

# Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Informe basado en indicadores

Edición 2016



---

# Observatorio de Energía y Sostenibilidad

Edición 2016

Equipo de redacción

José Bellver, Adela Conchado, Rafael Cossent, Pedro Linares,  
Ignacio Pérez-Arriaga, José Carlos Romero

---

## Agradecimientos

Los autores del informe agradecen la colaboración del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente por facilitar datos relativos a las emisiones de contaminantes. Por supuesto, la responsabilidad de los posibles errores y omisiones corresponde únicamente a los autores del informe.

## Índice

Prólogo de la Dirección de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad .....	6
El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España .....	11
Indicadores energéticos en 2015 .....	12
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2015 .....	17
Origen de las emisiones de CO <sub>2</sub> en el sector energético español, 2015 .....	17
Flujos económicos en el sector energético español, 2015.....	17
Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2015 .....	18
Balance exergético en el sector energético español, 2015 .....	18
Tablas de datos.....	24
Notas.....	25

## Prólogo de la Dirección de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad

### La Política Energética en España en 2016

Así como el año pasado en este mismo informe destacábamos el Acuerdo de París, en la vigésimo primera Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco sobre Cambio Climático de Naciones Unidas, como la noticia más relevante del año desde el punto de vista de su contribución a la sostenibilidad del modelo energético mundial, en el año 2016 la noticia más relevante, aunque esta vez de carácter negativo, es la elección de Donald Trump como Presidente de los Estados Unidos.

La victoria de Trump el día 8 de noviembre de 2016 cayó como un jarro de agua fría sobre los participantes en la COP22 que tenía lugar en esas fechas en Marrakech para establecer medidas que concretasen el acuerdo del año anterior en París. Esta noticia redujo considerablemente el alcance de las decisiones que se adoptaron, a la espera de la postura que respecto al cambio climático adoptase la nueva administración norteamericana, pues Trump en su campaña había prometido abandonar el Acuerdo de París.

Desafortunadamente, las medidas adoptadas por el Presidente Trump durante su primer mes en el cargo no permiten ser optimistas. Las personas designadas para ocupar los principales puestos en relación con la energía y el medio ambiente son declarados escépticos acerca de la influencia antropogénica en el cambio climático, partidarios de reducir al máximo o simplemente eliminar las regulaciones que limitan el impacto medioambiental de las actividades industriales, y defensores de hacer uso sin restricciones de los vastos recursos domésticos de combustibles fósiles de los EEUU. Las propuestas iniciales de la Administración Trump recortando presupuestos y eliminando programas de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente confirman los peores pronósticos.

Aunque la influencia estadounidense en el modelo energético mundial es innegable, tanto desde un punto de vista físico como político, la postura de la mayor parte de los países, instituciones y grandes empresas de seguir adelante – con o si los EEUU – con el acuerdo de París y con los compromisos adquiridos para luchar contra el cambio climático, permite mantener un cierto optimismo.

En el plano nacional, el año 2016 ha sido un año de escasa actividad en materia de política energética, por la situación de interinidad de los distintos gobiernos. Tras la legislatura fallida que comenzó después de las elecciones de diciembre de 2015, el gobierno anterior siguió en funciones hasta el 4 de noviembre de 2016.

Durante la fase de interinidad, lo más reseñable fue la culminación (aunque no total) de la trasposición de la Directiva de Eficiencia Energética. Una trasposición que se retrasó más de lo debido, lo que llevó de hecho al inicio de un expediente sancionador por parte de la Comisión Europea. La trasposición básicamente ha establecido la obligatoriedad de realizar auditorías energéticas para las grandes empresas, pero no ha incluido la recomendación de la Comisión acerca de instalar contadores individuales en sistemas comunitarios de calefacción o agua caliente sanitaria, algo que hubiera estimulado el ahorro energético



Ignacio Pérez Arriaga



Pedro Linares

co en los hogares. También se echa de menos la promoción de la realización de auditorías energéticas en las PYMEs.

También durante el periodo de interinidad, y en el sector gasista, se ha seguido avanzando en la regulación necesaria para el desarrollo del mercado organizado del gas, cuya efectiva puesta en marcha tuvo lugar el 16 de diciembre de 2015. Con el objetivo de dotar de liquidez a este nuevo mercado, el pasado 6 de junio se aprobó la regulación de creadores de mercado voluntarios. Recientemente el Ministerio ha designado a la sociedad Gunvor Internacional como “creador de mercado” (*market maker*), y se está valorando la posibilidad de obligar a los comercializadores de gas natural que ostentan la calificación de operadores dominantes (Gas Natural Fenosa y Endesa) a presentar también ofertas de compra y venta de gas de forma continuada, por un volumen determinado, de tal forma que se garantice que los operadores más pequeños siempre puedan encontrar una contraparte a un precio razonable. La transparencia y liquidez en el mercado gasista resultan fundamentales para una buena formación de los precios en el mercado de electricidad.

Desde que se constituyó el nuevo gobierno, la actividad política en el ámbito energético se ha centrado principalmente en tres cuestiones: la pobreza energética, el autoconsumo y, en menor medida, las subastas de renovables. Las dos primeras han atraído con frecuencia la atención de los medios de comunicación, por su repercusión social. También se procedió, finalmente, en diciembre de 2016, a la ratificación del Acuerdo de París de diciembre de 2015 de la Convención Marco sobre Cambio Climático de Naciones Unidas.

### La pobreza energética

Por pobreza energética se entiende la incapacidad de un hogar para conseguir el mínimo de servicios energéticos indispensable para cubrir sus necesidades básicas domésticas, tales como climatizar la vivienda, cocinar, asearse o comunicarse. Este Observatorio ha llamado la atención anteriormente sobre la necesidad de regular la pobreza energética, que afecta a más de cuatro millones de personas en España. Un modelo energético sostenible debe proporcionar acceso a un consumo compatible con un nivel de vida digno, en el tiempo y en el entorno social y geográfico que corresponda, para todas las personas. Es preciso adoptar medidas que garanticen el acceso mínimo a la energía para un uso básico para aquellos hogares afectados por pobreza energética.

Debe tenerse en cuenta que la factura anual “de la luz” incluyendo impuestos para un consumidor (un hogar) español medio

(2.250 kWh/año) ha sido de unos 750 euros en 2016 y que, aunque apenas ha variado desde 2013, ha tenido un incremento de más del 50% desde 2004. El coste del suministro de gas para un cliente tipo de 9.000 kWh/año en la tarifa TUR-2 supone unos 700 €/año (tras impuestos), no registrando apenas variación con respecto a 2013 para ese cliente tipo, pero también un importante incremento en la década anterior.

Tras mucho hacerse esperar, el pasado 31 de enero, el Pleno del Congreso convalidó el Real Decreto-ley 7/2016 aprobado por el Consejo de Ministros del 23 de diciembre de 2016, que se elaboró a raíz de una sentencia del Tribunal Supremo que invalidó el sistema de financiación del bono social. A partir de este momento, la financiación provendrá de todas las comercializadoras, no sólo las que desarrollan actividades de generación y distribución. El Real Decreto establece que el cargo sea proporcional al número de clientes de cada comercializadora, lo que distorsiona la competencia entre ellas, ya que los clientes no son homogéneos en su consumo. Si se supone que las distintas actividades que comprende el suministro de electricidad están correctamente reguladas, no se comprende que el bono social haya de ser cubierto por las empresas comercializadoras, cuando debería haber sido un cargo directo a la tarifa o a Presupuestos Generales del Estado.

Este Real Decreto-Ley establece diversas medidas de protección al consumidor vulnerable de energía eléctrica. Así, la definición de consumidor vulnerable podrá incluir a distintos colectivos atendiendo a características sociales y de poder adquisitivo, y a los umbrales de renta que se establezcan. Se crea una nueva categoría dentro de suministros esenciales (art. 52 de la Ley del Sector Eléctrico): los consumidores vulnerables severos, personas físicas acogidas a la Tarifa de Último Recurso, TUR, en su residencia habitual y atendidos por servicios sociales de las Administraciones Públicas (financiado parcialmente por las administraciones competentes), de los que se ha elaborado un registro administrativo. Otras medidas son la ampliación de dos a cuatro meses del periodo de aviso en el caso de los consumidores vulnerables, la obligación del contacto con los servicios sociales para comprobar si un usuario entra en la categoría de “extremadamente vulnerable” antes de realizar un corte de suministro, y la mejora de la normativa sobre comercialización, para aumentar la protección al conjunto de los consumidores. Este Real Decreto-ley está pendiente de un reglamento que lo desarrolle, en un plazo de tres meses. Una limitación de este Real Decreto-Ley es que trata exclusivamente del suministro eléctrico, que sólo constituye el 60% del gasto en energía de las familias.

La Unión Europea ha dado un nuevo impulso a la lucha contra la pobreza energética con la publicación el 30 de noviembre de 2016 del paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos” o “Paquete de invierno”, que incluye medidas para proteger a los consumidores más vulnerables, aunque deja su implantación específica a cada Estado Miembro.

## El autoconsumo

Sigue sin resolverse satisfactoriamente el tratamiento del autoconsumo. En el documento de este Observatorio publicado en

2015 se explicaba en detalle el tratamiento que consideramos es el adecuado, sin penalizar o premiar indebidamente a unos agentes u otros. Se trata de un tema complejo, lo que tal vez justifique parcialmente el lamentable nivel de la discusión pública que está teniendo lugar, tanto por parte de los partidos políticos como de las asociaciones involucradas y los medios de comunicación.

El punto de partida para debatir sobre el autoconsumo es entender que a través de la tarifa eléctrica los consumidores pagamos tres conceptos de coste cuantitativamente relevantes: el precio de la energía en el mercado eléctrico, los costes de las redes y los diversos cargos regulatorios que se han incorporado a la tarifa. La tarifa básicamente tiene dos componentes: un cargo proporcional a la potencia contratada y otro proporcional a la energía consumida. El cargo de energía, además de cubrir el precio de la energía propiamente dicha, cubre también parte del coste de las redes y de los cargos regulatorios. Esto último es un grave error en el diseño de la tarifa, pues al menos los cargos regulatorios (y también parte de los costes de red) debieran asignarse como un pago fijo independiente del consumo de energía (otro tema es que el cargo de energía, si se tomase en serio el impacto del consumo de electricidad sobre el cambio climático, debería incluir un fuerte impuesto sobre las emisiones asociadas de CO<sub>2</sub>; pero eso no se arregla cargando a la energía lo que no le corresponde). Como consecuencia de este error de diseño de la tarifa, cuando un consumidor genera electricidad en su vivienda, cancela parcial o totalmente su energía consumida y evita pagar cargos regulatorios y parte de los costes de red. El Real Decreto de autoconsumo trata torpemente de corregir este error, actuando en una dirección inadecuada: tratando de conocer cuánta electricidad se ha generado detrás del punto de conexión, para corregir esas cantidades evitadas por la cancelación.

Las nuevas tecnologías, el sector eléctrico y los consumidores van por otros caminos. El “Paquete de invierno” aprobado por la Comisión de la UE en noviembre de 2016, otorga al consumidor eléctrico, sin ninguna ambigüedad, el derecho a consumir, almacenar, generar y vender electricidad. Cada vez será más frecuente la presencia de recursos energéticos distribuidos – generadores de varios tipos, baterías, coches eléctricos, demanda flexible y dispositivos diversos de control – e imposible que el regulador pueda entrometerse en una vivienda para realizar un seguimiento de cada uno de ellos.

