

# Energía-industria-empleo: metodología *Input/Output*

Eloy Álvarez Pelegry  
Ana Carmen Díaz Mendoza  
(coords.)

Reporte



Energía-industria-empleo:  
metodología *Input/Output*



Energía-industria-empleo:  
metodología *Input/Output*

**Eloy Álvarez Pelegry  
y Ana Carmen Díaz Mendoza  
(coords.)**

2013  
Orkestra - Instituto Vasco de Competitividad  
Fundación Deusto

# Report

## Autores

*José Luis Curbelo*, Director General de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

*Arturo Gonzalo Aizpiri*, Presidente del Comité Español del Consejo Mundial de la Energía (CECME) y Director de Relaciones Institucionales y Responsabilidad Corporativa de Repsol.

*Eloy Álvarez Pelegrý*, Director de la Cátedra de Energía de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

*Juan Cruz Vícuña*, Director General de la Sociedad de Hidrocarburos de Euskadi - Grupo EVE, Ente Vasco de la Energía.

*Ashutosh Shastri*, Miembro Consultivo de los Comités de Combustibles Fósiles Limpios y de Energía, y Políticas Climáticas del WEC. Director de EnerStrat Consulting.

*Fernando Pendás Fernández*, Ex Director del Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo.

*Pablo Cienfuegos Suárez*, Profesor titular de Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo.

*Maximilian Kuhn*, Editor Principal de Papeles de Estrategia del Centro Europeo de Energía y Recursos. «War Studies, Kings College London».

*Ignacio M.ª Echeberria*, Presidente de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

*Xabier Garmendia*, Viceconsejero de Industria y Energía del Gobierno Vasco.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Con el apoyo de SPRI-Gobierno Vasco, Diputación Foral de Gipuzkoa, Euskaltel, Kutxa y Repsol-Petronor.

© Instituto Vasco de Competitividad - Fundación Deusto



Mundaiz 50, E-20012, Donostia-San Sebastián  
Tel.: 943 297 327. Fax: 943 279 323  
[comunicacion@orquestra.deusto.es](mailto:comunicacion@orquestra.deusto.es)  
[www.orquestra.deusto.es](http://www.orquestra.deusto.es)

© Publicaciones de la Universidad de Deusto  
Apartado 1 - E48080 Bilbao  
Correo electrónico: [publicaciones@deusto.es](mailto:publicaciones@deusto.es)

ISBN: 978-84-9830-419-0

# Un análisis de la descomposición de la rama eléctrica en las tablas *Input/Output*

Presentado por *Carmen Ramos*  
Profesora Titular de Universidad del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Oviedo

*Eloy Álvarez Pelegry*  
Director de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

*Ana Carmen Díaz Mendoza*  
Investigadora de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

*Unai Castro*  
Facilitador de Investigación de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

## 1. Introducción

La importancia del sector eléctrico es evidente. La propia Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico afirma que «el suministro de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad».

Además, el sector eléctrico es fundamental en la economía española por su aportación al PIB y a la inversión. Por otra parte, también es preciso señalar el efecto multiplicador del sector eléctrico en la economía, ya que la demanda de bienes y servicios que realiza a otras ramas impulsa el crecimiento de aquellas; asimismo, es un *input* fundamental de muchas actividades a su vez creadoras de riqueza. Por otra parte, el carácter intensivo en capital del sector eléctrico hace que su aportación a la creación de empleo deba situarse en su contexto diferenciando claramente entre las fases de inversión y de operación. Así, del total de empleados en España, el sector eléctrico se sitúa en el entorno de 33.000 personas.

La Cátedra de energía de Orkestra ha puesto en marcha un estudio cuyo objetivo general es analizar la importancia que tiene la energía, tanto renovable como convencional, en la economía española.

En la jornada «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo», se presentó la primera etapa de este proyecto de investigación en la que se mostró un análisis individualizado de las energías renovables en España.

Se empleó para ello la metodología *Input/Output*, dada su capacidad de síntesis y concreción, así como por permitir efectuar estudios estructurales y de impacto de determinadas medidas o políticas sobre variables de interés. Además, se mostraron distintos análisis sobre empleo y coeficientes de arrastre.

En el presente trabajo, y en base a los comentarios recibidos en la jornada, hemos revisado el estudio allí presentado. Dado que nuestro interés básico es lograr, en primer lugar, una descomposición homogénea de la rama de actividad relacionada con la energía eléctrica, tanto para las energías renovables como convencionales, hemos dirigido nuestro análisis a tratar de buscar criterios que sean coherentes para el conjunto de tecnologías de generación.

Lo que aquí se presenta consiste en una etapa del trabajo, en la que se lleva a cabo un estudio individualizado de la rama «Producción y distribución eléctrica» y que entendemos que es relevante para determinar, coherentemente, datos básicos para la tabla *Input/Output*.

Por lo tanto, el presente trabajo, entendemos que debe verse como una aportación para la discusión y el contraste del citado análisis. Este trabajo recoge, fundamentalmente en el apartado 4, el tema de la desagregación de la rama eléctrica en las diferentes tecnologías.

Con el fin de llevar a cabo el citado examen, en este trabajo, en primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica de los trabajos relativos a este tema. En segundo lugar, se lleva a cabo una introducción a la metodología *Input/Output*. A continuación se pasa a explicar las bases para la construcción de la tabla *Input/Output* simétrica de 2007, ampliada con las ramas de energía renovable y convencionales desagregadas.

## 2. Revisión bibliográfica

La literatura existente sobre la relación entre la estructura económica y productiva y el consumo/generación de energía por medio del análisis *Input/Output* es relativamente abundante. En lo siguiente se realizará una revisión de algunas de las principales aportaciones en este sentido.

