dispone de los insumos, por lo que la IEA asigna unas eficiencias basadas en el principio de eficiencia. Se considera que la eficiencia de las tecnologías renovables es del 100%, ya que no consumen combustible en su producción, mientras que la energía nuclear tiene un rendimiento térmico medio aceptado del 33%. Por eso los países que tienen energía nuclear en su generación de electricidad tienen una intensidad energética más alta que aquellos que tienen más generación renovable, lo cual no es un indicador de ineficiencia. Esta diferencia se ve reforzada porque las centrales nucleares funcionan la mayor parte del año a pleno rendimiento.

Existen otros métodos para calcular la energía primaria como es el método de "sustitución", por el que se calcula la energía primaria de las energías renovables con el factor de eficiencia media de la generación térmica. De esta manera las energías renovables aparecen con una participación mayor en la producción energética total (TPES) de un país. No obstante, este método también ha sido criticado por la arbitrariedad a la hora de elegir el factor de eficiencia.

Las consecuencias de la utilización de la metodología de la IEA en el análisis de la IE son:

- La existencia de grandes aprovechamientos hidráulicos se traduce en una menor IE en los países. En algunos países, la volatilidad de la hidráulidad influye en las comparaciones interanuales de la IE.
- Los países con un alto porcentaje de generación nuclear tendrán elevados ratios de IE primaria, como sucede con mostrando unos niveles de IE primaria elevados.
- Aunque las energías renovables tienen una eficiencia del 100% según la metodología de la IEA, el recurso (viento, sol) no está siempre disponible al 100%. Así, las horas medias anuales de funcionamiento de un parque eólico se sitúan en torno a las 2.000 a 2.500 horas, frente a las 8.000 horas de disponibilidad típica de cualquier planta térmica. Esto significa que para producir un kWh. de electricidad se necesita más potencia eólica o solar que en las centrales térmicas

En definitiva, las cifras de la IE hay cierta arbitrariedad porque las distintas energías primarias no son comparables (carácter renovable, disponibilidad, precio, etc.). Esta arbitrariedad se evita si se analiza la evolución de la IE final, pero se pierde información valiosa al no incluir el consumo energético de los sectores transformadores. Por otro lado solo es un factor a considerar en las comparaciones entre países y cuando se ponen en funcionamiento nuevas centrales nucleares, que no ha sido el caso en el período y los países analizados.

## C

## Asignación de los consumos indirectos

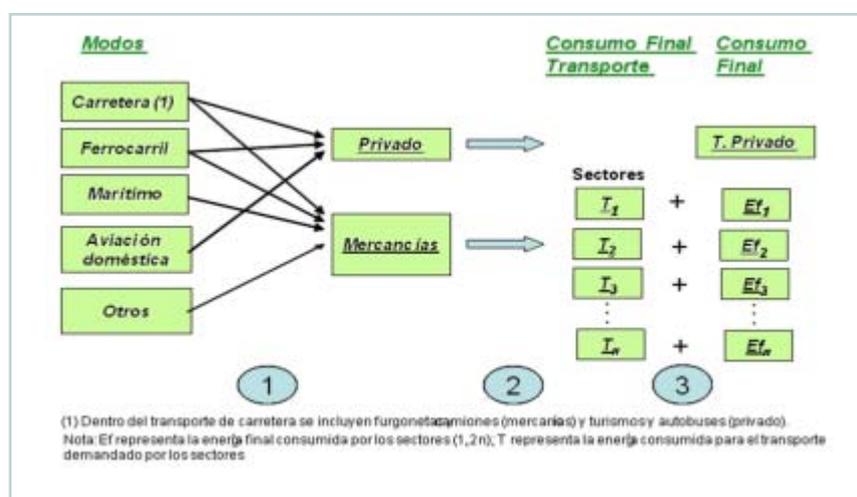
A continuación se explica la metodología utilizada para el cálculo de los consumos indirectos de cada sector que consta de dos pasos tal y como se ha mostrado en el cuadro 3.1. En primer lugar se asignan los consumos finales de transporte a los sectores que lo demandan (creando un nuevo balance energético final). En segundo lugar se asignan los consumos de transformación a los sectores que han demandado los productos transformados.

