

CÁTEDRA
BP DE ENERGÍA
Y SOSTENIBILIDAD



Observatorio de Energía y Sostenibilidad en
España

Informe basado en indicadores

Edición 2018

Observatorio de Energía y Sostenibilidad

Edición 2018

Equipo de redacción

José Bellver, Rafael Cossent, Pedro Linares, José Carlos Romero

Agradecimientos

Los autores del informe agradecen la colaboración del Ministerio para la Transición Ecológica 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	8
Indicadores energéticos en 2017	9
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2017	14
Origen de las emisiones de CO ₂ en el sector energético español, 2017	14
Flujos económicos en el sector energético español, 2017.....	14
Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2017	15
Balance exergético en el sector energético español, 2017	15
Tablas de datos.....	21
Notas.....	22

Prólogo del Director de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad

La Política Energética en España en 2018

El año 2018 supuso un cambio de orientación muy importante en la política energético-ambiental en España, en principio positivo para la sostenibilidad. Sin embargo, la escasez de tiempo legislativo (no sólo en 2018, sino también en 2019 con la disolución de las Cortes en marzo) hace que todavía debamos esperar para confirmar en qué se materializa este cambio de orientación, más allá de lo planteado en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima que se comenta más adelante.

En el contexto global, el año 2018 supuso, por un lado, la continuación de los trabajos para la implantación práctica del Acuerdo de París, y por otro, la intensificación de los mensajes acerca de la urgencia de luchar contra el cambio climático, con la publicación del informe especial del IPCC sobre los costes y beneficios de mantener el calentamiento global por debajo de 1,5°C sobre los niveles preindustriales. Este informe, que tuvo gran repercusión mediática, señala claramente el mayor riesgo que supone el superar 1,5°C sobre los niveles preindustriales, en especial para los países más vulnerables (que son generalmente los más pobres). Aunque, por otra parte, no superar este nivel de calentamiento requerirá acciones muy ambiciosas para llegar a la neutralidad climática en 2040, una transformación de una magnitud para la que, como señala el informe, no hay precedentes históricos.

La COP24 de Katowice fue una reunión eminentemente técnica, en la que se acordaron mecanismos de gran importancia para el seguimiento del Acuerdo de París, como son los relacionados con la medición y la comunicación de los esfuerzos de reducción. En el ámbito político fue particularmente reseñable la Declaración de Silesia, en la que se enfatizó la necesidad de que la transición climática sea justa para los trabajadores. Sin embargo, y a pesar de un contexto de demanda creciente, se dejó para futuras conferencias la posibilidad de aumentar el nivel de ambición en línea con lo planteado en el Informe Especial del IPCC sobre 1,5°C.

En Europa, el ciclo de la actual Comisión Europea, que se renueva en 2019, culminó con la publicación en noviembre de la estrategia 2050, con la que pretende alcanzar la neutralidad climática para ese año y que por tanto trata de alinearse más con el informe del IPCC. En junio ya se había aprobado la nueva Directiva sobre eficiencia en edificios, y en diciembre se aprobaron las nuevas Directivas Europeas de Energías Renovables (con un objetivo del 32% para 2030) y de Eficiencia Energética (con un objetivo del 32,5% para 2030), así como el reglamento de Gobernanza. Finalmente, en diciembre también se alcanzó un acuerdo político relativo al resto de elementos del Paquete de Energía Limpia pendientes de aprobación definitiva, entre los que cabe destacar la Directiva sobre mercado interior de electricidad y la nueva regulación sobre mercado eléctrico.

España, a partir del cambio de Gobierno que tuvo lugar en junio de 2018, y del nombramiento de Teresa Ribera como Ministra para la Transición Ecológica, se ha alineado claramente, incluso mostrando un claro liderazgo en algunos aspectos como el del



Pedro Linares



Rafael Cossent

objetivo europeo de renovables, con esta visión, como comentaremos posteriormente.

El año 2018 comenzó sin embargo en la línea del anterior, con la estrategia del anterior Gobierno de tratar de evitar el cierre del carbón y la nuclear (sobre el que ya opinamos en la edición del año pasado), y también con anuncios de recorte a la rentabilidad razonable de las energías renovables.

En abril se publicó el informe de la Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética, en el que se planteaban objetivos ambiciosos de penetración de energías renovables, pero más conservadores en términos de reducción de emisiones de CO₂. En todo caso, y más allá de los escenarios en sí mismos, que no deberían considerarse más que ejemplos, el informe visibilizó un grado de consenso muy significativo entre las distintas sensibilidades incluidas en el comité, un consenso que debería ser clave para la construcción de cualquier estrategia energética y climática a largo plazo. Consenso en la necesidad de dar las señales económicas adecuadas a los agentes; sobre la importancia de contar con un mercado eléctrico bien diseñado, en el que participen en igualdad de condiciones oferta y demanda; sobre las políticas necesarias para lograr una movilidad sostenible y un ahorro energético significativo en los edificios y la industria; sobre la obligación de prestar el cuidado necesario a los sectores y consumidores vulnerables; o sobre la necesidad de contar con grupos de expertos independientes que evalúen la transición.

Y en junio, como ya mencionamos, se produjo el cambio de Gobierno. En septiembre la Ministra avanzó sus prioridades, y, a partir de octubre, desgraciadamente por la vía de Real Decreto, se comenzó a materializar este cambio de dirección. En primer lugar, con el Real Decreto-Ley 15/2018 de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Este RDL contiene muchas medidas positivas, como la prohibición de la contratación puerta a puerta de la electricidad y el gas, la flexibilización de la contratación de potencia, la eliminación de la figura del gestor de cargas para facilitar el desarrollo de los vehículos eléctricos, la definición del bono social térmico, o algunas mejoras en el tratamiento de la pobreza energética. Sin embargo, los elementos más mediáticos, pero también más controvertidos, fueron la eliminación de los peajes al autoconsumo, el reconocimiento del autoconsumo compartido, y la eliminación temporal del impuesto del 7% a la producción eléctrica y del impuesto de hidrocarburos a las centrales de gas natural, estos últimos para tratar de reducir el precio de la electricidad,

presionado al alza por la subida del precio de los combustibles y la importante subida del precio del CO₂ en el sistema europeo de comercio de emisiones, que por primera vez en años superó la barrera de los 20€/tCO₂.