Un primer grupo de trabajos analiza el impacto de los cambios en la demanda final de los diferentes sectores económicos sobre el consumo/generación de energía. Este enfoque asume la hipótesis de estabilidad estructural en los coeficientes *Input/Output*. Entre las principales aportaciones destacan las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Trabajos en los que se aplica el modelo *Input/Output* de coeficientes fijos

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Objetivos y técnicas
Proops (1988)	Reino Unido	—	Modelo de demanda extendido.
Gowdy y Miller (1991)	U.S.A. and Japan, 1960-1980	7 sectores	Sectores verticalmente integrados.
Lenzen (1998)	Australia, 1992-1993	45 sectores	Análisis de los requerimientos de energía primaria debidos al consumo final de la economía.
Machado <i>et al.</i> (2001)	Brasil, 1995	19 sectores	Valoración del impacto del comercio internacional sobre el consumo de energía.
Mongelli <i>et al.</i> (2006)	Italia, 1992-2001	74 sectores	Cálculo de las intensidades de consumo energético.
Nässén <i>et al.</i> (2007)	Suecia, 2000	134 sectores	Evaluación del impacto de la construcción sobre el consumo de energía primaria.
Alcántara <i>et al.</i> (2010)	España, 2004	118 sectores	Análisis de los efectos hacia atrás y hacia adelante.
Mu <i>et al.</i> (2010)	China, 2002	21 sectores	Modelo de demanda sobre tabla <i>Input/Output</i> de la electricidad.
Yuan <i>et al.</i> (2010)	China, 2005	15 sectores	Evaluación de la influencia de la Crisis Financiera Global sobre el consumo de energía.
Xu <i>et al.</i> (2011)	China, 2007	42 sectores	Modelo de demanda extendido para valorar las actividades de la industria petrolífera.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de estos trabajos se basan en la localización de los principales impactos sectoriales en el consumo energético debido a la actividad del sector exterior (Machado *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2011), al resto de componentes de la demanda final (Lenzen, 1998; Mu *et al.*, 2010; Yuan *et al.*, 2010; Xu *et al.*, 2011), la actividad productiva de los diversos sectores en general (Gowdy y Miller, 1991; Alcántara *et al.*, 2010) o de un sector productivo en particular (Nässén *et al.*, 2007). En general, en estos trabajos se aplica el modelo estático de demanda de Leontief; si bien algunos autores aplican el modelo dinámico de Leontief (Gowdy y Miller, 1991) o el modelo de oferta de Ghosh (Alcántara *et al.*, 2010).

Un segundo grupo de trabajos plantea el estudio de los cambios en la estructura de coeficientes *Input/Output*, es decir, relaja la hipótesis de estabilidad estructural. A su vez, pueden encontrarse dentro de este grupo dos tipos de estudios: los basados en el análisis de descomposición estructural (enfoque ex-post) y los basados en el análisis de sensibilidad de coeficientes (enfoque ex-ante).

En los trabajos basados en el análisis de descomposición estructural se cuantifican las variaciones observadas en el nivel de energía consumida/producida por el sistema económico, bien a nivel global o bien a nivel sectorial, entre dos tablas *Input/Output* correspondientes a dos períodos temporales o ámbitos geográficos. Estas variaciones se descomponen en variaciones debidas a diversos factores, principalmente cambios en las variables flujo (generalmente componentes de la demanda final) y variaciones debidas a cambios en la parámetros estructurales del sistema (coeficientes *Input/Output*). En la tabla 2 se muestran algunas de las principales aportaciones de este enfoque en la literatura.

Tabla 2. Trabajos en los que se aplica el análisis de descomposición estructural

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Factores
Rose y Chen (1991)	U.S., 1972-1982	80 sectores	Efecto de la demanda final, efecto del cambio tecnológico, efecto conjunto.
Kagawa e Inamura (2001)	Japón, 1985-1990	94 sectores	Estructura de la demanda de energía, estructura de insumos no energética, mix de productos no-energéticos, demanda final no energética.
Alcántara y Duarte (2004)	Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Portugal, España, Suecia, Reino Unido, 1995	15 sectores	Intensidad de energía directa, efecto de la estructura de distribución, efecto de la estructura de demanda.
Liu <i>et al.</i> (2010)	China, 1992-2005	52 sectores	Eficiencia directa de la energía primaria, estructura del consumo de energía, estructura de <i>inputs</i> intermedios, estructura de las exportaciones, escala de las exportaciones.
Su y Ang (2012)	China, 2002-2007	110 sectores	Realiza una revisión de métodos de descomposición. Los factores varían según el método seleccionado.
Fan y Xia (2012)	China, 1987-2007	44 sectores	Estructura de <i>inputs</i> energéticos, estructura tecnológica, estructura de la demanda final por producto, estructura de la demanda final por categoría, estructura del consumo final de energía, estructura de la intensidad energética.

Fuente: Elaboración propia.

Estos estudios proporcionan un análisis ex-post del cambio tecnológico al atribuir parte de la variación observada en el consumo/producción de energía a la propia variación de los coeficientes *Input/Output*.

Un segundo tipo dentro de este grupo de trabajos que plantean la relajación de la hipótesis de estabilidad estructural proporcionan un estudio ex-ante del consumo/producción de energía mediante técnicas de análisis de sensibilidad. Esta forma de análisis se basa en la evaluación de pequeñas variaciones provocadas en los coeficientes *Input/Output* en términos de respuesta en el consumo/generación de energía. Entre las principales aportaciones basadas en este tipo de trabajo se encuentran las recopiladas en la tabla 3.

Tabla 3. Trabajos en los que se aplica el análisis de sensibilidad de coeficientes

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Objetivos y técnicas
Tarancón <i>et al.</i> (2008)	España (2000)	73 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.
Tarancón <i>et al.</i> (2010)	15 países europeos (2003)	41 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.
Tarancón <i>et al.</i> (2011)	España (2005)	73 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, cabe destacar algunas aportaciones que amplían las técnicas empleadas en los trabajos referenciados anteriormente.