### C.1. Asignación del consumo energético del transporte

Para calcular el nuevo balance energético final, se estima la demanda de transporte de cada sector productivo y se asigna proporcionalmente el consumo energético asociado. Para el sector eléctrico las propias estadísticas ofrecen ese desglose en los consumos finales.

La principal dificultad para repartir el consumo energético del transporte es que las estadísticas de la IEA no muestran la separación entre el transporte que realizan los ciudadanos (en automóvil) de aquel que se realiza para el transporte de mercancías y pasajeros (autobuses o trenes), aunque para el caso español se disponen de las estadísticas del IDAE que permiten realizar este análisis desagregado.

**Cuadro C.1. Reparto del consumo del transporte.**



Fuente: Elaboración propia.

Para la asignación del consumo del transporte entre los sectores se utiliza la siguiente metodología (cuadro 3.2). En primer lugar, se realiza una asignación por modos del transporte privado y el de mercancías. El transporte privado es la suma del transporte que se realiza en vehículo particular y el que se produce en el transporte de pasajeros.<sup>1</sup> En segundo lugar, se reparte el consumo energético del transporte de mercancías por sectores productivos. En tercer lugar, se calcula el nuevo balance sumando a cada sector los consumos energéticos del transporte incurrido.

Las estadísticas del IDAE permiten separar, dentro del transporte por carretera, el que corresponde al transporte privado, al de autobús y al de mercancías. Para repartir el transporte en los otros modos se adoptan las siguientes hipótesis:

- Toda la aviación doméstica corresponde al transporte de pasajeros.
- El ferrocarril se reparte por igual entre el transporte de pasajeros y el de mercancías.<sup>2</sup>
- Todo el transporte marítimo es de mercancías.
- Todo el transporte en autobús se considera transporte de pasajeros.

Dentro del transporte privado existe una parte que corresponde al transporte con motivos profesionales, pero ese desglose no está disponible. Por ello, los resultados que se muestran en esta sección sobrevaloran el transporte realizado por las familias, en detrimento del sector servicios.

Por lo que se refiere a la estimación de la demanda de transporte de mercancías de los sectores productivos, se utiliza como aproximación las estadísticas del Ministerio de Fomento de la Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías (EPTMC) (MFOM, varios años) con información sobre las toneladas-kilómetro (ton-Km.) transportadas para 10 sectores productivos. La muestra utilizada para realizar la encuesta está basada en los vehículos autorizados por la Dirección General de Transporte por Carretera del Ministerio de Fomento para realizar transporte de mercancías por carretera, cuya capacidad de carga útil sea superior a 3,5 toneladas y con un peso máximo autorizado superior a 6 toneladas. Esto significa que no se da información sobre las mercancías transportadas por las furgonetas y no existe una encuesta similar para ellas. Tampoco se dispone de información estadística anualizada del transporte de mercancías en otros modos. Por ello se adopta la hipótesis que todo el transporte atiende a los mismos sectores que el transporte con camiones. La ausencia de esta información estadística es una limitación importante para la comprensión del transporte de mercancías.

Por otro lado, los sectores recogidos en la EPTMC no coinciden estrictamente con los de los balances energéticos ni con los de la contabilidad nacional. Por ello, cuando se realiza este reparto se pierde nivel de detalle, pasando de 14 sectores de los balances energéticos a 7 tras su fusión con la EPTMC. En la tabla c.1. se comparan las clasificaciones de los balances energéticos, la EPTMC y el resultado de su fusión.

En la categoría de otros de la EPTMC se incluyen las mercancías que corresponden a varias categorías de los balances energéticos. Esto afecta especialmente a la interpretación de la industria de papel, que se incluye en química y papel, pero cuyos productos manufacturados (papel, cartón) se recogen en la categoría de otros en la EPTMC.<sup>3</sup> A pesar de este inconveniente el resultado de agrupar las tres clasificaciones resulta en un mayor detalle para los sectores que consumen más energía (agricultura, minerales no metálicos, metales básicos) y menor desagregación para aquellos

1 Esto es diferente al análisis tradicional en el que los consumos energéticos del transporte de viajeros (autobuses, trenes, aviones) figuraban en la categoría de transporte del mismo modo que lo hacía su VAB.

2 Esta hipótesis podría variar con datos reales, pero como el ferrocarril consume menos del 2% del consumo energético en España, no alteraría mucho los resultados.