La solución a la tarificación con autoconsumo o con cualquier dispositivo detrás del punto de conexión del usuario, debería partir de tres principios básicos: i) incluir en el componente de tarifa de la energía solamente los costes directamente asociados a la misma; ii) basar todos los cargos asociados a la energía y las redes en las cantidades netas inyectadas o retiradas de energía eléctrica durante cada intervalo horario o semi-horario en el correspondiente punto de conexión (con total independencia de los dispositivos conectados “behind the meter”) para lo que se necesitan contadores avanzados que permitan registrar datos durante intervalos cortos, por ejemplo horarios o semi-horarios, y iii) limitar en lo posible los cargos regulatorios a recuperar a través de la tarifa, y, para los que queden, hacerlo a través de un término fijo que no distorsione las otras señales económicas.

En España se dan dos circunstancias muy favorables para hacer las cosas bien. En primer lugar, durante 2016 se ha ido completando el plan de instalación de los contadores avanzados (o “smart meters”), habiéndose alcanzado aproximadamente a 18 millones de consumidores (el 70% del plan), estando previsto que se llegue al 100% entre 2017 y 2018. Y, en segundo lugar, el año 2016 constituye el primer año completo en el que se ha podido facturar de forma horaria a los consumidores domésticos que cuentan con contadores avanzados y han optado por permanecer en la tarifa por defecto, PVPC. Aunque esta opción no se limita únicamente al PVPC, en el mercado aún no existen muchas ofertas basadas en precios flexibles.

Los contadores avanzados y un correcto diseño tarifario deben permitir que los consumidores se incorporen activamente a la gestión del sistema eléctrico, en su propio beneficio y mejorando la eficiencia global. Debido a la creciente presencia de generación solar fotovoltaica y eólica en los sistemas eléctricos, la variabilidad de los precios va a seguir creciendo, mientras no exista una capacidad de almacenamiento económicamente viable y en cantidad suficiente. Es importante que los consumidores aprendan que el precio de la electricidad es diferente en unos momentos o en otros y que, cuando esas grandes diferencias de precios aparezcan, deben verse como oportunidades para ahorrar en la factura eléctrica en el corto plazo, a la vez que se reduce el coste de suministro a medio y largo plazo.

### Las energías renovables y las nuevas subastas

El crecimiento de la potencia renovable instalada en España ha sido prácticamente inexistente desde la decisión de los distintos gobiernos recientes de interrumpir las ayudas a las renovables. Esta decisión ha sido instrumentada en la “moratoria renovable” del Real Decreto Ley 1/2012 y en el Real Decreto de Renovables de junio de 2014, ya anunciada en el paquete de la “reforma eléctrica” de 2013. Aunque España ha sido uno de los países más adelantados en instalar generación solar y eólica, de forma que ahora hay instaladas cantidades importantes, llama la atención esta falta de inversiones mientras que en todo el mundo en 2016 se instalaron 70 GW de solar y 56,5 GW de eólica (y 56 GW y 63 GW en 2015, respectivamente).

Según estimaciones del Ministerio, ahora de Energía, Turismo y Agenda Digital, en 2014 España alcanzó una penetración de renovables del 17,3% en el consumo de energía final. Para 2015 y 2016 el Ministerio estima cifras similares. El compromiso con la Unión Europea es alcanzar el 20% en 2020, por lo que el Gobierno está impulsando la instalación de recursos renovables mediante subastas.

El Gobierno ha abierto un período de consulta pública previa a la convocatoria en 2017 de una nueva subasta para retribución de instalaciones renovables (se trata de una subasta de 3.000 MW, que trata de ser neutra con respecto a la tecnología). Tal como indica la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (CNMC) en su correspondiente informe, “los 3.000 MW establecidos en la propuesta de RD, sumados a los 700 MW adjudicados en la subasta de 2016, representan menos de la mitad de los aproximadamente 8.500 MW de potencia renovable

adicional considerada en la Planificación 2015-2020”. Esta Planificación 2015-2020 contempla la “instalación de entre 4.500 MW y 6.500 MW eólicos adicionales, junto con casi 1.400 MW de solar fotovoltaica, unos 200 MW de solar termoelectrónica y casi 300 MW de biomasa, biogás, residuos sólidos urbanos y otros, durante el período comprendido de 2013 a 2020”. En la subasta anterior, celebrada en enero de 2016, se adjudicaron por separado 500 MW eólicos y 200 MW de biomasa (con el resultado inesperado de que los adjudicatarios ofertaron un valor de cero por la prima que habría de suplementar su precio de mercado). Subastas aparte, en el año 2016, la única tecnología renovable que ha experimentado variaciones en la potencia instalada ha sido la solar fotovoltaica, con un aumento de apenas el 0,3% (unos 14 MW) según datos de Red Eléctrica. A pesar de este escaso progreso en la instalación de nueva generación eléctrica con recursos renovables, parece que España está en una senda correcta para conseguir el objetivo del 20% renovable en 2020 si se contabiliza adecuadamente la contribución de los biocombustibles.

Por otro lado, el Tribunal Supremo y los arbitrajes internacionales hasta el día de hoy han desestimado los recursos presentados contra el Gobierno de España en relación a los recortes de remuneración a las energías renovables. En ambos casos las decisiones han argumentado (aquí simplemente las transcribimos, aunque hacemos notar la laxa interpretación de retroactividad) que los cambios normativos en el sector renovable no violaron la expectativa legítima, porque finalmente la reforma asegura la obtención de una rentabilidad razonable (que era lo que figuraba en la Ley del sector eléctrico). Es decir, que los demandantes no podían tener la expectativa legítima de que el marco regulatorio que establecía las primas a las renovables pudiera permanecer inmutable durante toda la vida de sus instalaciones.

### Algunos hechos destacados sobre la evolución del sector en 2016

En el cuerpo principal de este documento del Observatorio se analizan en detalle los datos oficiales del año 2015. Aquí muy brevemente comentaremos algunos hechos destacados del año 2016 en España a partir de datos preliminares y estimaciones (véase [www.observatoriosostenibilidad.com](http://www.observatoriosostenibilidad.com)). De acuerdo con esta información, España redujo en 2016 el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 2015 en un porcentaje estimado del 3%, hasta los 328 millones de toneladas. Esta cantidad de emisiones es un 15% superior a los 286 millones emitidos en 1990, año de referencia según el protocolo de Kioto.

El factor principal de este cambio ha sido la reducción, en torno a un 30%, del consumo de carbón para generar electricidad, lo contrario de lo que ocurrió en 2015, donde los factores determinantes son los precios de los combustibles, el crecimiento de la demanda y la producción hidráulica, eólica y solar. Por otro lado, se han incrementado ligeramente las emisiones derivadas del consumo de productos derivados del petróleo (un 3% más) y las derivadas del consumo de gas natural (un 1,4% más). Las fuentes renovables de energía cubrieron el 40,8% de la generación nacional de electricidad en 2016, con una aportación de la

energía eólica del 19,3%, 14,6% la hidráulica, 3,1% la fotovoltaica, y 2,1% la termosolar.

### Fiscalidad ambiental

En un análisis de las políticas fiscales desarrolladas por los 28 países integrantes de la Unión Europea, hecho público el 6 de febrero de 2017, la Comisión Europea informa de que los ingresos obtenidos por España mediante políticas fiscales medioambientales se encuentran entre los más bajos de la Unión Europea. España es –tras Lituania y Eslovaquia– el tercer país con el porcentaje más bajo de ingresos fiscales provenientes de tasas medioambientales de toda la UE. Así, los ingresos provenientes de impuestos medioambientales supusieron únicamente el 1,85 % del PIB frente a una media del 2,46 % en la Unión Europea.

La Comisión afirma que España tiene “un margen claro para revisar los impuestos medioambientales, principalmente en los sectores del transporte y la energía, pero también en los ámbitos de la contaminación y el uso de los recursos”. De forma más concreta, denuncia que España “todavía subvenciona los combustibles fósiles, el carbón local, los automóviles de empresa y el gasóleo con respecto a la gasolina cuando los objetivos políticos podrían alcanzarse de manera menos perjudicial para el medio ambiente”. El informe muestra que muchos impuestos medioambientales, entre los que cita los relativos a la contaminación del aire, “se adoptan y aplican a escala regional e incluso local, con una elevada dispersión normativa y distintos enfoques”. Esta disparidad normativa “puede conducir a la fragmentación del mercado y a ineficiencias económicas”.

La reforma de la fiscalidad relacionada con el medio ambiente puede desempeñar un papel importante para mantener el crecimiento económico, se argumenta en el análisis. Así, gravar la contaminación y el uso de los recursos “aportaría ingresos adicionales y, al mismo tiempo, contribuiría a desincentivar actividades que puedan suponer un mayor coste en el futuro en lo que a limpieza, gastos sanitarios, etcétera, se refiere”. Estos ingresos suplementarios podrían, además, sustituir los recortes en el gasto público.

### Otras noticias del sector eléctrico

El fraude eléctrico no es un fenómeno marginal, ya que costó unos 150 millones de euros a los consumidores españoles de electricidad en 2015, según datos de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). Contrariamente a lo que se podría pensar, el fraude no tiene como principales infractores a consumidores vulnerables que, con sus enganches ilegales, son solamente responsables del 1% del fraude cometido en España. sino a empresas y particulares de gran consumo, que acaparan el 96% de estas acciones delictivas. El 80% de este tipo de fraude en España corresponde a empresas de diversos sectores industriales y de servicios, mientras que del 20% restante, la mayor parte fue debido a particulares que tienen elevados niveles de consumo. Estas conductas son inaceptables y deben identificarse y perseguirse con rigor.

Durante 2016 se ha seguido avanzando en las nuevas interconexiones eléctricas y gasistas entre España y Francia. La interconexión eléctrica por el Golfo de Vizcaya es el proyecto que se encuentra en un mayor nivel de desarrollo, y se presentará este año con el fin de obtener financiación europea. Estos proyectos de interconexión eléctrica favorecen substancialmente la integración de renovables intermitentes y son elementos esenciales del sistema eléctrico del futuro, pero su análisis coste/beneficio debiera ser hecho público para que se pueda debatir su viabilidad económica.

### Una visión de largo plazo

Como hemos repetido en cada edición del Observatorio, echamos de menos en los sucesivos gobiernos desde hace más de una década (recordemos que ésta era una de las recomendaciones principales del Libro Blanco de 2005), más allá de las declaraciones oficiales, la voluntad de adoptar medidas y proponer planes de largo plazo en el sector energético.

El caso de la central nuclear de Garoña ilustra esta falta de visión de medio y largo plazo, en este caso sobre el futuro de la energía nuclear. La resolución del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) sobre Garoña finalmente ha consistido en dar el visto bueno a alargar su vida operativa hasta 2031, siempre que la compañía responsable (Nuclenor, participada por Endesa e Iberdrola), cumpla un conjunto de medidas de seguridad. El Gobierno es ahora el que tiene que decidir si concede o no la autorización para que Garoña se pueda conectar a la red y por cuánto tiempo. La decisión final del Gobierno sobre Garoña debiera ser parte de esa política energética de Estado comentada anteriormente. Si confirmase la resolución del CSN, tendría la importancia de que abriría la puerta al alargamiento de la vida operativa del resto de centrales nucleares en España, más allá de los 40 años actualmente previstos.

La política energética debiera ser una política de Estado, con una visión de largo plazo, consensuada entre los mayores partidos políticos y debatida públicamente. Ahora tenemos una excelente ocasión de realizar este objetivo, para cumplir a finales de 2017 con el mandato al respecto de la Unión Europea. El Presidente anunció en su discurso de investidura la promulgación urgente de una Ley de Cambio Climático y Transición Energética, de la que aún no se conoce el más mínimo borrador. La Ley de Cambio Climático tendría como propósito regular de forma coherente y estable las políticas que afectan al clima, en especial, la valoración y defensa de los riesgos climáticos. Con el Plan de Transición se fijaría la composición del mix energético para 2030 y 2050, sobrepasando los objetivos de la Agenda Europea 2020.