Una de las extensiones se refiere a la endogenización del vector de demanda final de la economía, mediante el empleo de matrices de contabilidad social. Un trabajo en esta línea es el de Hartono y Resosudarmo (2008).

Otra de las extensiones se refiere al análisis de los impactos de diversos gravámenes sobre el sistema de precios, como en el trabajo de Llop y Pié (2008). Una alternativa es el estudio conjunto de precios y cantidades a través de modelos de equilibrio general computable, como en el caso de Naqvi (1998), Allan *et al.* (2007), Guivarch *et al.* (2009), Kretschmer y Peterson (2010) y He *et al.* (2011).

Otra extensión se refiere a la posibilidad de construir modelos que analizan las interacciones entre distintos sistemas económicos (a nivel regional o nacional). Para ello se han aplicado los modelos *Input/Output* interregionales, que requieren información sobre el comercio recíproco entre los sistemas estudiados. Un ejemplo de este tipo de modelos aplicados a la energía es Liang *et al.* (2006).

Dentro del campo específico del estudio de las energías renovables y en el caso de España podemos referirnos a artículos como «El impacto macroeconómico el sector eólico en España» elaborado por Deloitte para la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) de 2011.

Otro artículo de gran interés en el tema es el llevado a cabo por Simón *et al.* para la región de Aragón, cuyo título es Estimación del impacto socioeconómico del sector de la energía eólica en Aragón (1996-2012). En este trabajo se emplea el marco *Input/Output* (MIO) aragonés de 2005. Un trabajo en el que se estudia el sector energético renovable en su conjunto es el titulado «Modelos multisectoriales para la evaluación del sector energético español de renovables y su incidencia sobre la economía y el medio ambiente», que ha sido realizado para la Fundación Mapfre por Fuentes *et al.* Aquí se emplea la matriz de contabilidad social (MCS) española de 2008.

### 3. Metodología *Input/Output*

La metodología que se va a emplear es el análisis *Input/Output*. El análisis *Input/Output* es una herramienta de gran utilidad en los estudios económicos, ya que una tabla *Input/Output* (TIO) contiene un amplio volumen de información referente a las transacciones intermedias entre los distintos



### 3.1. Tablas de origen y destino. Tabla simétrica

En la actualidad el INE proporciona tablas *Input/Output* anuales de origen y destino y quinquenales simétricas.<sup>1</sup> El motivo de no elaborar tablas simétricas de periodicidad anual se debe a la gran necesidad de información estadística que conlleva este cometido, por ello el INE y EUROSTAT establecen la publicación de matrices simétricas cada 5 años.<sup>2</sup>

Las tablas de origen y destino proporcionan información sobre la oferta (en la tabla de origen, en la que figura la producción y las importaciones) y la demanda (en la de destino, en la que aparece la demanda intermedia y la demanda final) por categorías de productos. Los totales de ambas tablas por productos (filas) deben ser idénticos si el sistema está en equilibrio. Asimismo, la tabla de destino ofrece información sobre el valor añadido, esto es, sobre la remuneración obtenida por los factores primarios (trabajo, capital) en el proceso de producción para cada rama de actividad. Por tanto, en la tabla de destino se representan (en columnas) las estructuras de producción (costes) por ramas de actividad (ver figura 1).

Figura 1. Tabla de origen y tabla de destino

Tabla de origen	Ramas de actividad	Resto del mundo	Total	Tabla de destino	Ramas de actividad	Resto del mundo	Total
Productos	Producción por productos y por ramas de actividad	Importación por productos	Oferta total por productos	Productos	Demanda intermedia (consumo intermedio) de cada rama por productos	Componentes de la demanda final por productos	Demanda total por productos
				Valor añadido	Valor añadido por componentes y ramas de actividad		
				Total	Producción por ramas de actividad		

Fuente: INE: Los sistemas *Input/Output* en el SEC: SEC79 y SEC95.

La tabla de destino, al igual que la tabla de origen, utiliza clasificaciones diferentes en las filas y en las columnas de las matrices que la componen. Por ejemplo, la matriz de consumos intermedios se define por filas por (grupos de) productos y por columnas por ramas de actividad.

Podemos considerar la matriz simétrica como una tabla que reordena y condensa la información contenida en las tablas de origen y destino, posibilitando así su uso como instrumento para el análisis económico<sup>3</sup>. El objetivo perseguido es redefinir las operaciones contables reflejadas en las tablas de origen y destino de modo que se adapten a los principios de Leontief y posibiliten la definición de modelos de ecuaciones (modelos de Oferta y Demanda) que reflejan el funcionamiento de la economía. En concreto, se trata de que la tabla refleje un esquema de producción simple, en el sentido de que las columnas de la matriz muestren las funciones de producción de un determinado tipo de producto (ver figura 2).

<sup>1</sup> Puede verse al respecto la página web del INE: <http://www.ine.es/daco/daco42/cne00/cneio2000.htm> donde aparecen recogidas las tablas de origen y destino de 2000 a 2007 y las simétricas de 2000 y 2005.

<sup>2</sup> Ver nota metodológica sobre la tabla simétrica de la economía española para 1995, INE.

<sup>3</sup> Cañada (2001).

Figura 2. Tabla simétrica

	<i>Ramas homogéneas o productos</i>	<i>Demanda final</i>	<i>Total</i>
Productos	Matriz de consumos intermedios	Matriz de demanda final	Total empleos (demanda) por productos
Impuestos (netos) s/productos	Imp. netos s/consumos intermedios	Imp. netos s/demanda final	
Valor añadido	Matriz de valor añadido		
Total (1)	Producción por rama de actividad		
Resto del mundo (2)	Importación por productos		
Total (1) + (2)	Total de recursos (oferta) por		

Fuente: INE: Los sistemas *Input/Output* en el SEC: SEC79 y SEC95.