3 Una parte del transporte de esta categoría podría corresponder al sector servicios (paquetería) pero, dado su reducido nivel de consumo energético y la imposibilidad de obtener información estadística, se mantiene en la categoría de otros.

sectores con IE bajas (material de transporte, madera, maquinaria, textil, etc.). Por ello, este ejercicio permite concentrar el análisis en los sectores clave.

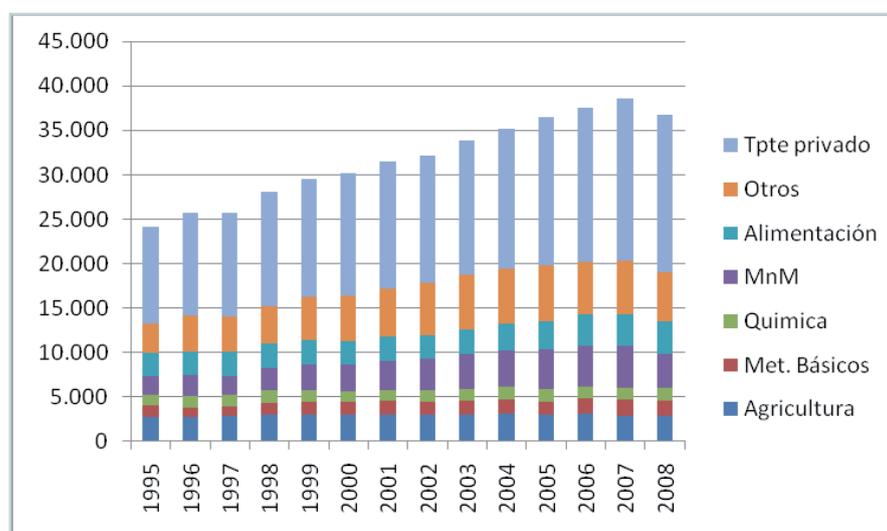
**Tabla C.1. Comparación de los balances energéticos y de la EPTMC.**

Nuevo	EPTMC	Balances energéticos
Agricultura	0. Productos agrícolas y animales vivos	Agricultura
Alimentación	1. Productos alimenticios y forrajes	Alimentación
Energía	2. Combustibles minerales sólidos 3. Productos petrolíferos	Energía
Metales básicos	4. Minerales y residuos para la fundición 5. Productos metalúrgicos	Metales básicos
Construcción	6. Minerales en bruto o manufacturados y materiales de construcción	Minerales no metálicos Minería Construcción
Química y papel	7. Abonos 8. Productos químicos	Química y plásticos Papel
Otros	9. Máquinas, vehículos y objetos manufacturados	Madera Material de transporte Maquinaria Textil y calzado Otros

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto importante es que una parte significativa del transporte se destina a las actividades del sector terciario (por ejemplo, comercio), pero con esta metodología se repercute el consumo energético del transporte en el sector productor de los bienes transportados (por ejemplo, la industria textil). Por otro lado, en las cifras de la EPTMC se incluye el transporte del grupo energía, que se refiere a petróleo bruto y productos petrolíferos que posteriormente se consumen en los sectores finales. Como no se dispone de una desagregación estadística del tipo de productos petrolíferos transportados, se reparte este consumo de transporte proporcionalmente a la demanda de transporte de los sectores productivos.

Conviene matizar que para transportar una tonelada-kilómetro no siempre se necesita la misma cantidad de energía, puesto que ésta depende del tipo de vehículo utilizado, su antigüedad, la velocidad y otros factores. No resulta posible tener un detalle estadístico de estos factores para todos los movimientos de mercancías, puesto que se requieren sistemas sofisticados de monitorización y control en cada vehículo. Por ello, las toneladas-kilómetro son la mejor aproximación al reparto de los consumos energéticos del transporte y cuenta con la ventaja de que es una estadística que, al igual que los balances energéticos, se publica anualmente. Los resultados de esta estimación se muestran en el gráfico C.1.

**Gráfico C.1. Evolución de la demanda energética para transporte en España**

Fuente: Elaboración propia

Al sumar el consumo de transporte estimado de los sectores al balance energético final se obtiene el nuevo balance de energía final (tabla c.2).