Esperemos que se aproveche la ocasión. No se trata de una tarea menor, porque tiene múltiples dimensiones e involucra varios sectores y actividades muy variadas: dinamización de los consumidores y facilitar la participación de los recursos energéticos distribuidos, fiscalidad energética, calidad del aire, ahorro y eficiencia en edificios e industrias, integración y/o apoyo a las energías renovables, urbanismo, movilidad, características téc-

nicas de los vehículos, y regulación de redes y de mercados de electricidad y gas, entre otros.

Se necesita un amplio consenso, con transparencia y amplia participación de todos los agentes involucrados, que permita reducir la incertidumbre y facilite las cuantiosas inversiones que serán necesarias. Y será necesario coordinar seriamente las áreas de energía y medioambiente, actualmente en ministerios distintos. Mientras que la primera cae en el ámbito del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, la segunda se sitúa en el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Como en otras ocasiones, volvemos a alegrarnos de formar parte de la Unión Europea, pues es quien nos proporciona en alguna medida esa visión de largo plazo de la que desafortunadamente nosotros carecemos. Con su "Paquete de invierno", la Comisión Europea nos señala el camino hacia el futuro del sector energético, y además nos obliga a tener una visión de largo plazo, mediante los Planes Integrados de Energía y Clima de realización obligatoria para todos los estados miembros, que se establecen

en un Reglamento sobre Gobernanza de la Unión Energética. El Paquete de Invierno deja claro el compromiso de la Unión Europea con un modelo energético más sostenible y descarbonizado, enfatizando aún más el papel de la eficiencia energética y del consumidor activo. Ahora es el turno de España de responder a estos retos mediante una estrategia de largo plazo, consensuada entre todos, y que permita sentar unas bases sólidas para los inversores en los próximos años.

*Ignacio J. Pérez-Amago*



## El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

### Presentación

Es una satisfacción para la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad presentar la décima edición de su Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España, una de las actividades principales de la Cátedra. La Cátedra BP es una iniciativa conjunta de la Universidad Pontificia Comillas y BP España, en la que ambas instituciones reflejan su prioridad al considerar la consecución de un modelo energético sostenible como uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad. La misión de la Cátedra es promover el debate público mediante estudios y acciones formativas y de divulgación en este ámbito.

La disponibilidad de energía constituye uno de los motores principales del desarrollo, por lo que resulta imprescindible garantizar su acceso a toda la población en condiciones económicamente apropiadas y de forma eficiente, especialmente a aquellos que no disponen de acceso a formas avanzadas de energía. Por otro lado, el uso predominante de recursos fósiles en la producción de energía representa una de las principales amenazas para la sostenibilidad del planeta por sus efectos sobre el cambio climático. Esta falta de sostenibilidad del modelo energético actual ha sido insistentemente señalada por las principales instituciones relevantes, tanto de ámbito mundial como europeo. Es imprescindible pues avanzar hacia un modelo energético más sostenible.

La Cátedra BP considera que un modelo energético sostenible es aquel que contribuye al bienestar de la humanidad, mientras preserva los recursos ambientales o institucionales, y contribuye a su distribución de forma justa. Esto se traduce en la práctica en un modelo energético compatible con la protección del medio ambiente, con precios de la energía asequibles que reflejen adecuadamente los costes incurridos y que facilite el acceso universal a formas modernas de energía e impulse la innovación.

### Objetivos

El primer paso para avanzar hacia este modelo sostenible es ser conscientes de la situación actual, tanto a escala global como en España. En este marco, la Cátedra BP considera esencial contribuir al debate público mediante el seguimiento y análisis de los principales indicadores de energía y su sostenibilidad en España, tanto para seguir su evolución como para formular recomenda-

ciones de mejora de la sostenibilidad del modelo energético español. Para ello se elabora este Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España, publicado por primera vez en el año 2004 y de manera anual desde 2009.

### Metodología

En el Observatorio se distinguen tres tipos de indicadores: en primer lugar, las variables exógenas de ámbito mundial; estas son las variables que condicionan el consumo de energía y su impacto en la sostenibilidad a nivel global, tales como el crecimiento de la población o el desarrollo de la economía, los precios de los recursos energéticos, las reservas de combustibles agotables, o la población sin acceso a la energía. En segundo lugar se encuentran las variables exógenas de ámbito español: la población, la actividad económica, la construcción de infraestructuras, y el clima. Ambos tipos de variables exógenas (drivers) condicionan finalmente el tercer tipo de indicadores mencionado anteriormente: las variables endógenas. Estas son principalmente las siguientes: el consumo de energía agregado y por sectores, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a ese consumo, los flujos económicos que se generan en el sector energético como resultado de las actividades que en él se desarrollan y el balance exergético obtenido aplicando a cada flujo energético una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales. Estos cuatro grupos de variables endógenas se presentan respectivamente en cinco diagramas de Sankey, que proporcionan de una manera gráfica una información muy valiosa sobre los flujos de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub>, los flujos económicos, tanto monetarios como considerando los costes externos, y el balance exergético, asociados al sector energético español. En general se ha escogido un formato muy simple en la presentación de cifras energéticas. Los datos pueden ser consultados de forma detallada en las tablas disponibles en la web de la cátedra (<http://www.comillas.edu/es/catedra-bp-de-energia-y-sostenibilidad/presentacion>).

Finalmente, hay que señalar que este informe 2016 recoge en sus tablas y figuras los datos correspondientes al año 2015, que son los últimos oficialmente disponibles en España para indicadores energéticos y de emisiones de gases de efecto invernadero. Para los datos de flujos económicos del sector energético se utilizan también los datos de 2015. En el caso de algunos indicadores internacionales la serie solamente alcanza hasta 2014.

## Indicadores energéticos en 2015

El consumo de energía primaria global creció un 1,4% entre 2014 y 2015, en línea con lo sucedido los últimos años. En el mismo período, el consumo de energía primaria en la UE-15 creció igualmente un 1,5%, revertiendo la tendencia descendiente de los últimos cinco años, mientras que en España el incremento observado fue del 5,7%. Entre los años 2014 y 2015, la fracción de la energía primaria mundial que se consume en la OCDE ha seguido descendiendo, situándose en torno al 44% a finales de 2015. Asimismo, el consumo de energía primaria en España se situaría a niveles similares a los de 2008, al comienzo de la crisis económica.

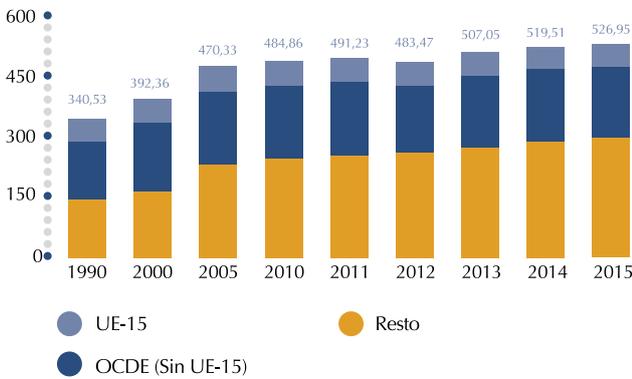
El consumo de energía primaria per cápita en el mundo se mantuvo relativamente estable, con un incremento de apenas el 0,25% entre 2014 y 2015. En gran parte de los países desarrollados, el cambio ha sido de signo negativo. Por ejemplo, el consumo per cápita se redujo un 1,6% en la OCDE y un 0,8% en la UE-28. En cambio, este indicador creció ligeramente en la UE-15 (0,95%) y de manera significativa en España (5,9%).

En cuanto a la intensidad energética, se observa una reducción entre 2014 y 2015 en el caso de la media mundial (1,8%) y en los países de la OCDE (3,2%). En el mismo periodo, en el área UE-15 este índice disminuyó ligeramente (0,6%), mientras que en España este indicador experimentó un crecimiento superior al 5%.

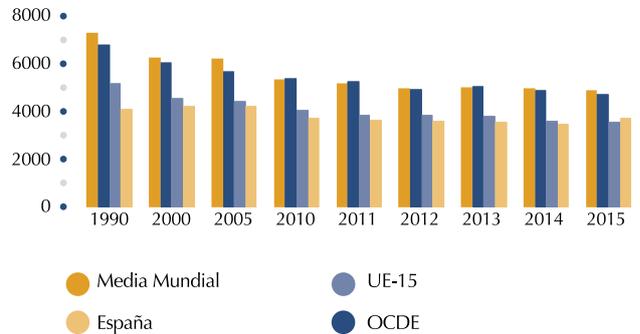
Esta fuerte subida de la intensidad energética en el año 2015 no hace sino aumentar la brecha existente entre España y el resto de los países europeos. Entre los años 2000 y 2015, la intensidad energética en la UE-15 se redujo en casi un 26% mientras que en España lo hizo por debajo del 20% (medida a precios constantes de 2010).

En relación al consumo de energía final, este indicador creció un 1,4% en 2015 respecto a 2014, manteniéndose pese a ello por debajo del consumo de energía final observado en 2013. Por tanto, en el año 2015 en España se han producido aumentos relevantes tanto en el consumo de energía primaria como en el de

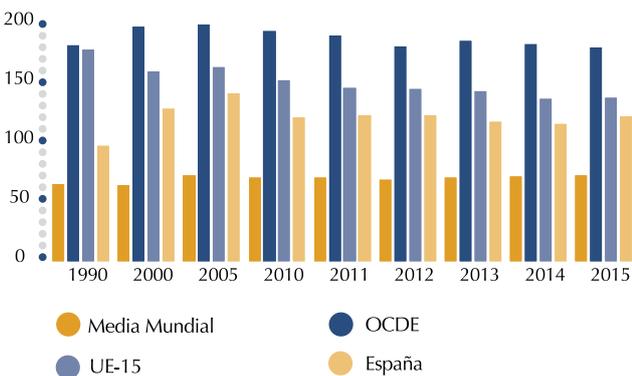
Consumo Total de Energía Primaria EJ



Intensidad energética primaria GJ/Millón \$ Constantes 2011 PPA

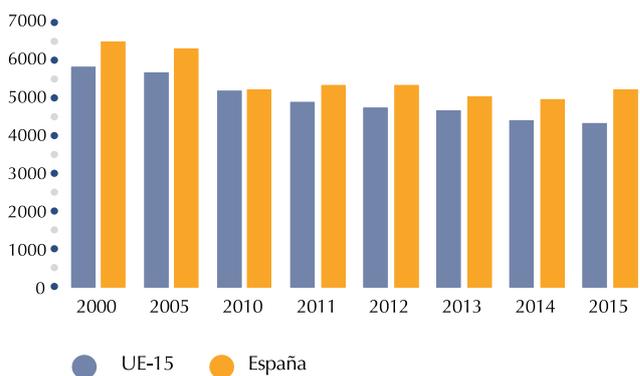


Consumo de Energía Primaria per Cápita GJ/hab



Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética

GJ/Millón € constantes 2010



energía final, especialmente en el caso de primaria. Asimismo, como ya hemos indicado anteriormente, ha aumentado notablemente (5,2%) la intensidad energética primaria (la intensidad energética final aumentó en un 0,83%).

Este aumento en la intensidad energética, así como el crecimiento significativamente mayor de la energía primaria en comparación con el de la energía final, se explica en parte por los cambios observados en la matriz energética primaria. El carbón, el petróleo y el gas natural experimentaron incrementos del 20%, 6% y 4% respecto a 2014 respectivamente, mientras que la contribución de la energía nuclear y las renovables se mantuvo prácticamente constante respecto a 2014.