La tabla simétrica es, por tanto, una tabla derivada de las anteriores y constituye, en su mayor parte, el resultado de procesos de reelaboración del subsistema origen/destino; y por lo general, el sistema estadístico no proporciona directamente la información necesaria para elaborar esta tabla.

Su estructura, es como puede verse, similar a la de la tabla de destino, pero presenta dos importantes diferencias:

- Las columnas de las matrices de consumos intermedios y valor añadido están definidas por «productos» o por «ramas de actividad homogéneas». En este caso se tiene una representación de la estructura de producción (costes) por productos, en tanto que en la tabla de destino se plasma la estructura de costes por ramas de actividad. Estas columnas se obtienen por división y posterior reagrupamiento de las de las tablas de destino, asignándose por distintos procedimientos, los *inputs* a cada categoría específica de productos. La producción que aparece en estas tablas corresponde a un solo tipo de producto (las filas de la matriz de producción en la tabla de origen).
- Por otro lado, se añaden en la parte inferior de esta tabla las importaciones por productos, con lo cual se tiene como total de las columnas, la oferta (recursos en el lenguaje contable) por cada tipo de producto, es decir, lo que en la tabla de origen aparecía como suma de las filas. Por tanto, dado que por filas se refleja la demanda (empleos) también por tipo de producto, esta tabla permite examinar directamente los equilibrios contables.

La tabla simétrica se obtiene mediante una conversión de las tablas de origen y destino, ambas a precios básicos. Esto supone un cambio de formato, ya que se pasa de dos matrices rectangulares (donde el número de productos es igual o mayor al número de ramas) a una matriz cuadrada; y su obtención requiere, habitualmente, un elevado volumen de recursos (en información y en tiempo).

#### 4. Sobre la construcción de una matriz simétrica para España (2007)

Para construir la tabla simétrica se aplica la denominada tecnología del producto. Se supone que cada producto requiere para su obtención una determinada combinación de factores productivos, de trabajo y capital que son independientes de la rama de actividad concreta que lo produzca. Suele ser más consistente con la construcción de tablas producto por producto para el análisis *Input/Output*.

Aplicando la tecnología del producto para la construcción de la matriz simétrica, tenemos:

$$A_s = BC^{-1}$$

Donde  $A_s$  representa la matriz de coeficientes técnicos de la tabla simétrica. Por otra parte,  $C = V\hat{g}^{-1}$ ,  $V$  es la matriz de origen y  $\hat{g}^{-1}$  es el vector de *output* total por ramas de actividad,  $B = U\hat{g}^{-1}$ ,  $U$  representa la matriz de destino.

Esta metodología es la habitualmente utilizada en los trabajos aplicados para determinar la matriz simétrica, dado que tiene cierta interpretación económica, como ya se ha señalado.

Las últimas tablas elaboradas por el INE de origen y destino se refieren al año 2007. Tienen una desagregación de 118 productos por 75 ramas de actividad. Sin embargo, la clasificación que finalmente se ha adoptado en la tabla simétrica es a 51 filas y columnas. En ella se ha conjugado la necesidad de tener una tabla cuadrada de origen para llevar a cabo su inversión con la necesidad de combinar distintas fuentes estadísticas. La agregación empleada, así como una breve indicación de los subsectores recogidos, aparece presentado en la tabla 1 del anexo.

#### 4.1. Desagregación de la rama «Producción y distribución de electricidad»

El primer paso para llevar a cabo el estudio del impacto de la energía, y en particular de la energía eléctrica, en la economía nacional, identificando la importancia de los efectos de las diferentes tecnologías es la separación de la rama «Producción y distribución de electricidad» de la tabla *Input/Output*. Dicha separación se lleva a cabo tanto en filas como en columnas.

Siendo conscientes de que la metodología empleada en la separación de las filas de las energías renovables presentada en la jornada (para la obtención de las filas se multiplicaban los porcentajes de la producción de las renovables por los valores de la tabla simétrica), presenta la limitación de suponer el mismo precio para distintas tecnologías renovables, hemos explorado nuevas alternativas conducentes a superar esta limitación.

Aquí se muestra una de estas alternativas, que consiste en construir la separación en filas, mediante la estimación del valor económico de la energía considerando la producción física de electricidad desagregada por tecnologías y precio medio de cada una de ellas. En una primera etapa se determina dicho valor para la rama «Producción y distribución de electricidad». Para ello, ahora se consideran tanto las tecnologías incluidas en el Régimen Ordinario como en el Especial. Con este método, debería converger la correspondiente cifra de la suma del valor económico de todas las tecnologías, con el valor económico de la rama «Producción y distribución de energía eléctrica» de las tablas *Input/Output*. Ciertamente este método pone de relieve el mayor valor añadido de ciertas tecnologías, consecuencia de las primas que reciben algunas tecnologías.

Por lo que se refiere al Régimen Ordinario, se utiliza el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que proporciona la Comisión Nacional de la Energía y la producción del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En relación al Régimen Especial, se ha estimado su retribución económica, a partir de la información del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y de la Comisión Nacional de la Energía.

Consideraremos la producción física que puede llegar al consumidor final, es decir, la demanda en barras de central (b.c). En nuestro caso, se agregan los valores publicados por el MITyC en su cuarto informe trimestral sobre la coyuntura energética de 2007 para el territorio peninsular y las extra peninsulares; y se obtienen los valores de producción nacional de energía eléctrica acumulada en 2007 que se puede ver en la tabla 4.

Además, suponemos que los consumos propios se deben mayoritariamente al Régimen Ordinario, y por tanto los descontamos exclusivamente de éste. En el caso de la gran hidráulica, descontaremos adicionalmente también los consumos por bombeo.