Sobre la eliminación de los peajes al autoconsumo (de los que de hecho en la norma anterior ya estaban exentas las instalaciones inferiores a 10 kW), creemos que lo más conveniente es recordar lo que ya planteaba (por unanimidad) la Comisión de Expertos: que la mejor forma de tratar este tema, y de evitar los subsidios cruzados entre consumidores, es establecer una metodología correcta de cálculo y diseño de tarifas eléctricas, ahora ya desglosadas en peajes de red y cargos regulados. En este sentido, la devolución a la CNMC de las competencias para elaborar esta metodología de peajes de acceso a las redes, que tuvo lugar finalmente en 2019 mediante la aprobación del RDL 1/2019, es un paso más que bienvenido y esencial para contar con un marco sólido y eficiente. Sin embargo, y en tanto las tarifas se mantengan con el diseño actual, pueden seguir producirse ineficiencias en el sistema, al estar desalineados los incentivos de los consumidores y los del sistema.

En lo que respecta a la eliminación temporal de impuestos a la generación eléctrica, hay que recordar que esto supone únicamente una transferencia de los consumidores a los contribuyentes, y que la verdadera tarea de lograr precios más competitivos debería incluir otras medidas estructurales, para las que seguramente no ha habido tiempo suficiente.

Ya en el mes de diciembre, se aprobó el RDL 20/2018 para el impulso de la competitividad de la industria y el comercio en España, que incluye medidas para la reducción de los costes energéticos de la gran industria. Las principales novedades que introdujo este RDL son la creación de un Estatuto de Consumidores Electroativos, cuyos titulares podrán optar a ayudas para reducir su factura energética a cambio de un compromiso de mantener la actividad económica y el empleo, o la trasposición a la legislación nacional de las redes de distribución cerradas, ya habituales en otros países europeos. Ambas medidas han de desarrollarse reglamentariamente en un plazo de seis meses, si bien el Gobierno únicamente se ha comprometido a completar la primera de ellas antes de las elecciones generales del 28 de abril.

En los primeros meses de 2019 se ha mantenido la intensa actividad legislativa relativa al sector energético, fundamentalmente con objeto de avanzar en el desarrollo normativo y reglamentario de varios de los temas tratados en los reales decretos ley anteriores, incluyendo la Estrategia de transición justa, ya aprobada en el mes de febrero, la Estrategia de pobreza energética o el proyecto de Real Decreto de autoconsumo, respecto a los cuales el Gobierno ha manifestado su intención de aprobarlos antes de las elecciones generales.

Finalmente, no podemos no mencionar los trabajos que tuvieron lugar durante 2018 para la elaboración del Anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética y del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, trabajos que concluyeron en febrero de 2019 con la apertura de su consulta pública. Aunque evidentemente no hay espacio en esta reseña para comentar en detalle estos documentos, y además, en el caso del Anteproyecto

de Ley, la disolución de las Cortes hace imposible su tramitación parlamentaria, sí creemos necesario subrayar la importancia de contar con estos dos documentos, como base imprescindible para avanzar en la transición energética, y por tanto debemos felicitar al actual Gobierno por su publicación, y animar al futuro Gobierno a continuar buscando el consenso y el interés general en la versión definitiva de los dos documentos.

A este respecto, y como contribución desde la Cátedra, puede ser de interés recordar que el año pasado proponíamos algunos aspectos que, en nuestra opinión, debiera incluir una Ley de Cambio Climático y Transición Energética: unos objetivos claros y consensuados de largo plazo, un precio para el CO₂, estándares de edificación o transporte, diseño apropiado de los mercados energéticos, una estrategia de innovación energética, políticas educativas, medidas de promoción de la economía circular, políticas para asegurar una transición justa, y estrategias de adaptación al cambio climático. También considerábamos conveniente la creación de una comisión independiente inspirada en el Comité de Cambio climático británico. El Anteproyecto de Ley incluye algunos de estos elementos, pero no otros como el precio para el CO₂ o el comité de supervisión. Ojalá que puedan ser incluidos en la Ley definitiva.

Respecto al Plan Integrado, quizá lo más llamativo es el nivel de ambición del mismo en lo que respecta a reducción de emisiones de CO₂, penetración de renovables, y de vehículos eléctricos a 2030. Desde la Cátedra compartimos la necesidad de ser ambiciosos en los objetivos de reducción de emisiones, pero también la importancia de adecuar esta reducción con los objetivos de neutralidad climática a 2050, y con una senda de despliegue tecnológico que permita minimizar los costes para el consumidor final de energía, como un elemento igual de importante para la sostenibilidad.

Confiamos en que, en nuestra próxima edición, podamos dar una valoración muy positiva de estos dos documentos, ojalá ya finalmente aprobados para entonces.




El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Presentación

Es una satisfacción para la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad presentar la duodécima 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.

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 recomendaciones 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 CO₂ 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 CO₂, 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>).

Este año se presenta además una novedad: hemos elaborado un escenario contrafactual, que nos permite estimar los consumos de energía y emisiones que hubieran tenido lugar con un año hidrológico y meteorológico medio. Dada la gran importancia de la producción hidráulica en el sistema energético español, consideramos que el poder analizar la evolución de los indicadores independientemente de elementos no controlables aporta información de gran interés.

Finalmente, hay que señalar que este informe 2018 recoge en sus tablas y figuras los datos correspondientes al año 2017, 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 2017. En el caso de algunos indicadores internacionales la serie solamente alcanza hasta 2016..

Indicadores energéticos en 2017

El consumo de energía primaria global creció un 1,9% entre 2016 y 2017, en línea con lo sucedido los últimos años. En el mismo período, el consumo de energía primaria en la UE-15 creció un 0,9%, valor similar al del año anterior, que apuntala la tendencia creciente. En España el incremento observado fue del 3,2%. Entre los años 2016 y 2017, la fracción de la energía primaria mundial que se consume en la OCDE ha seguido descendiendo, situándose en torno al 41,5% a finales de 2017. Asimismo, el consumo de energía primaria en España se situaría a niveles similares, aunque todavía algo inferiores, a los de 2008, al comienzo de la crisis económica.

El consumo de energía primaria per cápita en el mundo creció ligeramente entre 2016 y 2017, incluso en los países desarrollados, donde había descendido en años anteriores. Por ejemplo, el consumo per cápita aumentó un 0,37% en la OCDE y un 0,57% en la UE-15. El incremento de este indicador en España fue aún mayor (1,41%).