Las energías renovables tuvieron un peso del 11,7% en el mix primario y de aproximadamente el 37% sobre la producción de electricidad en 2015, siendo ambos porcentajes menores que en 2014 (12,3% y 42% respectivamente). La mayor contribución sigue correspondiendo a biomasa y eólica. No obstante, la diferencia entre ambas se ha incrementado ya que la contribución eólica se redujo en un 5% en 2015, mientras que la de la biomasa (excluyendo biocarburantes) creció un 21%. Asimismo, la energía solar, pese a

experimentar un crecimiento moderado (3,5%), superó a la energía hidráulica en cuanto a importancia principalmente debido a la fuerte caída de esta última (29%).

En relación a los flujos energéticos, se produjo un aumento tanto de las importaciones como de las exportaciones, siendo más notable el primero. Las importaciones totales crecieron un 7,4%, con ascensos relevantes en la importación del carbón (28,1%) y petróleo (9,4%). De hecho, el peso de las importaciones de carbón sobre el total del consumo de energía primaria correspondiente al carbón pasó del 86% al 91,4% en 2015. La fuerte caída de las importaciones de carbón se debió fundamentalmente al incremento de la producción eléctrica en centrales térmicas, mientras que la subida de las importaciones de crudo se debió tanto a un incremento de la demanda final de derivados como a un incremento de las exportaciones de productos derivados.

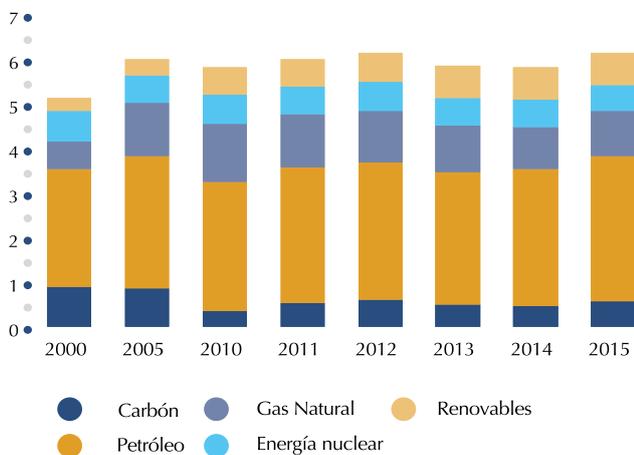
En relación con este último punto, las exportaciones totales de energía primaria aumentaron en un 4,7% debido principalmente a un aumento de casi el 7% en las exportaciones de productos derivados del petróleo. Este aumento de las exportaciones de derivados junto con la reducción de las importaciones en un 2%, hizo que el sector del refino aumentara su actividad.

Pese a estos cambios, la dependencia energética de España respecto del exterior se mantiene prácticamente sin cambios, por encima del 86%, y todavía muy por encima de la media europea.

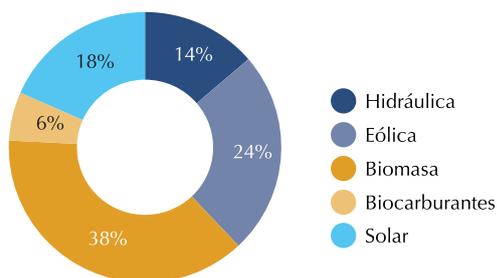
En cuanto al análisis sectorial, cabe destacar que el sector del transporte ha experimentado aumentos generalizados en 2015. El transporte de mercancías en su conjunto aumentó un 4,8%. Pese a no ser el modo de transporte que más creció en términos relativos, el transporte de mercancías por carretera creció más en términos absolutos y representa más del 92% del total del transporte de mercancías.

Por otro lado, el transporte de pasajeros en 2015 creció un 4,6% respecto a 2014. El transporte de pasajeros por avión continúa creciendo (6,3%), siendo el transporte de personas por carretera el que más ha crecido en términos absolutos, representando casi el 90% del total. El transporte sigue siendo el sector que más energía consume (más del 22% del consumo total de energía

### Consumo de Energía Primaria en España E<sub>j</sub>

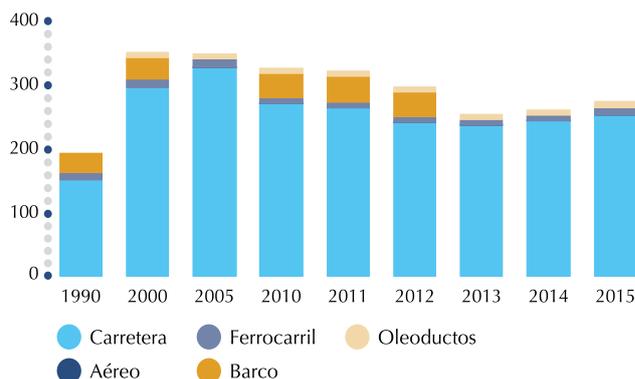


### Composición de Energías Renovables en Energía Primaria, 2015



### Movilidad interior de mercancías en España

Miles de millones de Tm-km

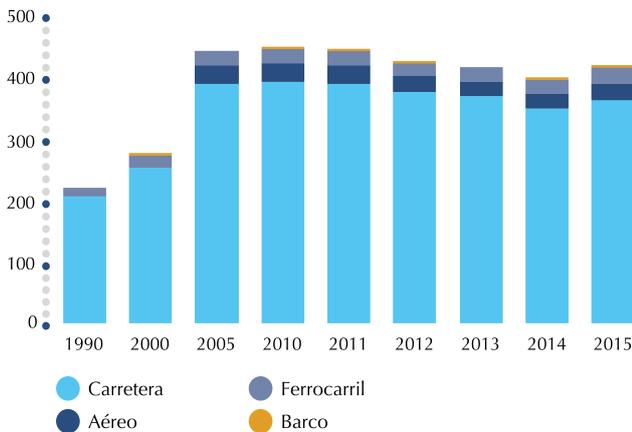


primaria o en torno al 40% de la energía final) y el que más emisiones de CO<sub>2</sub> causa (cerca del 23% del total de emisiones y más del 51% una vez descontadas las emisiones asociadas a los autoconsumos, las pérdidas y las exportaciones). Por tanto, este sector sigue siendo prioritario en cuanto al diseño de una política energética sostenible.

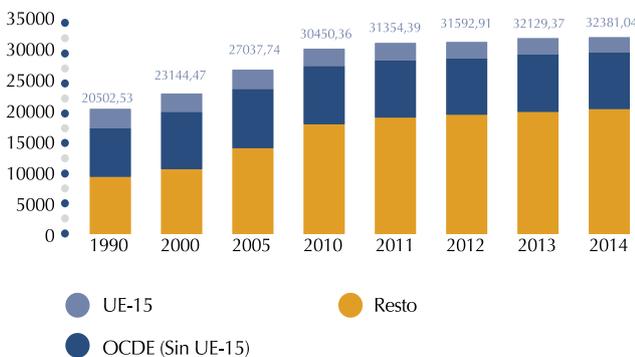
Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> aumentaron en el año 2014 un 0,78% respecto a 2013<sup>1</sup>, manteniéndose por encima de los 32 mil millones de toneladas. En los países de la OCDE el descenso fue del 1,4%, principalmente debido a una caída en las emisiones de más del 6% en la UE-15. Respecto al año 2000, las emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de energía han subido globalmente un 40%, mientras que en los países desarrollados éstas han disminuido (3,2% en la OCDE y 17,9% en la UE-15).

### Movilidad interior de viajeros en España

Miles de millones de viajeros-km



### Emisiones de GEI Mt CO<sub>2</sub>

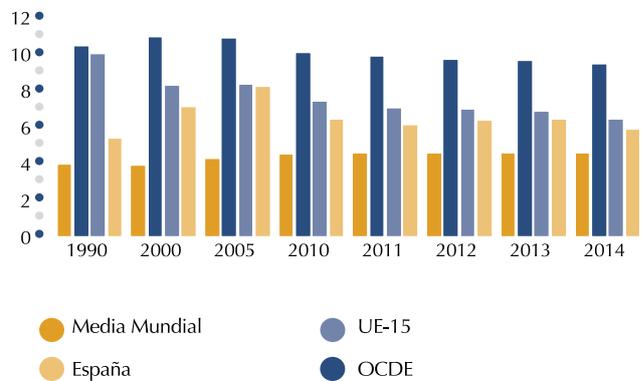


En 2014, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita en los países OCDE (9,32 tCO<sub>2</sub>/habitante) y el nivel medio global (4,46 tCO<sub>2</sub>/habitante) continuaron en proceso de convergencia. Las emisiones en la UE-15 y España se situaron entre esos dos valores (6,29 y 5,78 tCO<sub>2</sub>/habitante respectivamente) habiendo descendido en ambos casos respecto a 2013.

Globalmente, en 2014 la reducción de la intensidad de las emisiones (emisiones/PIB) ha sido superior al 2,5%. En el mismo período, la reducción de este indicador ha sido sensiblemente inferior en el conjunto de la OCDE en comparación con la UE-15 (3,3% frente a un 7,5%), mientras que en España se redujo aún más (casi un 8,5%).

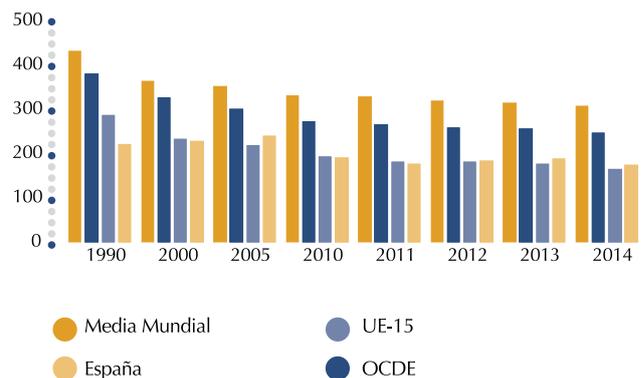
Analizando el caso español en el año 2015 en mayor detalle, las emisiones de CO<sub>2</sub> (neto de exportaciones) crecieron casi un 16%, superando los 312 millones de toneladas. Las emisiones per cápita aumentaron en 2015 en un porcentaje similar, en torno al 16%. De igual manera, la intensidad de las emisiones (por unidad de PIB) en 2015 registró un fuerte ascenso del 17%. En definitiva,

### Emisiones de CO<sub>2</sub> per Cápita t CO<sub>2</sub>/Hab



### Emisiones de CO<sub>2</sub> por PIB - Intensidad de Emisiones

t CO<sub>2</sub>/\$ constantes 2011 PPA



1 Los últimos datos de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial disponibles en el momento de escribir este Observatorio son los del año 2014. El caso español en 2015 se discute en mayor detalle más adelante.

puede decirse que el sector energético español experimentó un deterioro en todos sus indicadores de emisiones en el año 2015.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a energía primaria en 2015 aumentaron significativamente respecto a 2014 (incremento del 9,6%), debido al aumento generalizado del uso de los combustibles fósiles en respuesta al aumento del consumo de energía final y las exportaciones.

Debido al alto grado de dependencia energética del exterior mencionado anteriormente, y pese a que el alto nivel de diversificación de suministradores de gas natural y petróleo mitiga mucho los riesgos de esta dependencia, el sector energético, y por consiguiente también la economía española, siguen expuestos a un importante riesgo de precio de estos combustibles.

No obstante, en el año 2015 se ha mantenido la tendencia observada en 2014 y la factura energética española volvió a descender, esta vez de manera muy notable. Más concretamente, los gastos directos en energía primaria, pese al aumento de la demanda, bajaron en 2015 un 27,8% con respecto a 2014. El principal motivo de esta disminución se encuentra en el descenso generalizado de los precios finales de la energía ocurrido entre 2014 y 2015.

Esta caída de los precios ha tenido un impacto generalmente positivo sobre el valor añadido del sector energético español. Uno de los subsectores que más ha notado estos cambios es el del refino. En 2015 aumentó el gasto final en derivados del petróleo en todos los sectores finales cerca del 9%, habiéndose reducido el gasto en inputs en el refino más del 30%. Esto significa que el subsector de refino de petróleo aumento su valor añadido muy notablemente en 2015.