Tabla 4. Producción nacional de energía eléctrica por combustibles (GWh)

I.1. Régimen Ordinario	239.587
Hidroeléctrica	26.338
Térmica	213.249
Nuclear	55.103
Total carbón	72.941
Hulla y antracita nacional	
Lignito pardo	
Lignito negro	
Hulla importada	
Gas siderúrgico	1.246
Gas natural	69.482
Productos petrolíferos	14.477
I.2. Régimen Especial	72.341
Hidroeléctrica	4.168
Eólica	27.050
Fotovoltaica	464
Carbón	463
Gas natural	25.185
Productos petrolíferos	6.437
Biomasa y residuos	8.574
<b>Total producción nacional (GWh b.g)</b>	<b>311.928</b>
Consumos propios	12.445
Consumo en bombeo	4.350
Importación-exportación	-5.750
<b>Demanda nacional (GWh b.c.)</b>	<b>289.383</b>
<b>Total nacional (GWh)</b>	<b>311.927</b>
Consumos propios	-12.445
Consumo en bombeo	-4.350
<b>Total venta energía (GWh)</b>	<b>222.792</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de MITyC-SGE (2007).

Este criterio se aplica al total de consumos propio (12.445 GWh), proporcionalmente a la generación de energía eléctrica de cada tecnología del Régimen Ordinario.<sup>4</sup>

El producto de los valores de producción física del MITyC-SGE así calculados por el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que registra CNE (46,45 €/MWh) proporciona el valor económico correspondiente a las tecnologías de generación en Régimen Ordinario.

En cuanto al Régimen Especial, se han comparado los valores tabulados por el MITyC-SGE con aquellos que presenta la CNE en relación a la retribución anual total recibida por los productores del Régimen Especial en España (tabla 2 del anexo).

Se han hecho los siguientes supuestos. La totalidad de las cuantías que recoge la tabla del MITyC-SGE para las partidas del carbón, gas natural y productos petrolíferos del Régimen Especial corresponden a la cogeneración<sup>5</sup>. La partida correspondiente a biomasa y residuos corresponde en realidad a biomasa, residuos y tratamiento de residuos de la CNE.

<sup>4</sup> Es un supuesto discutible en cuanto que a la cogeneración también le corresponde parte de estos consumos propios.

<sup>5</sup> De acuerdo a esta suposición, a la cogeneración supone 32085 GWh mientras que de acuerdo a los datos de la CNE, a la cogeneración le corresponden 17.715 GWh. Esta diferencia es principalmente la razón por la que las cuantías totales del Régimen Especial no coincidan para MITyC y REE.

Dado que en 2007 se exportó electricidad, también se ha empleado el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que registra la CNE al valor de exportación que registra el MITyC-SGE.

Por tanto, para el Régimen Especial se ha calculado la retribución económica, multiplicando la producción del MITyC-SGE por el precio medio estimado a partir de los datos de la CNE. El precio medio lo estimamos dividiendo la retribución económica de la CNE entre la producción de la CNE.

La tabla 5 presenta los valores monetarios correspondientes a la producción del Régimen Ordinario y del Régimen Especial, de acuerdo a los supuestos anteriores.

Tabla 5. Valor monetario de la producción nacional de energía eléctrica

	GWh	Reparto de consumos propios	GWh descontadas pérdidas	Precio (€/MWh)	Valor monetario (miles de €)	% respecto valor monetario
<b>Régimen Ordinario (RO)</b>				<b>46,45</b>		
Hidroeléctrica	26.338,00	1.368,09	20.619,91		957.794,85	5,84
Nuclear	55.103,00	2.862,25	52.240,75	P.F.M.	2.426.583,04	14,80
Carbón	72.941,00	3.788,81	69.152,19	Conjunto	3.212.119,01	19,59
Gas siderúrgico	1.246,00	64,72	1.181,28	de Unidades	54.870,38	0,33
Gas natural	69.482,00	3.609,14	65.872,86	de Adquisición	3.059.794,26	18,66
Productos petrolíferos	14.477,00	751,99	13.725,01	(46,45)	637.526,86	3,89
<b>TOTAL RO</b>	<b>239.587,00</b>	<b>12.445,00</b>	<b>222.792,00</b>		<b>10.348.688,40</b>	<b>63,12</b>
<b>Régimen Especial (RE)</b>						
Hidroeléctrica (<50MW)	4.168,00		4.168,00	77,40	322.595,93	1,97
Eólica	27.050,00		27.050,00	78,14	2.113.795,47	12,89
Fotovoltaica	464,00		464,00	433,95	201.350,92	1,23
Carbón	463,00		463,00	76,09	35.229,50	0,21
Gas natural	25.185,00		25.185,00	76,09	1.916.317,14	11,69
Productos petrolíferos	6.437,00		6.437,00	76,09	489.788,90	2,99
Biomasa y residuos	8.574,00		8.574,00	81,69	700.393,42	4,27
<b>TOTAL RE</b>	<b>72.341,00</b>				<b>5.779.471,29</b>	<b>35,25</b>
<b>TOTAL PRODUCCIÓN NACIONAL (GWh b.g)</b>	<b>311.928,00</b>					
Consumos propios	12.445,00					
Consumo en bombeo	4.350,00					
Importación - exportación	-5.750,00		-5.750,00	46,45	267.087,50	1,63
<b>Demanda nacional (GWh b.c.)</b>	<b>289.383,00</b>					
			<b>TOTAL</b>		<b>16.395.247,19</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de MITyC y CNE (2007).

Para las columnas, de manera análoga a lo realizada para la separación de filas, se desagregan las tecnologías de generación eléctrica con respecto a la rama de actividad «Producción y distribución eléctrica» de la tabla simétrica *Input/Output* 2007 a precios básicos.

En la versión presentada en la jornada se optó por analizar sólo las renovables y aplicar unos porcentajes de acuerdo a los costes de operación y mantenimiento que presentaba en torno a 2007 cada tecnología renovable objeto de estudio. Para ello, se consultaron el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y el estudio Energías Renovables y Generación de empleo en España, presente y futuro, publicado en 2007.