En cuanto a la intensidad energética primaria, se observa una reducción entre 2016 y 2017 en la media mundial (1,8%) y en los países de la OCDE (1,5%). La tendencia a la baja fue similar en el área UE-15, con un descenso del 1,3%, y en España, con una bajada del 1,4%.

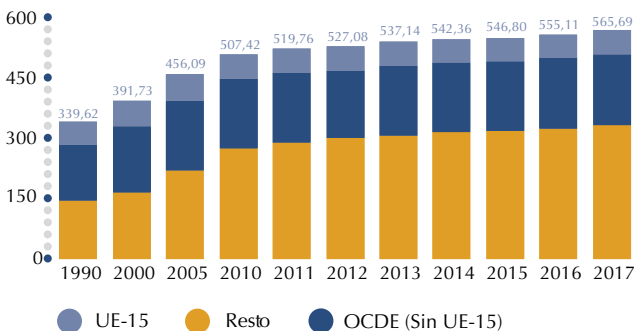
El hecho de que el descenso de la intensidad energética primaria en España fuera superior al de la UE-15 en el año 2017 permitió

reducir la brecha existente entre España y el resto de los países europeos, como ya había ocurrido en los dos últimos años, aunque seguimos por encima de la media UE-15. Entre los años 2000 y 2017, la intensidad energética primaria en la UE-15 se redujo en más de un 23% mientras que en España lo hizo en apenas un 18,5% (medida en euros constantes de 2010).

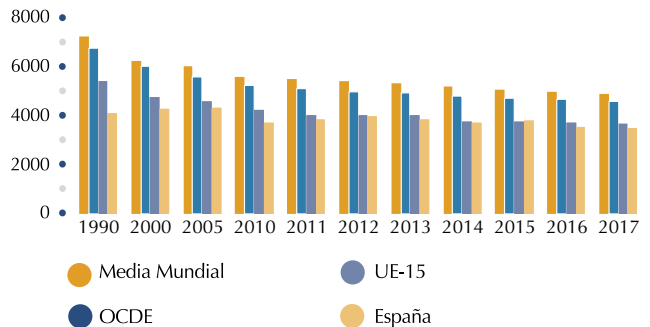
En relación al consumo de energía final, este indicador creció un 1,9% en 2017 respecto a 2016, manteniéndose pese a ello más de un 13% por debajo del consumo de energía final observado en 2008. Por tanto, en el año 2017 en España ha crecido tanto el consumo de energía primaria como el de energía final, siendo mayor el primero. No obstante, han descendido tanto la intensidad energética primaria (1,4%) como la intensidad energética final (1,15%).

Este crecimiento significativamente menor de la energía final en comparación con el de la energía primaria se explica en parte por los cambios observados en la matriz energética primaria. Todos los combustibles fósiles experimentaron aumentos significativos, incluyendo el carbón (22,4%), el gas natural (8,8%), y el petróleo (3,1%). En cambio, descendieron respecto a 2016 la energía nuclear (0,9%) y el conjunto de las energías renovables (10,5%). La causa del descenso de las renovables es la gran caída en el consumo de energía hidráulica (48,4%) y la biomasa (11,3%), cuyo impacto no se vio compensado por el incremento del consumo de otras fuentes renovables como eólica, solar o biocarburantes.

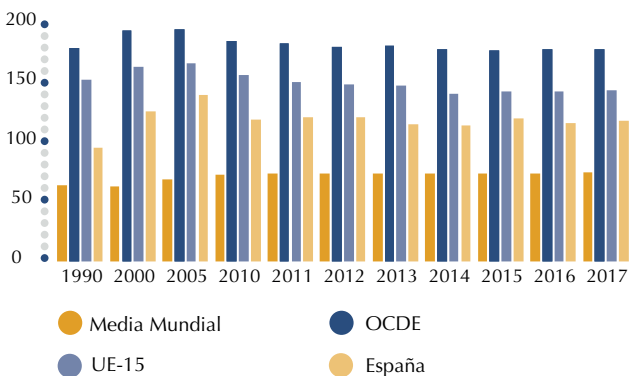
Consumo Total de Energía Primaria EJ



Intensidad energética primaria GJ/Millón \$ Constantes 2011 PPA

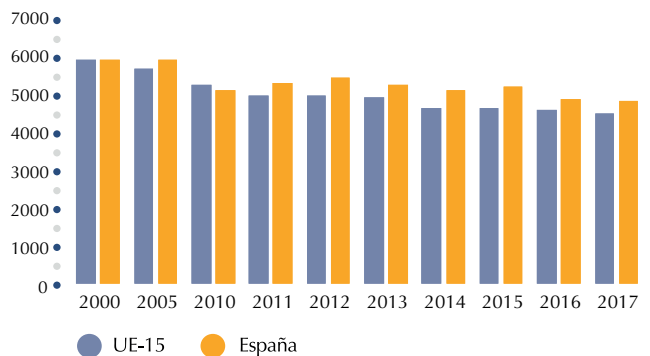


Consumo de Energía Primaria per Cápita GJ/hab



Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética

GJ/Millón € constantes 2010



Las energías renovables tuvieron un peso del 10,3% en el mix primario y de aproximadamente el 33% sobre la producción de electricidad en 2017, siendo ambos porcentajes sensiblemente inferiores a los de 2016 (12% y 40% respectivamente). La mayor contribución sigue correspondiendo a biomasa y eólica, reduciéndose la diferencia entre ambas debido a que la biomasa (excluyendo biocarburantes) descendió más de un 11%. Asimismo, la energía solar, con un crecimiento del 5,5%, supera a la energía hidráulica en gran medida por la fuerte caída de esta última (48,4%).

Si el año 2017 hubiera sido un año hidrológico y climatológico medio, esto se hubiera traducido en un consumo de energía primaria un 0,7% inferior, esencialmente debido a la sustitución de carbón por hidráulica en el mix primario, y un consumo de energía final prácticamente idéntico, con un aumento del 0,05%. Este aumento se debe principalmente al efecto de la temperatura sobre la demanda térmica, que se redujo un 0,4% debido a que 2017 fue un año más cálido que la media.