**Tabla C.2. Nuevo balance energético del consumo final en España en 2008 (ktep).**

	Carbón	P. petróleo	Gas	Renovables	Electricidad	TOTAL
Agricultura	0	4.640	324	85	543	5.592
Met. Básicos	731	2.078	786	28	2.492	6.116
Química	164	2.293	3.208	552	1.818	8.035
Min. no metálicos	159	6.384	2.598	207	1.379	10.727
Alimentación	40	4.019	487	390	982	5.917
Otros	24	6.178	2.299	587	2.319	11.407
Terciario	38	1.459	1.442	124	6.972	10.035
Tpte Privado	0	17.372	32	296	122	17.821
Residencial	192	3.524	3.639	2.153	6.196	15.704
<b>TOTAL</b>	<b>1.348</b>	<b>47.948</b>	<b>14.814</b>	<b>4.422</b>	<b>22.822</b>	<b>91.354</b>

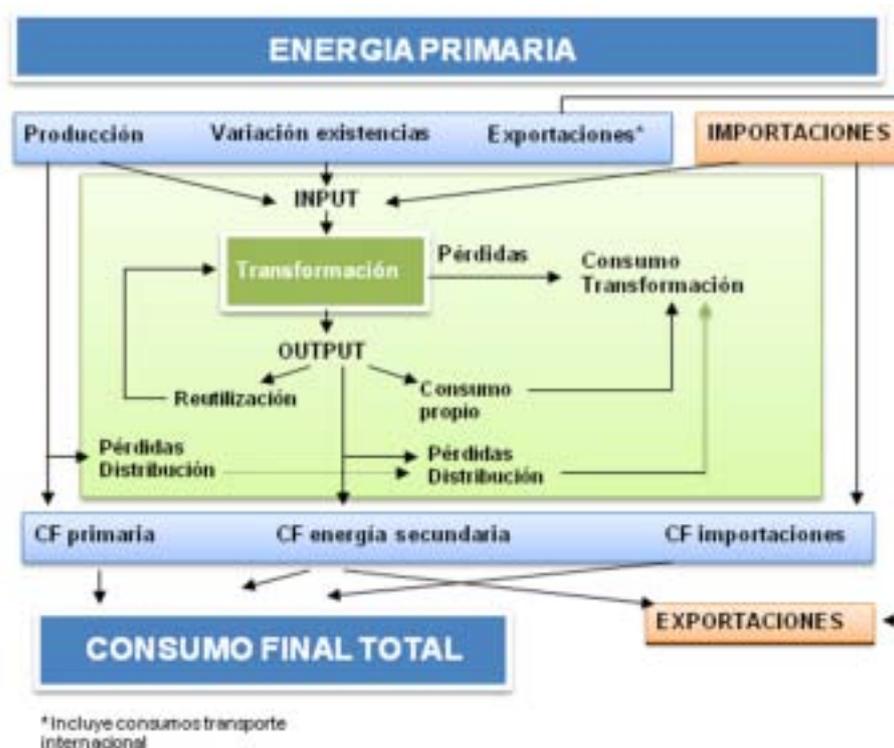
Fuente: Elaboración propia.

## C.2. Asignación del consumo energético del transporte

Para asignar los consumos de transformación a los sectores que demandan sus productos se tienen que considerar las principales relaciones de la transformación energética, que incluyen el refinado de petróleo crudo, la generación de electricidad y la producción de gas con petróleo o carbón, principalmente (cuadro c.2). La energía primaria puede ser utilizada como input en el proceso de transformación energética (carbón para producir electricidad), puede ser consumida directamente (gas consumido en los hogares) o puede ser exportada. Junto con la energía primaria entran como insumos del proceso de transformación las importaciones de energía primaria o de energía secundaria. Además, hay ciertos productos energéticos que se reutilizan (por ejemplo, el fuel óleo para la generación de electricidad).

La transformación energética consume energía primaria, pero también energía secundaria, por ejemplo electricidad, lo que se denomina consumos propios. Para simplificar el análisis, se incluye dentro del consumo de transformación las pérdidas de distribución, que se producen en el transporte de los productos al punto de consumo, e incluimos también las pérdidas de transporte de energía primaria (de gas) que, aunque no corresponden a la transformación energética, las estadísticas no distinguen si las pérdidas se producen en el transporte de gas a las plantas de generación eléctrica o a los consumidores finales.