No obstante y dado que el objetivo final del proyecto, tal y como hemos indicado más arriba, es obtener una matriz que sirva tanto para estudiar las tecnologías renovables como las convencionales, se considera más conveniente desagregar las renovables de acuerdo a conceptos similares a los que contenían las tecnologías convencionales.

Es decir, se parte de la estructura de compra-venta que presenta la matriz simétrica de 2007 y se hacen algunas modificaciones de tal manera que el 100% de la estructura de costes representa homogéneamente el conjunto de las tecnologías.

Concretamente, se «anulan» las celdas correspondientes a «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba», «Coquerías, refino y combustibles nucleares» y «Producción y distribución de gas» en el caso de renovables y las celdas «Coquerías, refino y combustibles nucleares» y «Producción y distribución de gas» para las centrales termoeléctricas de carbón, «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba» y «Coquerías, refino y combustibles nucleares» para las centrales termoeléctricas de gas y «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba» y «Producción y distribución de gas» en el caso de las centrales nucleares.

De esa forma, parece que se debería llegar a una estructura, que de forma general, represente mejor la realidad de las tecnologías de generación eléctrica más significativas en el mix eléctrico y que sería coherente con una desagregación homogénea de la generación eléctrica tanto en Régimen Especial como en el ordinario.

Ahora se trataría de «fusionar» los datos de la estructura de costes obtenida a partir de los informes mencionados con los que representa la matriz simétrica de 2007 una vez valoradas a cero las compras realizadas por las renovables para abastecerse de combustibles fósiles y nucleares.

A partir de lo anteriormente expuesto, consideramos que la separación de las ramas renovables efectuada ganará en precisión y realismo. Con el objetivo de contrastar la adecuación de estos resultados procederemos a efectuar un contraste de los mismos con la información a nivel de microdatos de la Encuesta Industrial proporcionada por el INE con el siguiente desglose según la CNAE 2009:

- 3512 Transporte de energía eléctrica.
- 3513 Distribución de energía eléctrica.
- 3514 Comercio de energía eléctrica.
- 3515 Producción de energía hidroeléctrica.
- 3516 Producción de energía eléctrica de origen térmico convencional.
- 3517 Producción de energía eléctrica de origen nuclear.
- 3518 Producción de energía eléctrica de origen eólico.
- 3519 Producción de energía eléctrica de otros tipos.

A partir de la separación de estas energías conseguiremos la matriz *Input/Output* simétrica para el año 2007 en la que aparecerán desagregadas las distintas tecnologías renovables y no renovables.

A partir de esta matriz simétrica ampliada podremos analizar la importancia de las mismas, tanto a nivel de empleo, considerando el impacto que tendría en la generación del mismo un aumento en la demanda final, como en los efectos económicos directos e indirectos en otras ramas de actividad.

## 5. Referencias

- ALCÁNTARA, V.; DEL RÍO, P. y HERNÁNDEZ, F. (2010): «Structural analysis of electricity consumption by productive sectors. The Spanish case», *Energy* 35 (5): 2088-2098.
- ALCÁNTARA, V. y DUARTE, R. (2004): «Comparison of energy intensities in European Union countries. Results of a structural decomposition analysis», *Energy Policy* 32: 177-189.
- ALLAN, G.; HANLEY, N.; MCGREGOR, P.; SWALES, K. y TURNER, K. (2007): «The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: A computable general equilibrium analysis for the United Kingdom», *Energy Economics* 29 (4): 779-798.