En este escenario contrafactual, las energías renovables habrían aumentado su participación en usos finales de un 0,45%, y un 1,6% en generación eléctrica. A la hora de analizar esta comparación, es importante tener en cuenta que, mientras que el año 2017 fue especialmente pobre en aportación hidráulica, en el año 2016 ocurrió exactamente lo contrario; es decir, este año presentó una hidraulicidad muy superior a la media. Por este

motivo, se aprecian grandes cambios al comparar 2017 y 2016, mientras que las comparaciones entre el 2017 real y el escenario contrafactual muestran variaciones sensiblemente menores.

En relación a los flujos energéticos, se produjo un aumento significativo tanto de las importaciones como de las exportaciones, siendo más notable el segundo. Las importaciones totales crecieron un 5,3%, impulsadas por un ascenso generalizado en la importación de combustibles fósiles. Las importaciones de crudo crecieron ligeramente (2,8%), mientras que las de carbón crecieron un 19,9%, las de derivados un 9,2%, y las de gas natural casi un 9%. Pese al fuerte incremento en las importaciones de carbón, el peso de las importaciones de carbón sobre el total del consumo de energía primaria correspondiente al carbón bajó del 89% en 2016 al 87% en 2017.

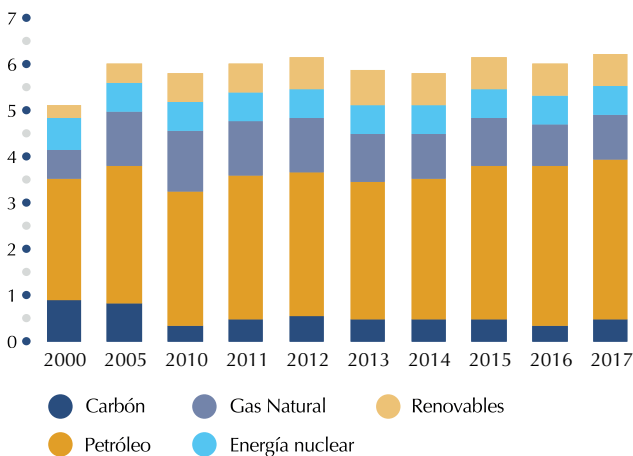
Estos cambios se debieron esencialmente al ascenso de la producción eléctrica en centrales térmicas de carbón de más de un 25%, principalmente debido a la baja hidraulicidad. Por el contrario, la subida de las importaciones de derivados se debió principalmente al incremento de las exportaciones de productos derivados. En relación con este último punto, las exportaciones totales de energía primaria aumentaron en un 15,3% debido principalmente a un aumento del 15,1% en las exportaciones de productos derivados del petróleo. El hecho de que las importaciones de productos derivados del petróleo crecieran a una tasa menor que las exportaciones, mientras que el consumo final se mantuviera prácticamente constante, indica que el sector del refino incrementó su actividad en 2017.

En su conjunto, la dependencia energética de España respecto del exterior no muestra signos de mejoría y alcanza el 88%. Un año hidrológico y climatológico medio hubiera resultado en una mejora de la dependencia energética del 0,5%, algo mejor, pero aún muy por encima de la media europea.

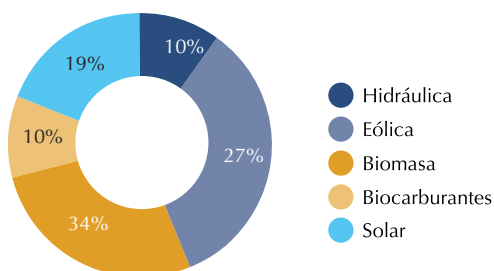
En cuanto al análisis sectorial, cabe destacar que el sector del transporte ha experimentado cambios relevantes en 2017. El transporte de mercancías en su conjunto aumentó un 7,7%, fundamentalmente por un crecimiento del transporte de mercancías por carretera del 8,5%. Este modo de transporte aún representa más del 92% del total del transporte de mercancías.

Por el contrario, el transporte de pasajeros en 2017 descendió un 3,2% respecto a 2016. Pese al aumento en el transporte de

Consumo de Energía Primaria en España EJ

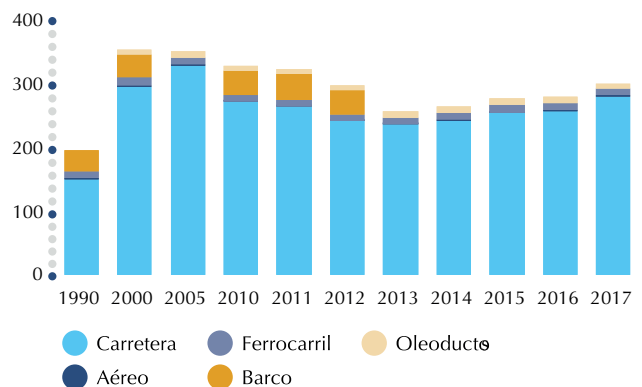


Composición de Energías Renovables en Energía Primaria



Movilidad interior de mercancías en España

Miles de millones de t-km



pasajeros por avión (2,8%) y por tren (3,2%), se produjo un notable descenso en el transporte por carretera (3,7%). No obstante, el transporte de personas por carretera sigue representando casi el 89% del total. El transporte sigue siendo el sector que más energía consume (casi el 21% del consumo total de energía primaria o en torno al 39% de la energía final) y el que más emisiones de CO₂ causa (cerca del 25% del total de emisiones y casi el 46% 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 CO₂ aumentaron en el año 2016 un 0,12% respecto a 2015¹, manteniéndose por encima de los 32 mil millones de toneladas. En cambio, en el conjunto de los países de la OCDE las emisiones descendieron un 0,5%, siendo el descenso de las emisiones mayor en la UE-15 (1,02%) que en el resto de los países de la OCDE (0,34%). Respecto al año 2000, las emisiones de CO₂ por uso de energía han subido globalmen-

te un 39%, mientras que en los países desarrollados éstas han disminuido (7% en la OCDE y 17,6% en la UE-15).

En 2016, las emisiones de CO₂ per cápita en los países OCDE (8,97 tCO₂/habitante) y el nivel medio global (4,34 tCO₂/habitante) continuaron en proceso de convergencia. Las emisiones en la UE-15 y España se situaron entre esos dos valores (6,26 y 6,22 tCO₂/habitante respectivamente).