### Cuadro C.2. Transformación energética.



Fuente: Elaboración propia

La energía una vez transformada se destina al consumo final (CF) total que es la suma del CF de energía primaria, el CF de energía transformada y el CF de las importaciones de productos ya transformados (productos petrolíferos o electricidad). Por otro lado, se producen exportaciones de energía primaria y de energía secundaria.<sup>4</sup>

Conviene destacar que los balances energéticos no incluyen los consumos necesarios para la producción de productos importados, tanto de energía primaria (por ejemplo, la energía necesaria para extraer el petróleo) como final (por ejemplo, la energía necesaria para producir una unidad de gasóleo). Por ello, el consumo energético de cualquier país importador de energía está infravalorando la energía realmente utilizada en el país. En particular, en el comercio internacional de electricidad la cantidad de energía utilizada o evitada puede llegar a ser muy cuantiosa, puesto que se puede necesitar mucha energía primaria para generarla. En el caso español, la capacidad de interconexión eléctrica es muy limitada.

Para repartir los consumos energéticos de la transformación se utiliza una metodología sencilla basada en los modelos input-output. A partir de los balances energéticos se construyen matrices anuales que reflejan las energías primarias

<sup>4</sup> En el análisis no se incluyen los consumos no energéticos, pero se supone que la energía utilizada para la transformación es similar para todos los productos petrolíferos, lo cual no es completamente cierto, pero tampoco se cuenta con información pública disponible para su desglose.

(por ejemplo, crudo) y secundarias (por ejemplo, productos petrolíferos), que se utilizan para obtener energía primaria y secundaria, que será consumida por los sectores finales.

La columna denominada "Directo" recoge los consumos energéticos de los sectores tras los procesos de transformación, que equivale a los consumos finales. La importación de productos petrolíferos y de electricidad no genera un consumo en la transformación del país que los importa y al contrario sucede con las exportaciones. Para evitar esta distorsión se supone que la eficiencia de las transformaciones de productos petrolíferos y de electricidad exportadas e importadas es igual a la media del sector en España. Con esta hipótesis se resta a la demanda final de los productos petrolíferos y de la electricidad el saldo neto de importaciones y exportaciones.

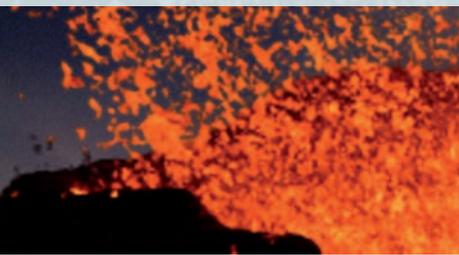
**Tabla C.3. Tabla de origen y destino de la energía en España en 2006 (ktep).**

	C	R	Oil	N	H	G	P.P	E	Indirecto	Directo	Total
Carbón (C)	1.743	0	0	0	0	0	0	14.717	16.460	1.412	17.872
Renovables (R)	0	0	0	0	0	0	0	3.476	3.476	3.770	7.246
Crudo (O)	0	0	-838	0	0	0	63.117	0	62.279	12	62.291
Nuclear (N)	0	0	0	0	0	0	0	15.669	15.669	0	15.669
Hidráulica (H)	0	0	0	0	0	0	0	2.198	2.198	0	2.198
Gas (G)	0	0	0	0	0	926	0	13.203	14.129	16.921	31.050
Prod. petrolíferos (P.P)	0	0	61	0	0	58	5.657	4.493	10.269	51.225	61.494
Electricidad (E)	0	0	0	0	0	0	0	3.965	3.965	21.758	25.723

Fuente: Elaboración propia a partir de los balances energéticos de la IEA (IEA, 2010b).

Con esta información se puede calcular cuanta energía del sector de transformación energética se necesita para producir una unidad de energía final (coeficientes energéticos). Esto se obtiene dividiendo cada elemento de cada fila por su correspondiente elemento del vector total, formando así la matriz  $A$  de coeficientes energéticos. Siguiendo la metodología input-output, se calcula la matriz inversa  $(I-A)^{-1}$ , en la que  $I$  es la matriz unidad, para obtener las necesidades energéticas totales por una unidad de energía final. Después, para evitar la doble contabilidad se seleccionan solo las filas que corresponden a las energías primarias (todas excepto los productos petrolíferos y la electricidad) y todas las columnas que reflejan los consumos indirectos, formando así la matriz de transformación.