- CAÑADA, A. (2001): *Una nota sobre coeficientes y modelos multiplicadores a partir del nuevo sistema Input/Output del SEC-95*. <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4214/cbtc26.pdf>.
- DELOITTE (2008): *El impacto macroeconómico el sector eólico en España*. Informe elaborado para Asociación Empresarial Eólica.
- FAN, Y. y XIA, Y. (2012): «Exploring energy consumption and demand in China», *Energy* (in press).
- FUENTES et al. (2008): *Modelos multisectoriales para la evaluación del sector energético español de renovables y su incidencia sobre la economía y el medio ambiente*. Informe realizado para la Fundación Mapfre.
- GOWDY, J.M. y MILLER, J.L. (1991): «An *Input/Output* approach to energy efficiency in the U.S.A. and Japan (1960-1980)», *Energy* 16 (6): 897-902.
- GUIVARCH, C.; HALLEGATTE, S. y CRASSOUS, R. (2009): «The resilience of the Indian economy to rising oil prices as a validation test for a global energy-environment-economy CGE model», *Energy Policy* 37 (11): 4259-4266.
- GUO, J.; LAWSON, A.M. & PLANTING, M.A. (2002): *From Make-Use to Symmetric Input/Output Tables: An Assessment of Alternative Technology Assumptions*. The 14th International Conference on *Input/Output* Techniques, Canada.
- HARTONO, D. y RESOSUDARMO, B.P. (2008): «The economy-wide impact of controlling energy consumption in Indonesia: An analysis using a Social Accounting Matrix framework», *Energy Policy* 36 (4): 1404-1419.
- HE, Y.X.; YANG, L.F.; HE H.Y.; LUO, T. y WANG, Y.J. (2011): «Electricity demand price elasticity in China based on computable general equilibrium model analysis», *Energy* 36: 1115-1123.
- IDAE (2011): *Empleo asociado al impulso de las energías renovables*. Estudio Técnico. PER 2011-2020.
- IDAE (2011): *Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables*. Estudio Técnico. PER 2011-2020.
- IDAE (2005): PER 2005-2010.
- IDAE (2011): PER 2011-2020.
- INE (1999): *Nota metodológica sobre la tabla simétrica de la economía española para 1995*.
- INE (2009): <http://www.ine.es/daco/daco42/cne00/simetrica2005.pdf>.
- INE (2010): *Marco Input/Output, 2007*.
- KAGAWA, S. y INAMURA, H. (2001): «A Structural Decomposition of Energy Consumption Based on a Hybrid Rectangular *Input/Output* Framework: Japan's Case», *Economic Systems Research* 13: 339-363.
- KRETSCHMER, B. y PETERSON, S. (2010): «Integrating bioenergy into computable general equilibrium models: A survey», *Energy Economics* 32 (3): 673-686.
- LENZEN, M. (1998): «Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an *Input/Output* analysis», *Energy Policy* 26: 496-506.
- LIANG, Q.M.; FAN, Y. y WEI, Y.M. (2006): «Multi-regional *Input/Output* model for regional energy requirements and CO<sub>2</sub> emissions in China», *Energy Policy* 35 (3): 1685-1700.
- LIU, H.; XI, Y.; GUO, J. y LI, X. (2010): «Energy embodied in the international trade of China: An energy *Input/Output* analysis», *Energy Policy* 38 (8): 3957-3964.
- LLOP, M. y PIÉ, L. (2008): «*Input/Output* analysis of alternative policies implemented on the energy activities: An application for Catalonia», *Energy Policy* 36 (5): 1642-1648.
- MACHADO, G.; SCHAEFFER, R. y WORRELL, E. (2001): «Energy and carbon embodied in the International Trade of Brazil: an *Input/Output* approach», *Ecological Economics* 39: 409-424.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO e IDAE (2010): *Paner 2011-2020*.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2008): *La energía en España. 2007*.
- MONGELLI, I.; TASSIELLI, G. y NOTARNICOLA, B. (2006): «Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an *Input/Output* approach to the Italian case», *Energy Policy* 34 (1): 88-100.
- MU, T.; XIA, Q. y KANG, C. (2010): «*Input/Output* table of electricity demand and its application», *Energy* 35: 326-331.
- NAQVI, F. (1998): «A computable general equilibrium model of energy, economy and equity interactions in Pakistan», *Energy Economics* 20 (4): 347-373.
- NÄSSÉN, J.; HOLMBERG, J.; WADESKOG, A. y NYMAN, M. (2007): «Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: An *Input/Output* analysis», *Energy* 32: 1593-1602.
- PROOPS, J.L.R. (1988): «Energy intensities, *Input/Output* analysis and economic development», en CIASCHINI, M. (eds.): *Input/Output Analysis: Current Developments*. London: Chapman and Hall: 201-215.
- ROSE, A. y CHEN, C.Y. (1991): «Sources of change in energy use in the U.S. economy, 1972-1982», *Resources and Energy* 13: 1-21.
- SIMÓN et al. (2009): *Estimación del impacto socioeconómico del sector de la energía eólica en Aragón (1996-2012)*. Informe final a cargo de la Asociación de Productores de Energía Eólica de Aragón.
- SU, B. y ANG, B.W. (2012): «Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments», *Energy Economics* 34: 177-188.
- SUÁREZ, M. et al. (2010): *Metodología utilizada en la elaboración de la matriz simétrica del marco Input/Output de Galicia 2005 (MIOGAL-2005)*. Jornadas Estadísticas de las Comunidades Autónomas, Cáceres.

TARANCÓN, M.A. (2005): *Técnicas de análisis Input/Output*. Ed. ECU.

TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. y CALLEJAS, F. (2008): «Tracking the genealogy of CO<sub>2</sub> emissions in the electricity sector. An intersectoral approach applied to the Spanish case», *Energy Policy* 36 (6): 1915-1926.

TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. y CALLEJAS, F. (2010): «Assessing the influence of manufacturing sectors on electricity demand. A cross-country *Input/Output* approach», *Energy Policy* 38 (4): 1900-1908.

## Anexo

Tabla 1. Agregación empleada

Sectores finales		Sectores agregados
Agricultura, Ganadería y Pesca	1	Agricultura, ganadería, caza y actividades de los servicios relacionados con las mismas (01). Selvicultura, explotación forestal y actividades de los servicios relacionados con las mismas (02). Pesca (05).
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	2	Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba (10).
Extracción de crudos de petróleo, gas natural, uranio y torio	3	Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Actividades de los servicios relacionados con las explotaciones petrolíferas y de gas, excepto actividades de prospección (11). Extracción de minerales de uranio y torio (12).
Extracción de minerales metálicos	4	Extracción de otros minerales excepto productos energéticos (13).
Extracción de minerales no metálicos	5	Extracción de minerales no metálicos ni energéticos (14).
Coquerías, refino y combustibles nucleares	6	Coquerías, refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares (23).
Producción y distribución de energía eléctrica	7	Producción y distribución de energía eléctrica (401).
Producción y distribución de gas	8	Producción de gas; distribución de combustibles gaseosos por conductos urbanos, excepto gaseoductos (402).
Captación, depuración y distribución de agua	9	Producción y distribución de vapor y agua caliente (403).
Industria alimenticia	10	Industria de la alimentación, bebidas y tabaco (15 y 16).
Industria textil	11	Preparación e hilado de fibras textiles (171). Fabricación de tejidos textiles (172). Acabado de textiles (173). Fabricación de otros artículos confeccionados con textiles, excepto prendas de vestir 174). Otras industrias textiles (175). Fabricación de tejidos de punto (176). Fabricación de artículos en tejidos de punto (177). Confección de prendas de cuero (181). Confección de prendas de vestir en textiles y accesorios (182). Preparación y teñido de pieles de peletería; fabricación de artículos de peletería (183).
Industria del cuero y del calzado	12	Preparación curtido y acabado del cuero; fabricación de artículos de marroquinería y viaje; artículos de guarnicionería, talabartería y zapatería (19).
Industria de la madera y el corcho	13	Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería (20).
Papel y artes graficas	14	Industria del papel (21). Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados (22).