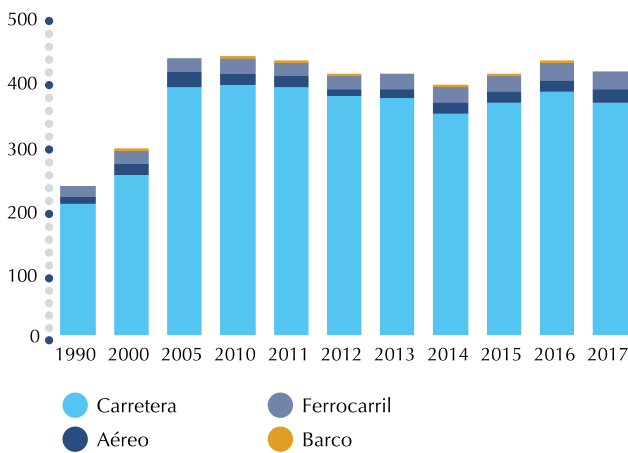
Globalmente, en 2016 la reducción de la intensidad de las emisiones (emisiones/PIB) ha sido superior al 3%. En el mismo período, la reducción de este indicador ha sido similar en el conjunto de la OCDE y la UE-15 (2,3% y 2,8% respectivamente), mientras que en España se produjo un aumento del 3,2%.

Analizando el caso español en el año 2017 en mayor detalle, las emisiones de CO₂ imputables al consumo de energía primaria (neto de exportaciones) aumentaron en un 4,1%, situándose en torno a los 300 millones de toneladas. Las emisiones per cápita aumentaron igualmente en 2017 en un 3,8%, mientras que la intensidad de las emisiones (por unidad de PIB) en 2017 aumentó un 1%. En definitiva, puede decirse que el sector energético español experimentó un deterioro en todos sus indicadores de emisiones en el año 2017.

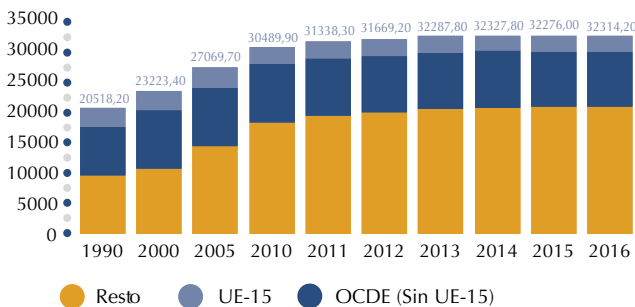
Las emisiones de CO₂ asociadas a energía primaria en 2017, sin descontar las exportaciones, crecieron respecto a 2016 un 5,7%,

Movilidad interior de viajeros en España

Miles de millones de viajeros-km

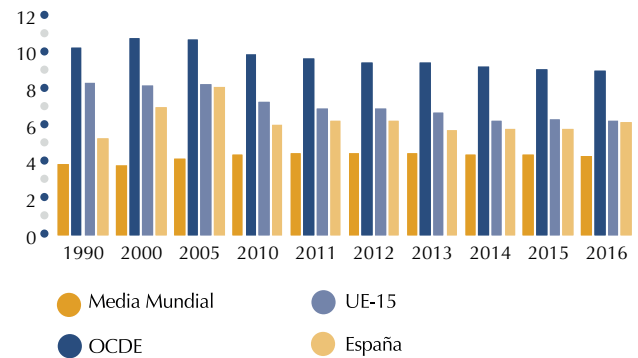


Emisiones de Mt CO₂



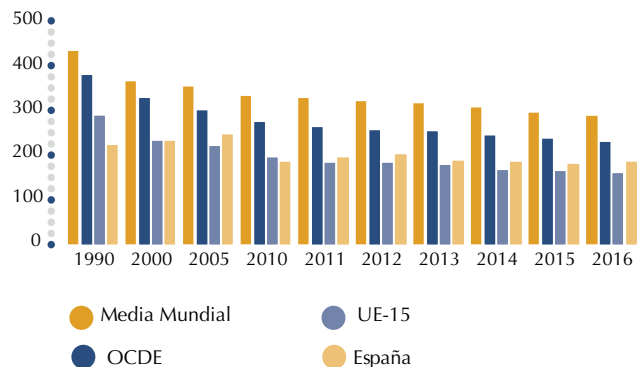
1 Los últimos datos de emisiones de CO₂ a nivel mundial disponibles en el momento de escribir este Observatorio son los del año 2016. El caso español en 2017 se discute en mayor detalle más adelante.

Emisiones de CO₂ per Cápita t CO₂/Hab



Emisiones de CO₂ por PIB - Intensidad de Emisiones

t CO₂/millón \$ constantes 2005 PPA



debido fundamentalmente al fuerte aumento del uso de carbón y de otros combustibles fósiles, así como al aumento del consumo de energía final y las exportaciones.

De nuevo, si el año 2017 hubiera sido climatológicamente medio, las emisiones se habrían reducido respecto a lo que realmente ocurrió. Esta reducción sería de aproximadamente 4,5Mt, que podrían ser consideradas como consecuencia de factores no controlables.

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.

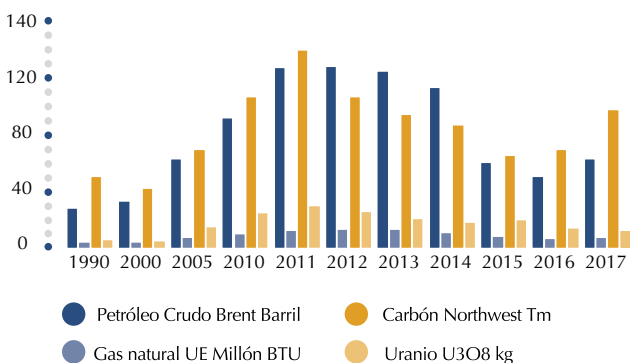
De hecho, en el año 2017, al contrario que en los años anteriores, aumentó significativamente la factura energética española. Más concretamente, los gastos directos en energía primaria crecieron en 2017 un 53% con respecto a 2016. Esta subida está principalmente causada por el aumento del consumo energético, y el ascenso prácticamente generalizado de los precios finales de la energía ocurrido entre 2016 y 2017.