Esta matriz de transformación, que se representaba gráficamente en el segundo paso del cuadro 3.1, se multiplica por el nuevo balance final calculado en la sección anterior (paso 1 del mencionado cuadro) para obtener un balance energético que incluye los consumos directos e indirectos.



## Bibliografía



- ALCANTARA, V. y DURO, J.A.** (2004), "Inequality of energy intensities across OECD countries: a note", *Energy Policy* nº 32: 1257-1260.
- ANG, B. W.** (2005) "The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide", *Energy Policy* nº 33: 867-871.
- ANG, B. W.** (2004) "Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method", *Energy Policy* nº 32: 1131-1139.
- ANG, B. W., LIU, F.L. y CHEW, E.P.** (2003) "Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis", *Energy Policy* nº 31: 1561-1566.
- ANG, B. W. y ZHANG, F. Q.** (2000) "A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies", *Energy* nº 25: 1149-1176.
- ANSUATEGI, A. y ARTO, I.** (2003), "La evolución de la intensidad energética de la industria vasca entre 1982 y 2001: un análisis de descomposición", <http://econpapers.repec.org/>, (11/4/2006).
- ARANDA, A., SCARPELLINI, S. y FEIJOO, M.** (2003) "Análisis de la Eficiencia energética en la industria española y su potencial de ahorro", *Economía Industrial* nº 352: 11-24.
- BBVA** (2006) "Situación Inmobiliaria, Febrero 2006", *Servicio de Estudios*, <http://serviciodeestudios.bbva.com/>, (11/4/2006).
- BERNARDINI, O. y GALLI, R.** (1993) "Dematerialization: long-term trends in the intensity of use of materials and energy", *Futures*, May 1993: 431-448.
- CLEVELAND, C. y RUTH, M.** (1999) "Indicators of dematerialization and the materials intensity of use", *Journal of Industrial Ecology*, nº 2(3): 15-50.
- CLIMENT, F. y PARDO, A.** (2007) "Decoupling factors on the energy–output linkage: The Spanish case", *Energy Policy* nº 35 (1): 522-528
- DOWLATABADI, H. y ORAVETZ, M.A.** (2005) "US long-term energy intensity: Backcast and projection", *Energy Policy*, In Press, Corrected Proof.
- ESTEBAN, L., FEIJOO, M. y HERNÁNDEZ, J.M.** (2003) "Eficiencia energética y regulación de la industria española ante el cambio climático", *Estudios de Economía Aplicada* nº 21 (2): 259-282.
- EUROSTAT** (2010) "Agregados Macroeconómicos– Desglose en 31 ramas de actividad en series de volúmenes encadenados con el año 2000 de referencia" accedido en septiembre 2010.