El precio del barril de crudo Brent disminuyó un 47%, el precio medio de la tonelada de carbón (56,6US\$) disminuyó casi un 25%, y el gas natural en el mercado europeo (tomando el mercado alemán como referencia) bajo más de un 27% hasta los 6,6US\$ por millón de BTU. Es de destacar la diferencia con el precio del gas natural en EE.UU., donde el precio medio del Henry Hub durante 2015 fue significativamente menor (2,6US\$/Millón BTU); o con el de en Japón, donde el precio medio del gas natural licuado fue sensiblemente mayor (10,31US\$/Millón BTU).

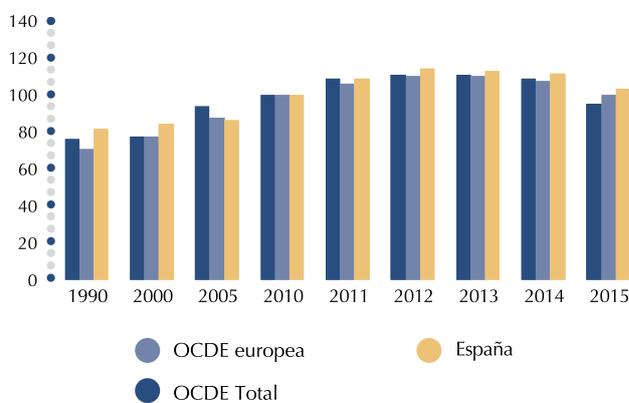
Este descenso (medido a partir del índice compuesto de precios de la Agencia Internacional de la Energía) ha sido menor en Europa que en el conjunto de los países de la OCDE, siguiendo España un patrón muy similar al del resto de Europa. De hecho, el promedio de los precios finales en España continúa siendo más elevado que en el resto de países de la OCDE y en Europa.

Tras un período de relativa estabilidad entre los años 2012 y 2014, los precios finales de la electricidad para el sector residencial experimentaron un incremento del 3,3% entre 2014 y 2015 en España. En la UE-28, el incremento fue más moderado, quedándose en torno al 1,8%. Por el contrario, se observó un descenso notable de los precios de la electricidad para los consumidores industriales, con bajadas de casi el 7% en España y del 1,6% en la UE-28.

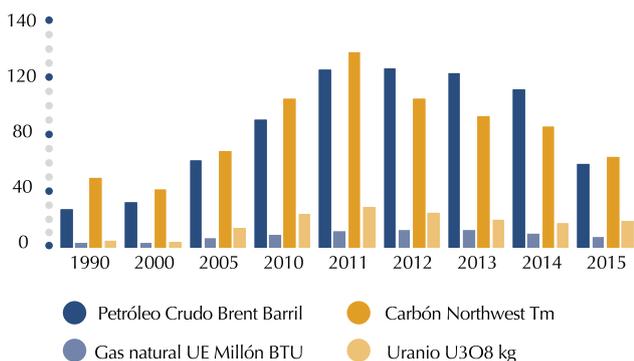
Respecto a los precios del gas, en 2015 se invirtió la tendencia al alza de años anteriores, experimentando bajadas generalizadas. En el caso del sector doméstico, las caídas de los precios fueron del 1,42% y 1,45% en España y la UE-28 respectivamente. Estas bajadas fueron mucho más notables en los precios del gas para

### Índice de precios "Total Energy" real de la IEA

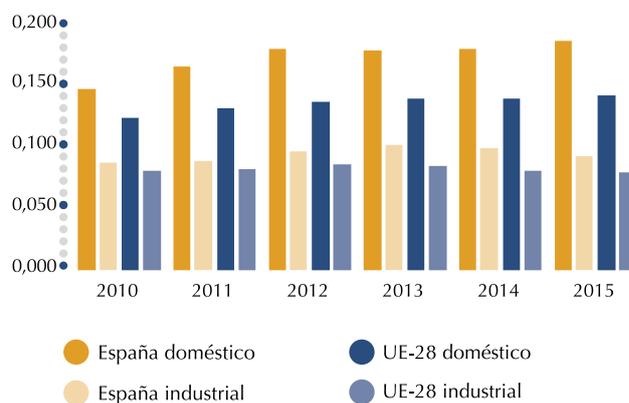
Valor relativo, base 100



### Precios de los recursos energéticos (\$ Corrientes)



### Precios de la Electricidad € corrientes/kWh sin impuestos



los consumidores industriales tanto en España (11%) como en la UE-28 (8%).

Los precios de los derivados de petróleo en España descendieron en línea con la caída de los precios internacionales del crudo y se mantienen por debajo de la media de UE-28, fundamentalmente por la menor fiscalidad española.

El precio promedio del CO<sub>2</sub> en el marco de referencia del European Trading Scheme (ETS), continuó con la tendencia alcista experimentada en 2014, aumentando desde los 5,96€/t, hasta los 7,68€/t en 2015, aunque todavía lejos de sus valores más altos.

Finalmente, y al igual que en el informe del año pasado, es interesante llamar la atención sobre el efecto de incorporar los costes externos en la generación de valor añadido. El valor añadido del sector energético español se reduce en más de un 45% cuando se descuentan los costes externos debidos a la contaminación por CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas. El subsector que más costes externos genera es el del transporte, seguido por el sector eléctrico, cuyas externalidades crecieron un 18%

respecto a 2014 debido principalmente al mayor peso del carbón en la producción de electricidad.

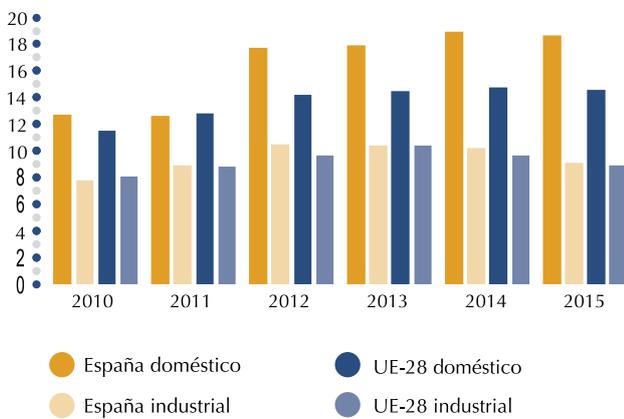
Asimismo, la gran mayoría de los costes externos provinieron de los contaminantes tradicionales (SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>). Otra cuestión son las consecuencias a largo plazo de las emisiones: los contaminantes tradicionales tienen una vida mucho menor, y por tanto las mejoras posibles pueden ser más rápidas. En todo caso, y al igual que ya se señalaba en años anteriores, parece evidente la necesidad de concentrar los esfuerzos, en el corto plazo, en la reducción de contaminantes tradicionales, sin perder de vista en el medio y largo plazo la imprescindible reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En último lugar, analizando los flujos exergéticos correspondientes al sector energético español en 2015, resulta interesante evaluar el efecto sobre los usos finales. En 2015, tan solo un 14% del total de la exergía que llegó a los tres sectores de usos finales resultó en trabajo útil. Si se desagrega este dato por sectores se obtiene que en el sector terciario solo el 9% de la exergía final es directamente transformada en trabajo útil, en el sector industrial ese porcentaje aumenta al 14% y en el de transporte alcanza el 19%. Este dato pone de manifiesto que existe un gran margen de mejora en la eficiencia de los usos finales energéticos, tanto desde las tecnologías que se utilizan como desde las fuentes primarias empleadas.

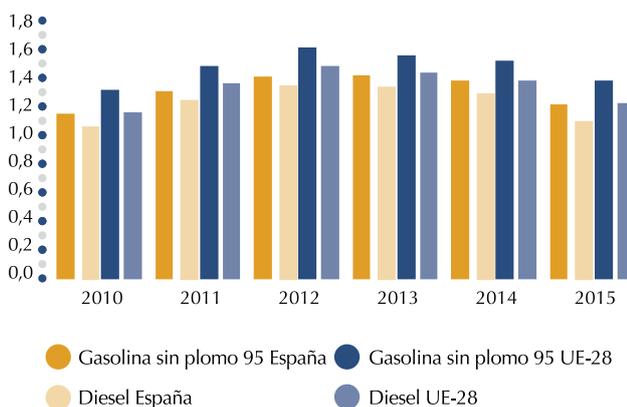
En vista de estos indicadores, puede decirse que en el año 2015 el sistema energético español ha mostrado una evolución, desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, muy negativa respecto al año 2014. Por un lado, han subido muy significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, ha aumentado la demanda de energía primaria y final, y han crecido la intensidad energética y la intensidad de las emisiones. La dependencia energética del exterior se mantiene en niveles muy altos y se ha reducido un año más, y muy significativamente, la factura energética (fundamentalmente por el descenso generalizado de los precios de los combustibles).

En conclusión, el año 2015 ha sido un año muy negativo desde el punto de vista de la sostenibilidad energética. Los elementos positivos, como son la recuperación de la actividad económica y la bajada de precios de los combustibles, no han sido aprovechados para seguir impulsando la eficiencia energética, lo que ha traído consigo una vuelta al crecimiento de la demanda energética, y además de forma poco sostenible, al apoyarse fundamentalmente en el uso de combustibles fósiles, lo que a su vez ha resultado en un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros contaminantes. Claramente es necesario revertir esta tendencia, apostando por una mayor contribución de las energías renovables y, sobre todo, por el ahorro y la eficiencia energética.

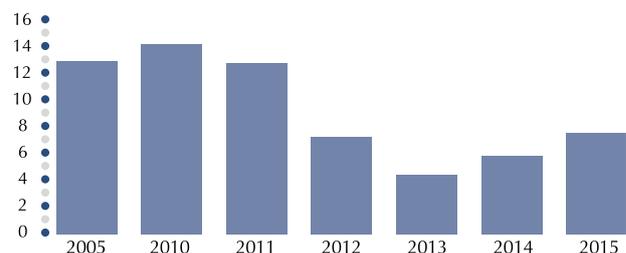
**Precios del Gas Natural** € corrientes/GJ sin impuestos



**Precios de los Carburantes** € corrientes/l con impuestos



**Precio medio ponderado anual del CO<sub>2</sub> en Europa** €/tCO<sub>2</sub>



## Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2015<sup>i-ii</sup>

El primer diagrama de Sankey que se presenta en este informe es el correspondiente a los flujos energéticos en España en el año 2015 y su variación respecto a 2014. En él es posible observar la energía que entra en el sistema, tanto de origen doméstico como importado, y cómo esta energía pasa por los diversos procesos de transformación hasta llegar a los distintos consumos finales, indicando además para cada uno de ellos la utilización de los diferentes combustibles. También se puede evaluar fácilmente la energía perdida en las distintas transformaciones o procesos de transporte, como medida de la eficiencia global del sistema.

Este Observatorio aporta dos novedades respecto a un diagrama de Sankey clásico: a) El grosor total agregado de los dife-

rentes flujos de energía en cada fase (energía primaria, energía transformada lista para ser distribuida, o energía final ya distribuida y lista para ser usada) se mantiene constante a lo largo del diagrama, pues representa el total de energía primaria. Ello permite visualizar de forma sencilla la importancia relativa que tiene cada proceso y cómo la energía evoluciona a través de las distintas transformaciones; y b) En las columnas de la derecha de ambas figuras, que representan los consumos finales, se ha llevado a cabo una desagregación gráfica de cada sector en subsectores, para facilitar la visualización de la importancia relativa de los mismos.

## Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2015<sup>iii</sup>

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de energía, el diagrama de Sankey que se presenta a continuación permite identificar de manera gráfica y sencilla los combustibles y usos de la energía (incluyendo las pérdidas y autoconsumos, y también los vectores indirectos como la electricidad) responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a este sector, una información no habitual en los inventarios de emisiones al uso.