Este aumento de los precios ha tenido un impacto generalmente negativo sobre el valor añadido del sector energético español. No obstante, el subsector del refino es uno de los que mejor ha soportado esta situación gracias a las exportaciones. En 2017 el gasto final en derivados del petróleo en todos los sectores finales, neto de exportaciones, aumentó un significativo 25%, mientras que el gasto en inputs en el refino creció un 62%. No obstante, gracias al notable incremento del valor de las exportaciones de productos derivados, el subsector de refino de petróleo aumentó su valor añadido más de un 6% en 2017.

El precio del barril de crudo Brent creció casi un 24%, el gas natural en el mercado europeo (tomando el mercado alemán como referencia) subió casi un 14% hasta los 5,6US\$ por millón de BTU, y el precio medio de la tonelada de carbón (84,5US\$) aumentó más de un 40%. Es de destacar la diferencia con el precio del gas natural en EE.UU., donde el precio medio del Henry Hub durante 2017 fue significativamente menor (2,96US\$/Millón BTU); o con el de en Japón, donde el precio medio del gas natural licuado fue sensiblemente mayor (8,1US\$/Millón BTU).

Precios de los recursos energéticos

Dólares corrientes por unidades respectivas



Este ascenso (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, mientras que en España se produjo un aumento algo inferior al del resto de Europa. Pese a esto, en 2017 el promedio de los precios finales en España continuó siendo más elevado que en el resto de países de la OCDE y en Europa.

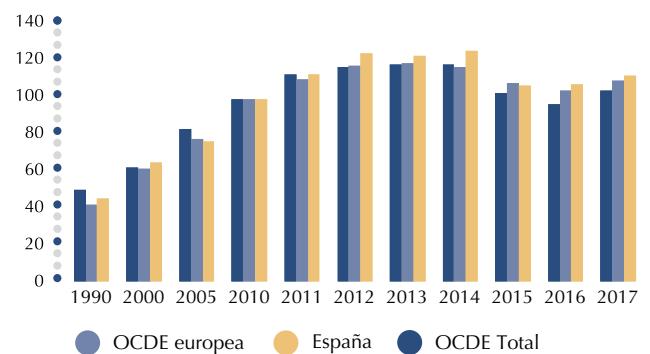
Tras el descenso del año anterior, los precios finales de la electricidad para el sector residencial se mantuvieron prácticamente constantes, con un aumento menor del 0,1% entre 2016 y 2017 en España. En la UE-28, en cambio, se produjo un descenso del 4,6%. Los precios de la electricidad para los consumidores industriales continuaron bajando, con caídas de más del 1,4% en España y del 3,6% en la UE-28.

Respecto a los precios del gas, en 2017 continuó con el descenso generalizado de años anteriores en la UE-28, con caídas del 4,4% y 6,8% para los sectores residencial e industrial respectivamente. Sin embargo, los precios del gas para los consumidores domésticos en España descendieron muy ligeramente, tan sólo el 0,2%, mientras que el precio del gas para los consumidores industriales esta vez creció un 4,6%.

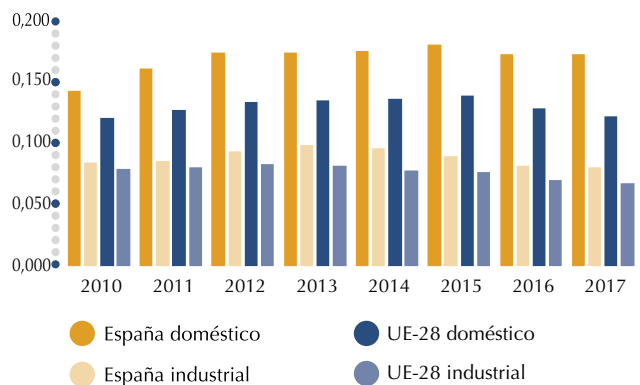
Los precios de los derivados de petróleo en España crecieron en línea con el ascenso de los precios internacionales del crudo

Índice de precios "Total Energy" real de la IEA

Valor relativo, base 100



Precios de la Electricidad € corrientes/kWh sin impuestos



pero se mantienen por debajo de la media de UE-28, fundamentalmente por la menor fiscalidad española.

El precio promedio del CO₂ en el marco de referencia del European Trading Scheme (ETS), experimentó un ascenso desde los 5,35€/t, hasta los 5,83€/t en 2017, manteniéndose aún muy lejos de los valores históricos 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 más de un 47% cuando se descuentan los costes externos debidos a la contaminación por CO₂, SO₂, NO_x y partículas. El subsector que más costes externos genera es el del transporte, cuyas externalidades crecieron un 2% respecto a 2016. Asimismo, las externalidades del sector eléctrico aumentaron un significativo 6% respecto a 2016 debido principalmente al mayor peso del carbón y el gas natural en la producción de electricidad.

Asimismo, pese a que fueron los que experimentaron un menor crecimiento, la gran mayoría de los costes externos provinieron de los contaminantes tradicionales (SO₂ y NO_x). Otra cuestión son las consecuencias a largo plazo de las emisiones: los contaminantes tradicionales tienen una vida mucho menor, y por tanto las mejo-

ras 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 CO₂.

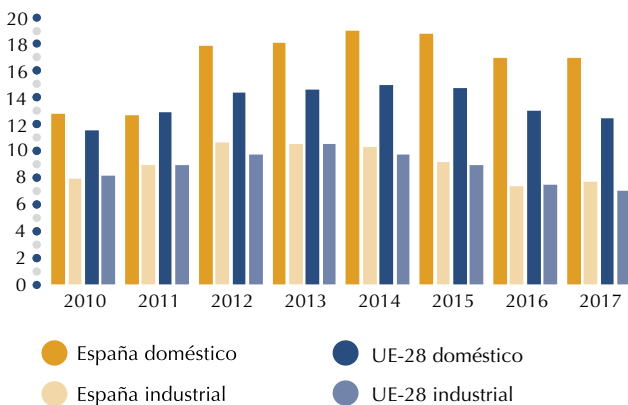
En último lugar, analizando los flujos exergéticos correspondientes al sector energético español en 2017, resulta interesante evaluar el efecto sobre los usos finales. En 2017, tan solo un 14% del total de la exergía que llegó a los tres sectores de usos finales resultó en trabajo útil. Si se desagrega 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 18%. 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 el año 2017 el sistema energético español ha mostrado una evolución, desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, claramente negativa respecto al año 2016. A pesar del descenso de la intensidad energética, han crecido la demanda de energía primaria y final, y han aumentado las emisiones de CO₂ y la intensidad de las emisiones. Asimismo, ha aumentado muy significativamente la factura energética, debido al aumento de la demanda, a los cambios en el mix primario, y al aumento generalizado de los precios de los combustibles. Por último, la dependencia energética del exterior se mantiene en niveles muy elevados.