<i>Sectores finales</i>		<i>Sectores agregados</i>
Industria química	15	Fabricación de productos químicos básicos (241). Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos (242). Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; tintas de imprenta y masillas (243). Fabricación de productos farmacéuticos (244). Fabricación de jabones, detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento). Fabricación de perfumes y productos de belleza e higiene (245). Fabricación de otros productos químicos (246). Fabricación de fibras artificiales y sintéticas (247).
Industria del caucho y materias plásticas	16	Fabricación de productos de caucho y materias plásticas (25).
Fabricación de cemento, cal y yeso	17	Fabricación de cemento. Fabricación de cal. Fabricación de yeso. Fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento (265).
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	18	Fabricación de vidrio y productos de vidrio (261).
Industrias de la cerámica	19	Industrias de la cerámica (262 y 263).
Fabricación de otros productos minerales	20	Fabricación de ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción (264).
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	21	Metalurgia. Fabricación de elementos metálicos para la construcción (27 y 28).
Maquinaria y equipo mecánico	22	Fabricación de máquinas, equipo y material mecánico (291). Fabricación de otra maquinaria, equipo y material mecánico de uso general (292). Fabricación de maquinaria agraria (293). Fabricación de máquinas-herramienta (294). Fabricación de maquinaria diversa para usos específicos (295). Fabricación de armas y municiones (296), Fabricación de aparatos domésticos (297).
Máquinas de oficina y equipos informáticos	23	Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos (30).
Fabricación de material eléctrico, electrónico y de precisión	24	Fabricación de maquinaria y material eléctrico (31). Fabricación de material electrónico; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones (32). Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos, de precisión, óptica y relojería (33).
Material de transporte	25	Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques (34). Fabricación de otro material de transporte (35).
Muebles y otras industrias manufactureras	26	Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras (36).
Reciclaje	27	Reciclaje (37).
Construcción	28	Construcción (45).
Venta y reparación de vehículos de motor; comercio de combustible para automoción	29	Venta, mantenimiento y reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; venta al por menor de combustible para vehículos de motor (50).
Comercio	30	Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas (51). Comercio al por menor, excepto el comercio de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; reparación de efectos personales y enseres domésticos (52).
Alojamiento y restauración	31	Hostelería (551 y 552). Restauración (553, 554 y 555).
Transporte por ferrocarril	32	Transporte por ferrocarril (601).

<i>Sectores finales</i>		<i>Sectores agregados</i>
Transporte terrestre y transporte por tubería	33	Otros tipos de transporte terrestre.(transporte urbano, transporte en taxi, transporte de mercancías por carretera) (602). Transporte por tubería (603).
Transporte marítimo	34	Transporte marítimo, de cabotaje y por vías de navegación interiores (61).
Transporte aéreo y espacial	35	Transporte aéreo y espacial (62).
Actividades anexas a los transportes	36	Actividades anexas a los transportes (631 y 632).
Actividades de agencias de viajes	37	Actividades de agencias de viajes (633).
Correos y telecomunicaciones	38	Correos y telecomunicaciones (64).
Intermediación financiera	39	Intermediación financiera, excepto seguros y planes de pensiones (65). Seguros y planes de pensiones, excepto seguridad social obligatoria (66). Actividades auxiliares a la intermediación financiera (67).
Actividades inmobiliarias	40	Actividades inmobiliarias (70).
Alquiler de maquinaria y enseres domésticos	41	Alquiler de maquinaria y equipo sin operario, de efectos personales y enseres domésticos (71).
Actividades informáticas	42	Actividades informáticas (72).
Investigación y desarrollo	43	Investigación y desarrollo (73).
Otras actividades empresariales	44	Actividades jurídicas, de contabilidad, teneduría de libros, auditoría, asesoría fiscal, estudios de mercado y realización de encuestas de opinión pública; consulta y asesoramiento sobre dirección y gestión empresarial, gestión de sociedades (741). Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería y otras actividades relacionadas con el asesoramiento técnico (742). Ensayos y análisis técnicos (743). Publicidad (744). Selección y colocación de personal (745). Servicios de investigación y seguridad (746). Actividades industriales de limpieza (747). Actividades empresariales diversas (748).
Administración pública	45	Administración pública, defensa y seguridad social (75).
Educación	46	Educación (80).
Sanidad y servicios sociales	47	Actividades sanitarias y veterinarias, servicio social (85).
Saneamiento público	48	Actividades de saneamiento público (90).
Actividades asociativas	49	Actividades asociativas (91).
Actividades recreativas, culturales y deportivas	50	Actividades recreativas, culturales y deportivas (92).
Actividades diversas de servicios personales	51	Actividades diversas de servicios personales (93).

*Fuente:* Elaboración propia. Los números que aparecen entre paréntesis se refieren a su clasificación según la CNAE-93.

Tabla 2. Retribución anual total recibida por los productores del Régimen Especial en España (2007)

<i>Tecnología</i>	<i>Potencia instalada (MW)</i>	<i>Energía primada (GWh)</i>	<i>Retribución total (miles €)</i>	<i>Precio medio retribución total (cent€/kWh)</i>	<i>Prima equivalente (miles €)</i>
Cogeneración	6.013,63	17.714,61	1.347.898,35	7,61	607.658,01
Solar	704,50	496,79	215.578,61	43,39	194.819,39
Eólica	14.536,55	27.603,32	2.157.034,14	7,81	1.003.574,61
Hidráulica	1.896,17	4.126,40	319.376,04	7,74	146.946,29
Biomasa	557,15	2.174,06	192.480,09	8,85	101.632,76
Residuos	558,81	2.722,04	167.814,27	6,17	54.068,33
Trat. residuos	532,63	3.414,55	318.586,42	9,33	175.902,73
Total 2007	24.799,43	58.251,77	4.718.767,92	8,10	2.284.602,12

Fuente: Elaboración propia a partir de CNE.