Se presentan los valores correspondientes a 2015 y sus variaciones respecto a 2014. De forma análoga a como ocurría en el diagrama de energía, el valor total agregado de los flujos de CO<sub>2</sub> en cada fase se mantiene constante (para poder evaluar

las importancias relativas del contenido en carbono en cada proceso), y se ha llevado a cabo una desagregación de las emisiones de cada sector en subsectores.

Este mismo diagrama podría elaborarse utilizando las emisiones de CO<sub>2</sub> del ciclo de vida de los combustibles, lo que básicamente implicaría un aumento del grosor de los flujos de CO<sub>2</sub> asociados a la nuclear y a las renovables. Sin embargo, y tras haber evaluado dichas emisiones, se concluye que su incidencia en términos globales es despreciable, y por tanto el considerar estas emisiones a lo largo del ciclo de vida no aporta información relevante en este contexto.

## Flujos económicos en el sector energético español, 2015<sup>iv</sup>

Respecto a los flujos económicos asociados a los sectores energéticos de la economía española, el diagrama que se presenta a continuación permite identificar los sectores y las fuentes de energía primaria responsables de la generación de valor añadido, de la dependencia económico-energética de España, del pago de impuestos, y de las pérdidas económicas asociadas a los procesos de producción y transformación y del autoconsumo de combustibles.

Es importante recordar que, a pesar de seguir una representación similar a los diagramas de Sankey anteriormente representados, el diagrama que representa el flujo económico no se mantiene constante, por el hecho de que cada sector de transformación añade valor económico a los productos energéticos. También, la precisión de sus datos no es comparable a la de las figuras anteriores. Esta figura Sankey de flujos económicos ha debido construirse combinando distintas fuentes, no siempre homogéneas.

Otra interpretación interesante de este diagrama Sankey económico se refiere a la seguridad energética, otro componente de la sostenibilidad. Efectivamente, uno de los riesgos principales asociados a la seguridad energética es el riesgo de precio del combustible, debido a la volatilidad del mismo y a su impacto en la economía.

En este sentido, una diferencia mayor entre el ancho del gasto en energía primaria (parte izquierda del diagrama) y los gastos en productos finales (parte derecha del diagrama de Sankey), indica una menor influencia del valor económico de las materias primas energéticas en el gasto total, y por tanto un menor riesgo asociado a variaciones en los precios de combustible. Por tanto, se puede decir que, a mayor diferencia en el ancho de los flujos iniciales y finales, mayor es la seguridad energética en términos de riesgo de precio.

## Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2015<sup>v</sup>

En esta sección se presenta un diagrama de Sankey adicional, en el cual se corrigen los flujos económicos en términos monetarios con la incorporación de los costes externos asociados a cada una de las actividades. Evidentemente, es difícil cuantificar e incluir todos los costes externos, por lo que sólo se han considerado aquellos más significativos: los debidos a las emisiones de CO<sub>2</sub>, de SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub> y de partículas.

De esta forma, el diagrama presenta, de una forma aproximada, el valor económico real generado por cada una de las actividades del sector energético. Para ello partimos del diagrama de Sankey de flujos económicos presentado anteriormente, y restamos a cada flujo económico el coste externo correspondiente.

	Emisiones (Miles de Toneladas)	Precio Externalidad (Euros por Tonelada)	Coste Total estimado (Millones de euros)	Contribución relativa
CO <sub>2</sub>	254.415	36,06	9.173	32%
NO <sub>x</sub>	789	14.000	14.200	50%
SO <sub>2</sub>	242	18.000	3.385	12%
PM10	83	22.000	1.834	6%

## Balance exergético en el sector energético español, 2015

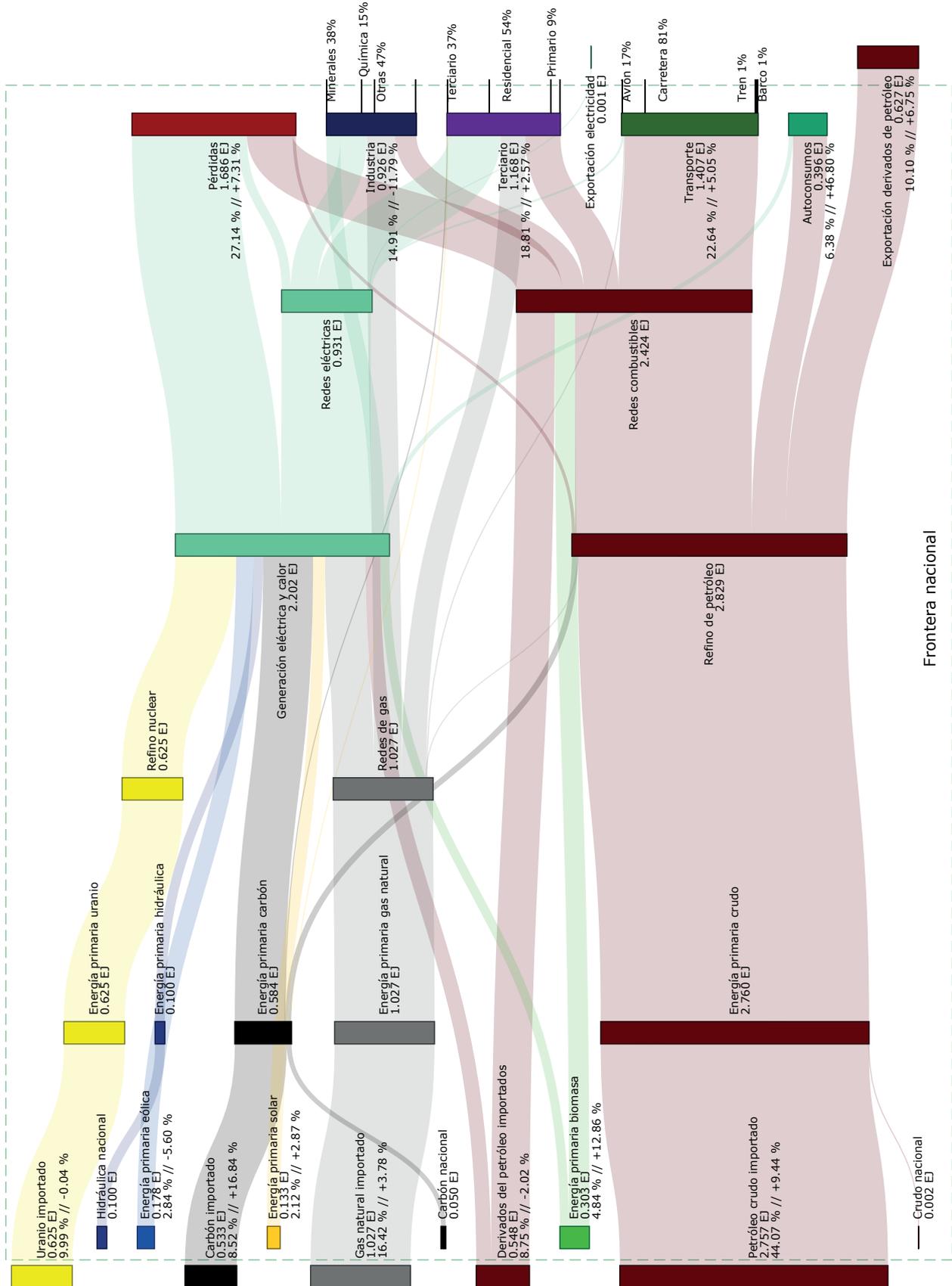
La exergía es una función de estado termodinámica que mide la energía útil presente en cualquier fuente o flujo energético. Dicho de otra manera, la exergía de una fuente o flujo energético es la capacidad de dicha fuente o flujo para convertirse en trabajo útil. Este hecho hace que muchos autores se refieran a la exergía como una medida de la "calidad" de la energía. Siguiendo esta definición, el diagrama Sankey exergético para el sector energético español que se presenta este año transforma cada flujo energético en un flujo exergético, desde las fuentes de entrada a los usos finales, pasando por las etapas de transformación y transporte. Esta transformación se consigue aplicando a cada flujo una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales.

La principal aportación de este diagrama respecto de los anteriores es la evaluación de la energía de los usos finales según su

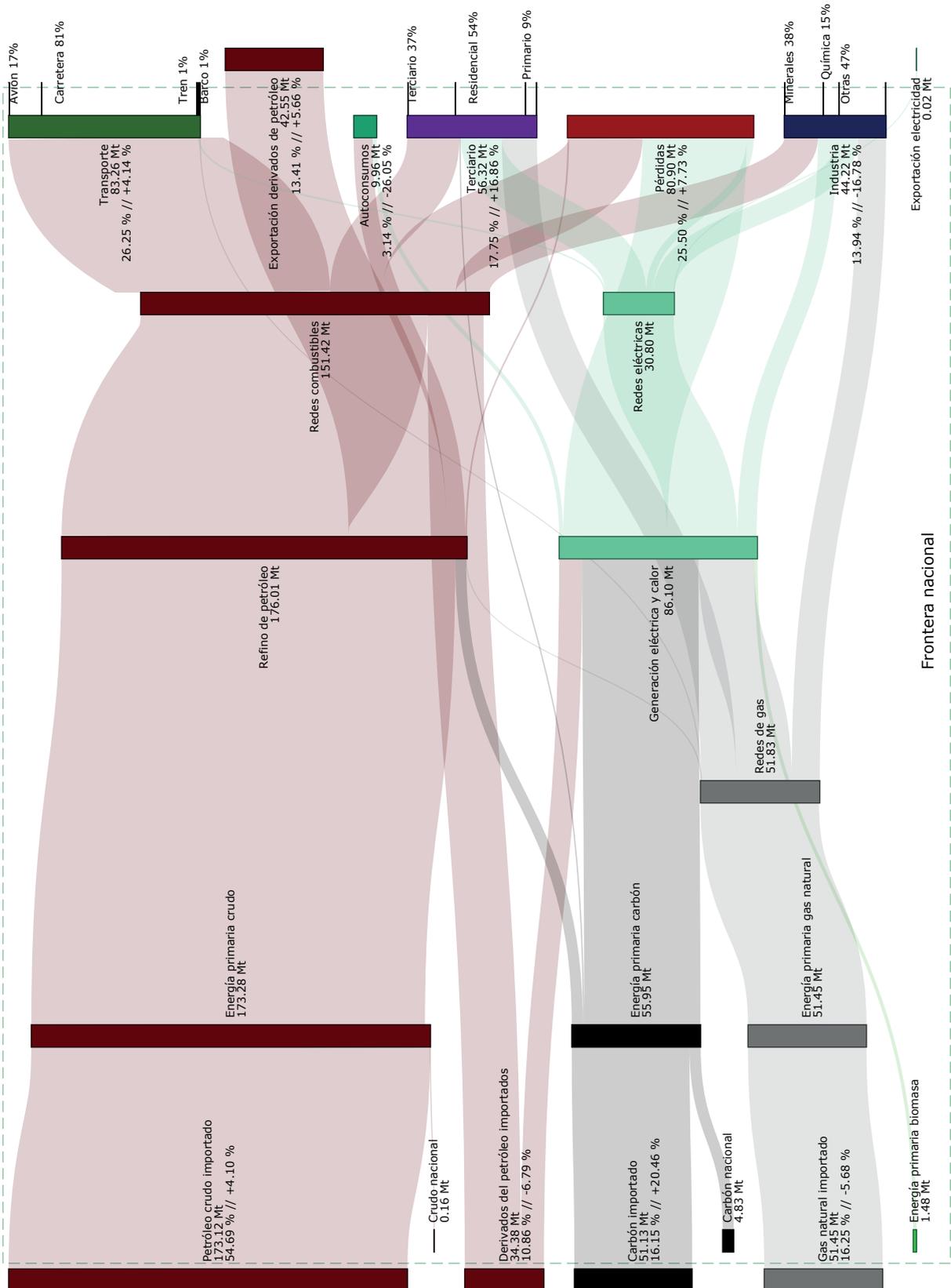
eficiencia exergética. Puede verse en el diagrama que, analizada en estos términos, sólo una parte reducida de la energía destinada a los usos finales es efectivamente aprovechada. Constatar este hecho abre un amplio abanico de análisis que puede llevar a la adopción de nuevas medidas de eficiencia en los usos finales de la energía que conlleven una mejora en estos ratios.