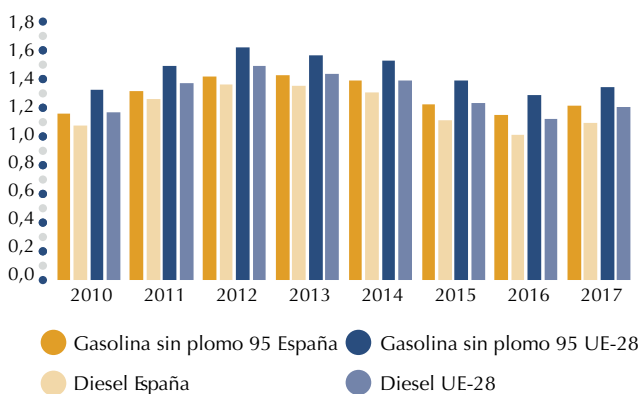
En conclusión, como se ha mencionado anteriormente, el año 2017 ha sido un año muy negativo desde el punto de vista de la sostenibilidad energética. Parece claro que la mejora en los indicadores que describía este observatorio el año pasado se debía, como ya decíamos en nuestro informe, principalmente a un factor coyuntural como es la hidraulicidad, y no a mejoras genuinas en la sostenibilidad del sistema energético español. No obstante, ha de tenerse en cuenta que el deterioro en los indicadores de sostenibilidad observado en 2017 se debe en gran medida al efecto contrario, esto es, al importante descenso de la contribución de la energía hidráulica a la generación de electricidad.

En cualquier caso, el crecimiento de la actividad económica ha traído nuevamente consigo un crecimiento de la demanda energética, la intensidad energética y las emisiones de CO₂. Asimismo, el aumento de los precios de los combustibles incrementa el riesgo para la seguridad de suministro de nuestro país. Por lo tanto, España sigue teniendo una tarea pendiente en la apuesta por una mayor contribución de las energías renovables y, sobre todo, por el ahorro y la eficiencia energética.

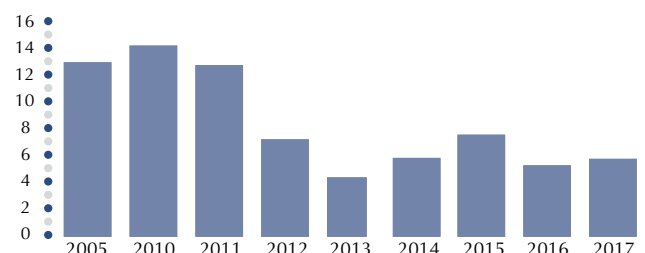
Precios del Gas Natural € corrientes/GJ sin impuestos



Precios de los Carburantes corrientes/l con impuestos



Precio medio ponderado anual del CO₂ en Europa €/tCO₂



Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2017ⁱ⁻ⁱⁱ

El primer diagrama de Sankey que se presenta en este informe es el correspondiente a los flujos energéticos en España en el año 2017 y su variación respecto a 2016. 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 diferentes 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 CO₂ en el sector energético español, 2017ⁱⁱⁱ

En el caso de las emisiones de CO₂ 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 CO₂ asociadas a este sector, una información no habitual en los inventarios de emisiones al uso.

Se presentan los valores correspondientes a 2017 y sus variaciones respecto a 2016. De forma análoga a como ocurría en el diagrama de energía, el valor total agregado de los flujos de CO₂ 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 CO₂ del ciclo de vida de los combustibles, lo que básicamente implicaría un aumento del grosor de los flujos de CO₂ 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, 2017^{iv}

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 consistir en 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, 2017^v

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 CO₂, de SO₂, de NO_x 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 ₂	251.928	35,47	8.936	39%
NO _x	652	14.000	9.129	40%
SO ₂	178	18.000	3.212	14%
PM2,5	81	22.000	1.788	8%