- FRONDEL, M., PETERS, J. y VANCE, C** (2007) "Identifying the rebound: evidence from a German household panel", *Ruhr Economic Papers* nº 32.
- GALLI, R.** (1998) "The relationship between energy intensity and income levels: forecasting long term energy demand in Asian emerging countries", *Energy Journal*, nº 19 (4): 85-106.
- IDAE** (2009) *Estadísticas de consumos energéticos*, IDAE, Madrid.
- IDAE**, (2001) "Ahorro de energía en el sector hotelero. Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo", IDAE, Madrid.
- IEA** (2010a) *Energy Technology Perspectives*, 2010 Edition, IEA/OCDE, Paris
- IEA** (2010b) *Energy Balances of OECD Countries*, 2010 Edition, IEA/OCDE, Paris
- IEA** (2010c) *Energy Prices and Taxes*, 2010 Edition, IEA/OCDE, Paris
- INE** (2002) *Censos de Población y Vivienda*, 2001, Instituto Nacional de Estadística, Madrid, [www.ine.es](http://www.ine.es), (11/4/2006).
- JÄNICKE, M., MÖNCH, H., RANNEBERG, T. y SIMONIS U. E.** (1989) "Economic Structure and Environmental Impacts: East-West Comparisons", *The*
- KUZNETS, S.** (1955), "Economic growth and income inequality", *American Economic Review* nº 45: 1-28.
- LINARES, P.** (2009) "Eficiencia energética y medioambiente", *Información Comercial Española*, 847: 75-83.
- LABANDEIRA, X, LEÓN, C.J y VÁZQUEZ, M.X.** (2006) *Economía Ambiental*, Pearson Educación, Madrid
- MALENBAUM, W.** (1978) *World demand for raw materials in 1985 and 2000*, McGraw-Hill, Nueva York, EEUU.
- MARRERO G.A.y RAMOS-REAL, F.J.**, (2008) "La intensidad energética en los sectores productivos en la UE15 durante 1991 y 2005: ¿Es el caso español diferente?" *Colección estudios económicos*, [www.fedea.es](http://www.fedea.es).
- MEDLOCK III, K. Y SOLIGO, R.** (2001) "Economic Development and End-Use Energy Demand", *Energy Journal*, nº 22 (2): 77-105.
- MFOM** (2010) *Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera. 2007*, Ministerio de Fomento, Madrid.
- MFOM** (2009) *Anuario estadístico del Ministerio de Fomento*, Ministerio de Fomento, Madrid.
- MITYC** (2008) *Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2011*, Ministerio de industria, turismo y comercio, julio de 2008, [www.mityc.es](http://www.mityc.es).
- MITYC** (2007) *Plan de Acción 2008 2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España*, Ministerio de industria, turismo y comercio, julio de 2007, [www.mityc.es](http://www.mityc.es).
- MITYC** (2005) *Plan de Acción 2005 2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España*, Ministerio de industria, turismo y comercio, julio de 2005, [www.mityc.es](http://www.mityc.es).
- NAHMAN, A. y G. ANTROBUS.** (2005) "The Environmental Kuznets Curve: A Literature Survey." *South African Journal of Economics* nº 73.
- NEWELL, R.G, JAFFE, A. B. y STAVINS R.N** (1999) "The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change", *Quarterly Journal of Economics* nº 114 (3): 941-975.
- OFICEMEN** (2007) "Informe anual 2007", *Agrupación de Fabricantes de Cemento de España*, Madrid, [www.oficemen.com](http://www.oficemen.com)

- OSE** (2005) *Sostenibilidad en España 2005: Informe Primavera*, Observatorio de la Sostenibilidad en España, Alcalá de Henares, <http://www.sostenibilidad-es.org/>.
- PÉREZ ARRIAGA, J.I., PARDO, M. y SANCHEZ DE TREMBLEQUE, L.J.** (2005) "La gestión de la demanda de electricidad", *Documento de Trabajo 65/2005*, Fundación Alternativas.
- RAMOS-MARTÍN, J.** (2003) "Intensidad Energética de la economía Española: una perspectiva integrada", *Economía Industrial*, nº 351: 59-72.
- RICHMOND, A.K. y KAUFMAN, R.K.** (2006) "Energy prices and turning points: the relationship between income and energy use / carbon emissions", *Energy Journal*, nº 27:157-178.
- ROCA, J. Y PADILLA, E.** (2003) "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kioto", *Economía Industrial*, nº 351: 73-86.
- SCHÄFER, A.** (2005), "Structural change in energy use", *Energy Policy* nº 33: 429-437.
- SCHURR, S.H.** (1984) "Energy Use, technological change and productive efficiency: an historical interpretation", *Annual Review Energy* nº 9: 409-425.
- SMIL, V.** (2003) *Energy at the Crossroads*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- SORREL, S.** (2007) "The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency", *Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment* function of the UK Energy Research Centre, [www.ukerc.ac.uk](http://www.ukerc.ac.uk)
- STERN, D. y CLEVELAND, C.** (2004) "Energy and Economic Growth", Rensselaer Working papers in Economics, <http://ideas.repec.org/p/rpi/rpiwpe/0410.html> , (11/4/2006).
- STOKEY, N.** (1998) "Are there limits to growth?" *International Economic Review* Nº 39: 1–31.
- SUN, J.W.** (1998) "Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition method", *Energy Economics* nº 20 (1): 85–100.
- SUN, J.W.** (2002) "The decrease in the difference of energy intensities between OECD countries from 1971 to 1998", *Energy Policy* nº 30: 631-635.
- SURI, V. y CHAPMAN, D.** (1998) "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics* nº 25: 195-205.



Fundación  
Pedro Barrié  
de la Maza



UniversidadeVigo

economics<sub>for</sub>  
energy

Doutor Cadaval, 2 - 3º E

36202 Vigo

Tel: +34 986 128 016

Fax: +34 986 125 404

Mail: [info@eforenergy.org](mailto:info@eforenergy.org)

[www.eforenergy.org](http://www.eforenergy.org)