De la misma forma, un análisis comparado de este diagrama con el diagrama económico del sector puede aportar interesantes lecciones de cara a una mejor comprensión de la vinculación entre el valor termodinámico de un flujo energético y su valor monetario.

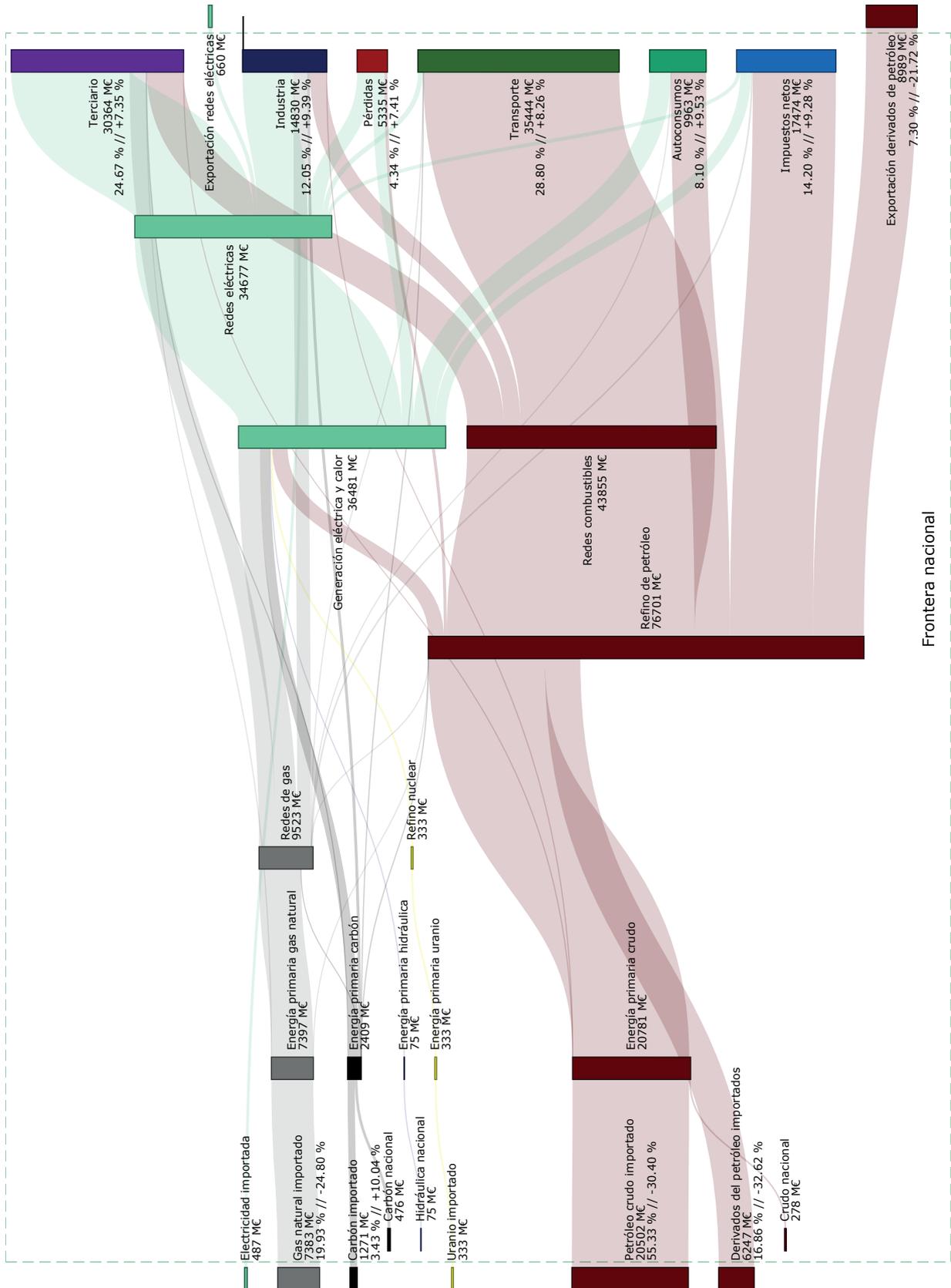
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2015



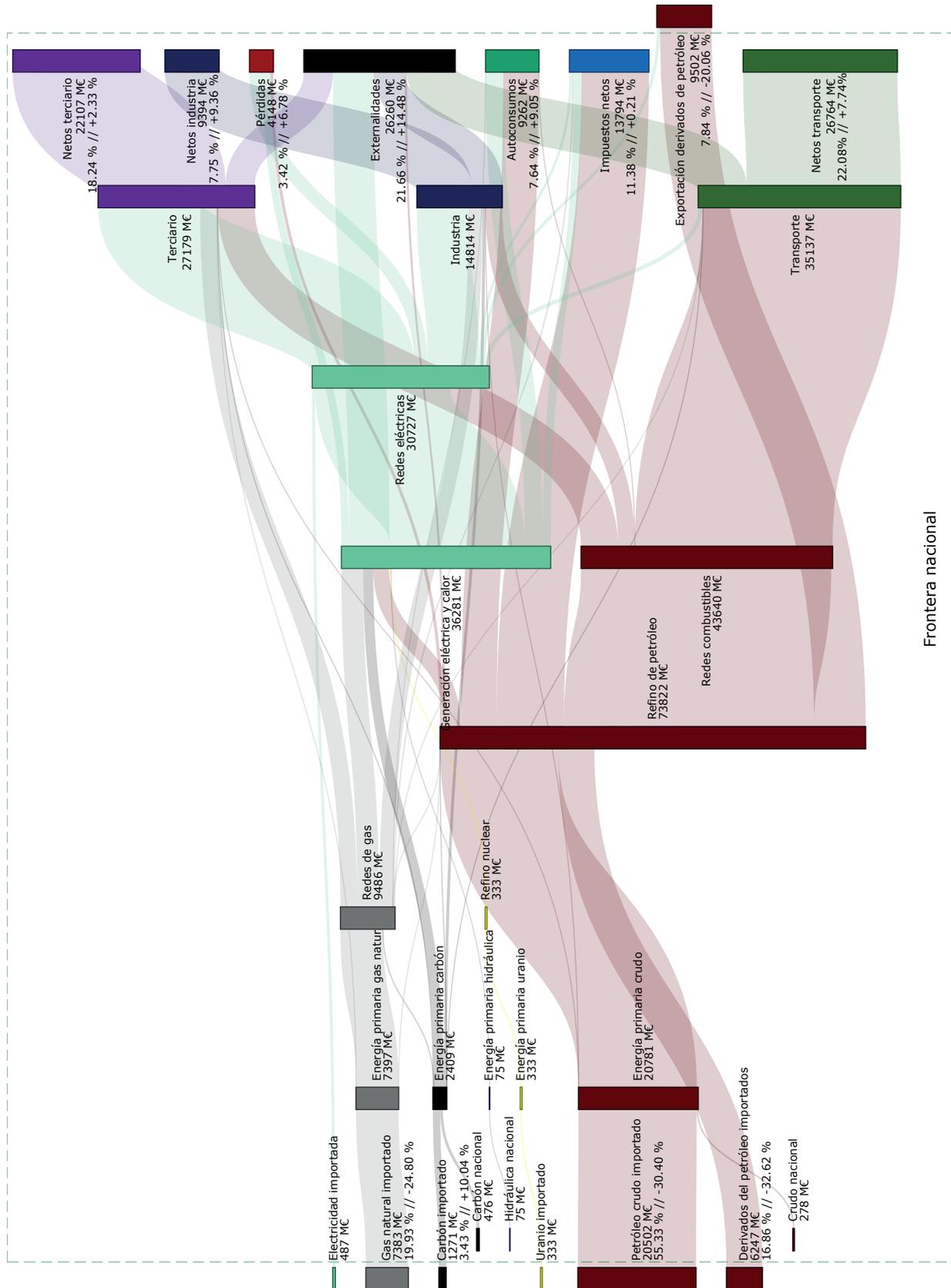
## Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2015



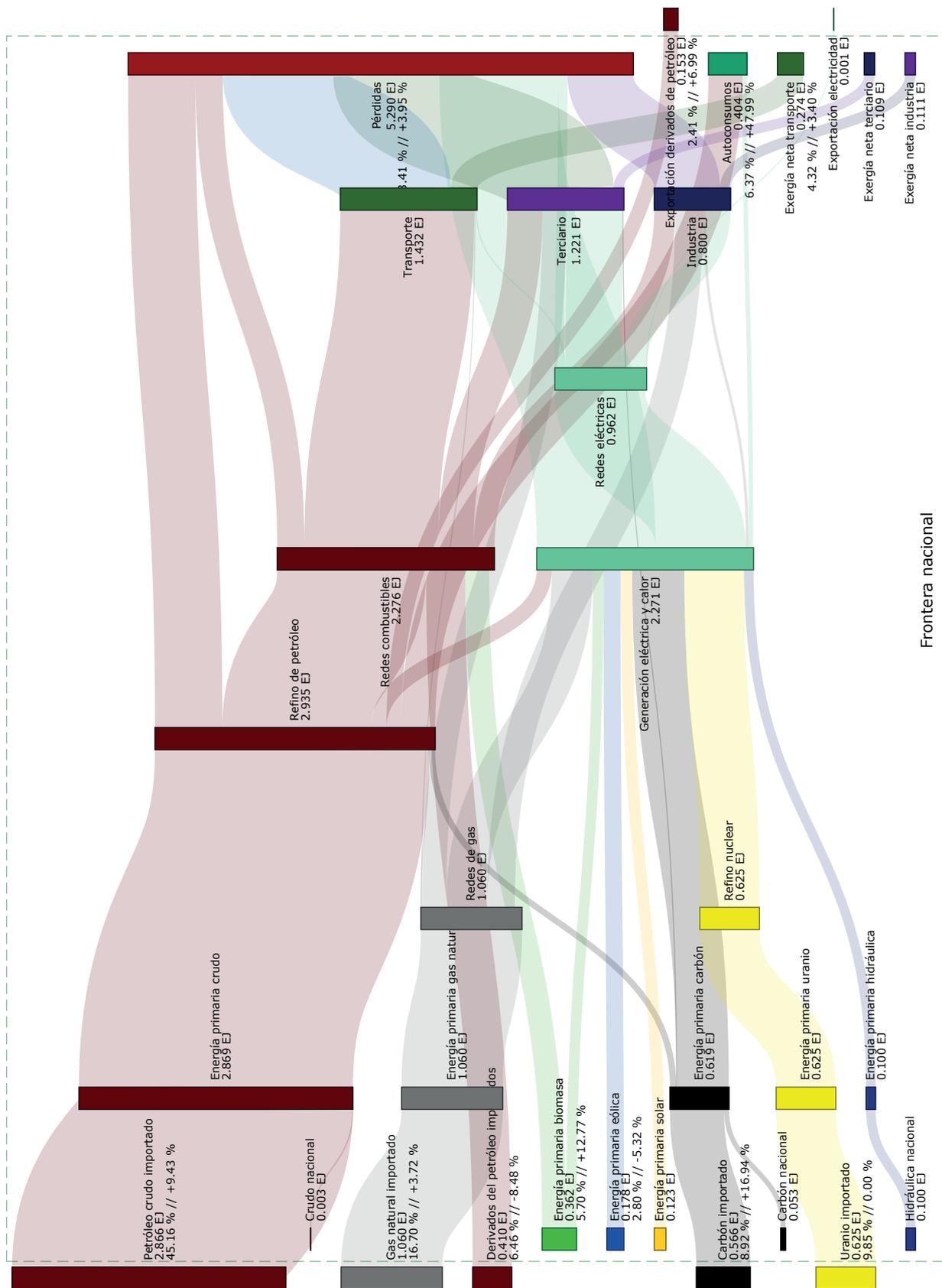
Flujos económicos en el sector energético español, 2015



## Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2015



Balance exergético en el sector energético español, 2015



## Tablas de datos

Para mantener manejable el tamaño de este documento, solamente se han presentado los datos más destacados en el texto por medio de figuras. Sin embargo, por transparencia y como referencia para el lector, también se ofrecen los datos en su totalidad. A causa de su gran volumen y con ánimo de aligerar la versión impresa de este Observatorio, y como ya venimos haciendo en anteriores ediciones, los datos completos se presentan en un anejo que está disponible en la web de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, en la siguiente dirección:

<http://www.comillas.edu/es/catedra-bp-de-energia-y-sostenibilidad/observatorio>

Las tablas incluidas en este anejo son:

- Tabla de datos de Contexto Internacional
- Tabla de datos de Contexto Nacional
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2015
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2015

Asimismo, en la misma página web es posible acceder a todos los diagramas de Sankey mostrados en este informe, en formato interactivo, con el objetivo de que cualquier persona interesada pueda profundizar más en los datos mostrados.

## Notas

### i Comentarios a la figura de Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2015:

- La generación eléctrica con tecnología hidráulica, eólica y fotovoltaica se supone con rendimientos del 100%, siguiendo el convenio de la Agencia Internacional de la Energía.
- Siguiendo el convenio de la Agencia Internacional de la Energía, la energía primaria nuclear se mide en energía térmica salida del reactor que, como en cualquier planta térmica, es muy superior a la electricidad producida. Esto hace que la cantidad de energía primaria necesaria por unidad de electricidad resulte sobreestimada y no se pueda comparar fácilmente con otras tecnologías, como, por ejemplo, la hidráulica, eólica y fotovoltaica.
- La energía primaria nuclear se supone importada al 100%.
- El sector de usos diversos comprende el sector doméstico, el sector terciario (comercio, servicios y Administraciones Públicas) y el sector primario (agricultura y pesca).
- En los autoconsumos por producción eléctrica se incluyen las pérdidas del ciclo de bombeo.
- Se ha restado de las importaciones la energía primaria dedicada a usos no energéticos (*feedstocks*).
- Sólo se supone cogeneración con gas natural, y sólo en la industria.
- La cogeneración en la industria se ha contabilizado junto a la generación eléctrica convencional, por lo que el consumo de gas natural en la industria aparece infravalorado (apareciendo un consumo de calor útil y un mayor consumo eléctrico).
- El total de energía final calculado sobre la figura (que incluye pérdidas, exportaciones y autoconsumos), no suma exactamente el 100% del total de energía primaria, como debiera. Se debe a desajustes estadísticos en los datos. Se ha optado por no corregirlos para mantener la posibilidad de comparar dicho valor con futuras ediciones de este Observatorio.

### ii Se ha observado que algunos datos de 2014 han sido actualizados en las fuentes consultadas respecto a los valores publicados en el Observatorio 2015. En estos casos, se ha optado por actualizar el valor de 2014 de tal forma que los incrementos de 2015 respecto a 2014 sean consistentes con los datos más recientes y consolidados. Es importante tener en cuenta estos posibles cambios del valor de referencia en 2014 a la hora de comparar la edición anterior del Observatorio (2015) con esta edición (2016).

### iii Comentarios a la figura de Origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español, 2015:

- El objetivo de esta figura es imputar a cada uso final las emisiones de CO<sub>2</sub> que se han producido por dicho con-

sumo, diferenciándolas por tipo de energía primaria. Así, las emisiones por procesado de combustibles en refinerías, aunque no se producen en los usos finales sino en las transformaciones (en antorchas, por ejemplo), se suman a las emisiones por uso final de forma proporcional a la energía de cada fuente usada en cada sector.

- En el presente Observatorio se agrupan biomasa y residuos. Se ha supuesto que la biomasa es toda renovable, por lo tanto no emite a lo largo de su ciclo de vida completo. Sin embargo, las emisiones de la generación eléctrica y de calor por residuos sólidos urbanos sí se han contemplado en la figura, y es por lo que el flujo conjunto de biomasa y residuos no es nulo.

### iv Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español, 2015:

- Los datos para 2014 y 2015 se basan en los valores provisionales y estimaciones de los resultados de la contabilidad nacional del Instituto Nacional de Estadística. Para realizar los repartos de gastos en energía primaria y secundaria efectuados por los sectores de transformación energéticos y de consumo final se han utilizado informaciones de la contabilidad nacional de años anteriores, de entidades del sector energético (como REE, UNESA o IDAE), del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y de aduanas, entre otros. Desgraciadamente no todos los datos son coherentes entre sí, por lo que ha sido necesario realizar algunas aproximaciones que, si bien no alteran esencialmente la figura, sí impiden utilizar los datos en cálculos que requieran precisión.
- Algunos valores absolutos de gastos del informe de este año no son directamente comparables con el informe edición 2015, porque han sido actualizados siempre que se ha encontrado alguna información adicional disponible.
- Supuestos principales de la construcción de la figura de flujos económicos:
  1. El concepto de valor añadido ampliado utilizado en el diagrama de Sankey económico incluye no sólo los factores de producción tradicionales, capital y trabajo, sino también todos los productos de origen no energético.
  2. Los valores monetarios de la demanda final para energía solar y biomasa no han sido representados por falta de datos.
  3. Solamente los flujos monetarios de energía para usos energéticos están representados en el diagrama de Sankey. Todos los costes, importaciones e ingresos del sector de refino se han multiplicado por la proporción de su uso para fines energéticos para excluir del flujo monetario la producción con fines no energéticos (datos del MINETAD).
- Sobre la obtención de las tablas de origen y destino de la contabilidad nacional:
  1. Las tablas origen y destino para el año 2015 de la economía española respetan el resultado provisional pu-

- blicado por el INE en diciembre de 2015 para la contabilidad nacional y utilizan los coeficientes técnicos de las tablas del año 2007 para desagregar los consumos intermedios e impuestos, excepto para los casos donde información adicional se encontraba disponible para algunos insumos energéticos.
2. Las tablas origen y destino para el año 2015 de la economía española respetan el resultado estimado publicado por el INE en diciembre de 2015 para la contabilidad nacional y utilizan los coeficientes técnicos de las tablas del año 2007 para desagregar los consumos intermedios e impuestos, excepto para los casos donde información adicional se encontraba disponible para algunos insumos energéticos.
- Sobre la desagregación de cuentas económicas de las estadísticas del INE.
    1. Desagregación de las actividades del sector de electricidad:
      - a. Todos los gastos energéticos del sector electricidad son atribuidos a la actividad de generación eléctrica;
      - b. La proporción de gastos (e ingresos) entre generación y gastos de red proviene de UNESA 2006;
      - c. La distribución por energía primaria del total de ingresos por venta de electricidad proviene de los datos de participación anual en la producción de las diferentes tecnologías de generación de electricidad (datos de REE);
      - d. Las pérdidas de generación y en la red provienen de los coeficientes técnicos del diagrama de Sankey energético;
      - e. El autoconsumo se imputa enteramente a la generación y su valor proviene de la estimación de los datos del INE;
      - f. Los márgenes comerciales y del transporte no se consideran;
      - g. Los impuestos netos se reparten en 75% pagos por la generación y 25 % por el transporte;
      - h. Las importaciones y exportaciones son contabilizadas enteramente en la actividad de transporte;
      - i. Se supone que todos los sectores compran la energía después del transporte, o sea, que todos los ingresos de generación provienen de transferencias hechas por el transporte después de obtenido sus ingresos totales.
    2. Desagregación de los sectores de crudo, gas natural y uranio en la contabilidad nacional:
      - a. Todos los gastos contenidos en la contabilidad nacional son atribuidos al sector de extracción de crudos, o sea, todo el uranio y gas natural son importados;
      - b. El reparto de impuestos se obtiene de la tabla de origen. El impuesto sobre el uranio es considerado nulo;
      - c. Los márgenes comerciales y del transporte no se consideran;
    3. Desagregación de los productos gas natural y uranio en la contabilidad nacional:
      - a. El coste total del enriquecimiento de uranio corresponde al coste de importación del uranio añadido de su valor añadido. El valor añadido es estimado por la diferencia de los pagos entre su único comprador, el sector eléctrico (datos de UNESA, 2006) y sus importaciones.
      - b. Todos los ingresos adicionales pertenecen a actividad del gas natural.
    4. Desagregación de los sectores refinerías y enriquecimiento de uranio en la contabilidad nacional:
      - a. Todos los gastos, excepto la importación de uranio, son atribuidos al sector de refino;
      - b. Los impuestos son considerados en su totalidad pagos hechos por el sector de refino;
      - c. Todos los ingresos, excepto la compra de uranio enriquecido por el sector eléctrico, son atribuidos al sector de refino.
    5. Importaciones y exportaciones:
      - a. Todos los datos de importaciones y exportaciones se obtienen de las estadísticas de comercio exterior de Aduanas;
    6. Reparto final de transporte:

La contabilidad nacional presenta agregado el uso de combustibles para transporte y otros usos no locomotores (los gastos de transporte hechos por el sector de industria se contabilizan en la contabilidad nacional dentro del sector industria, pero en el caso del diagrama de Sankey estos gastos pertenecen al sector del transporte). Para efectuar esta desagregación, la demanda final del sector de transporte, de usos diversos y de la industria se han redistribuido ex post según datos del MINETAD.
- v Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español incluyendo externalidades, 2015:**
1. Los datos se basan en la figura de flujos económicos, compartiendo las limitaciones del mismo.
  2. La fuente de datos para las emisiones de CO<sub>2</sub> es el inventario UNFCCC-GHG, publicado en la base CDR en la portal de la Unión Europea EIONET;
  3. La fuente principal de los datos restantes es el inventario CLTRAP-EMEP publicado en la ya citada base de datos CDR;

4. El coste externo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha tomado del trabajo publicado en 2009 por Richard Tol titulado "The Economic Effects of Climate Change". Una actualización de este trabajo no afecta la figura utilizada.

Tol, R. S. J. (2009). The economic effects of climate change. *The Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29–51.

Tol, R. S. J. (2013). The Economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29–51.

5. El coste externo de las emisiones de otros contaminantes distintos del CO<sub>2</sub> se tomado de un libro publicado en 2014 por el Fondo Monetario Internacional, cuya referencia se proporciona a continuación. Debido al cambio de

frente respecto a años anteriores, los datos mostrados en el diagrama de Sankey incluyendo externalidades no son directamente comparables a los incluidos en ediciones anteriores de este Observatorio. En el caso del SO<sub>2</sub> se ha pasado de 8.000\$/t a 18.000\$/t, en el de NO<sub>x</sub> de 10.500\$/t a 14.000\$/t, y en el caso de las partículas, se han sustituido las PM<sub>10</sub> por las PM<sub>2,5</sub>, pasando de un coste de 8.000\$/t a uno de 22.000\$/t.

Ian Parry, Dirk Heine, Eliza Lis, and Shanjun Li. (2016). *Getting Energy Prices Right: From Principle to Practice*. Editado por el Fondo Monetario Internacional. ISBN: 9781484388570.



## Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

30 de marzo de 2017