Balance exergético en el sector energético español, 2017

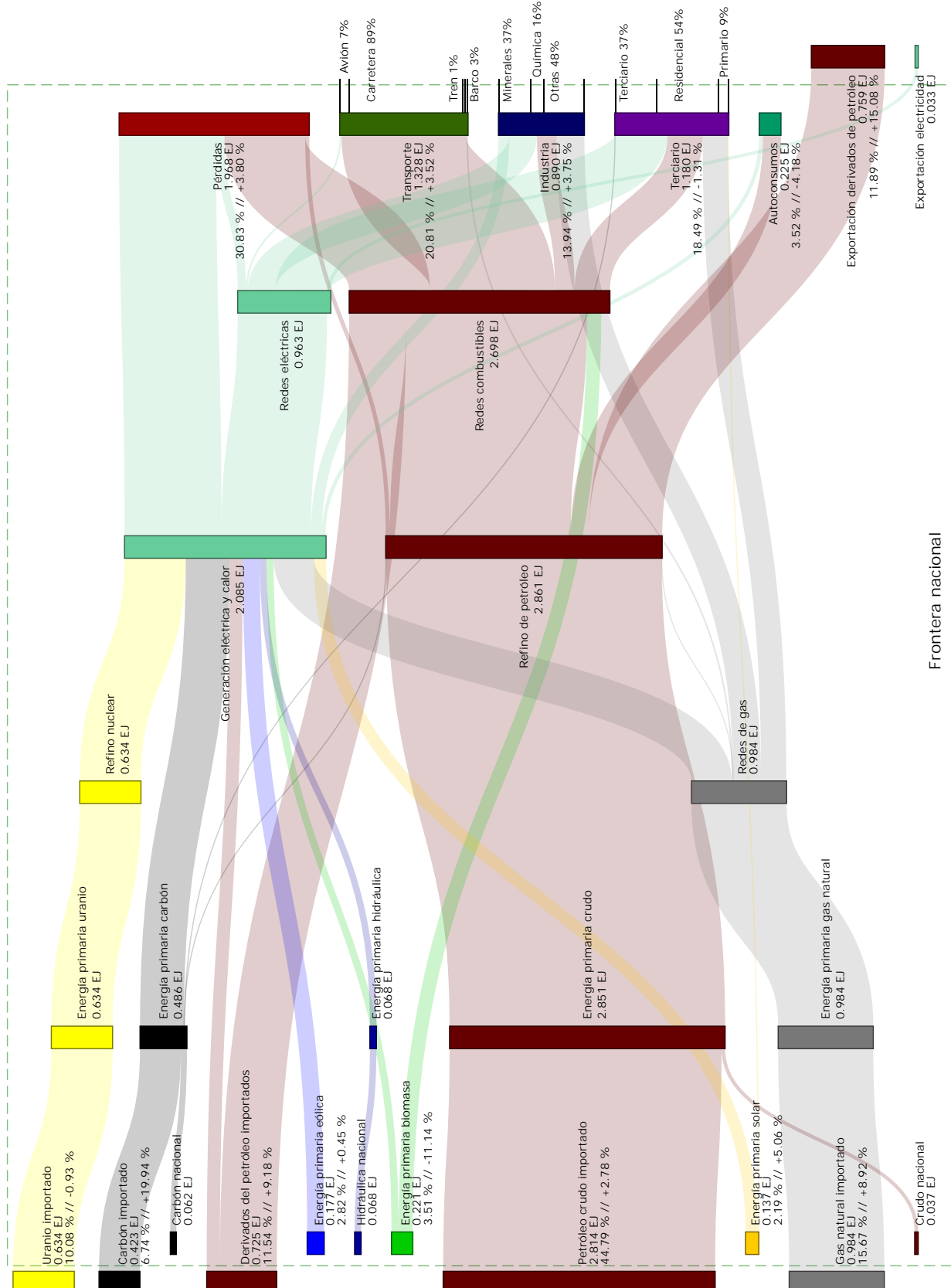
La exergía es una función de estado termodinámica que mide la energía útil presente en cualquier fuente o flujo energético. Dicho de otra manera, la exergía de una fuente o flujo energético es la capacidad de dicha fuente o flujo para convertirse en trabajo útil. Este hecho hace que muchos autores se 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

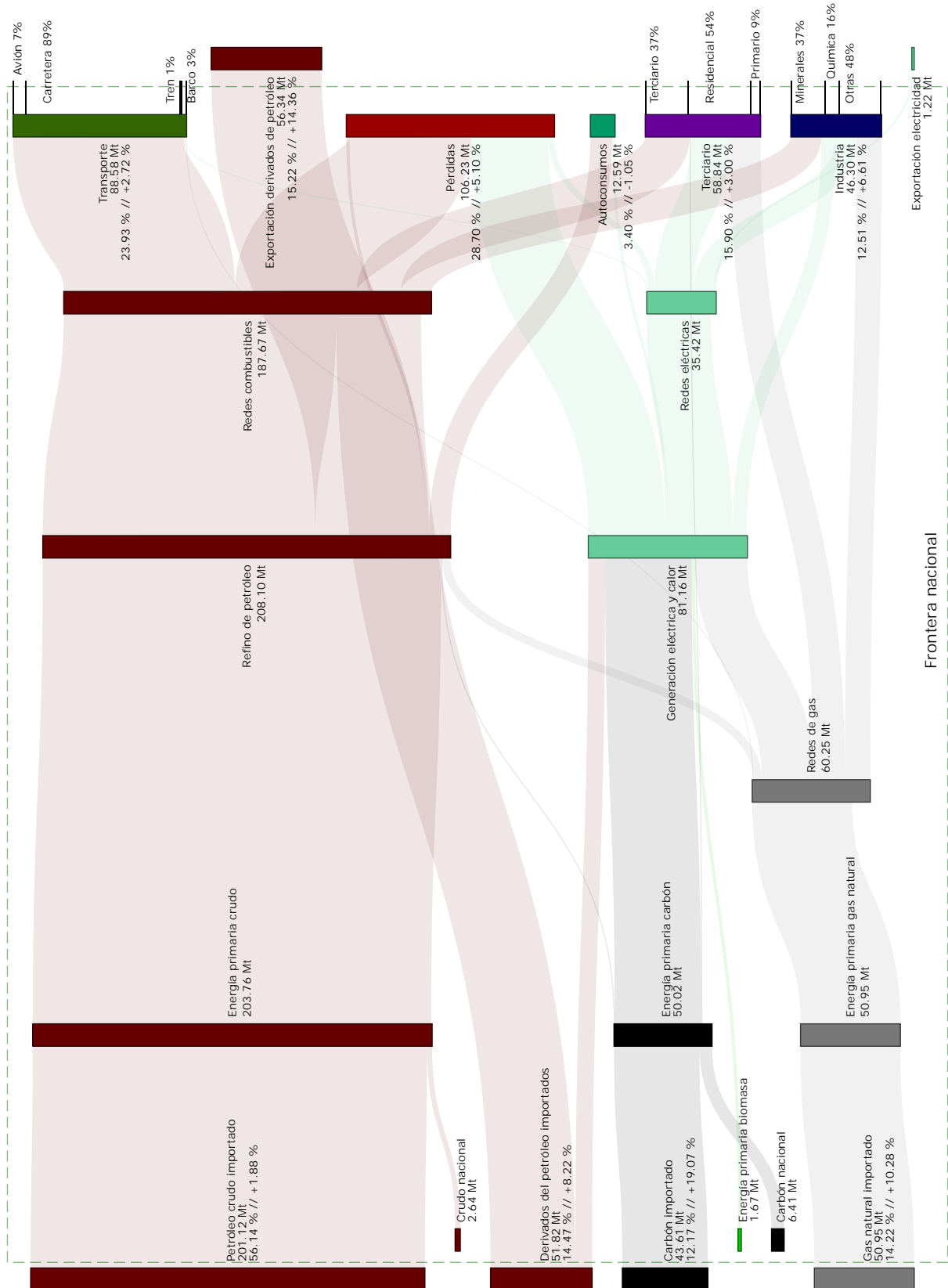
eficiencia exergética. Puede verse en el diagrama que, analizada en estos términos, sólo una parte reducida de la energía destinada a los usos finales es efectivamente aprovechada. Constatar este hecho abre un amplio abanico de análisis que puede llevar a la adopción de nuevas medidas de eficiencia en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

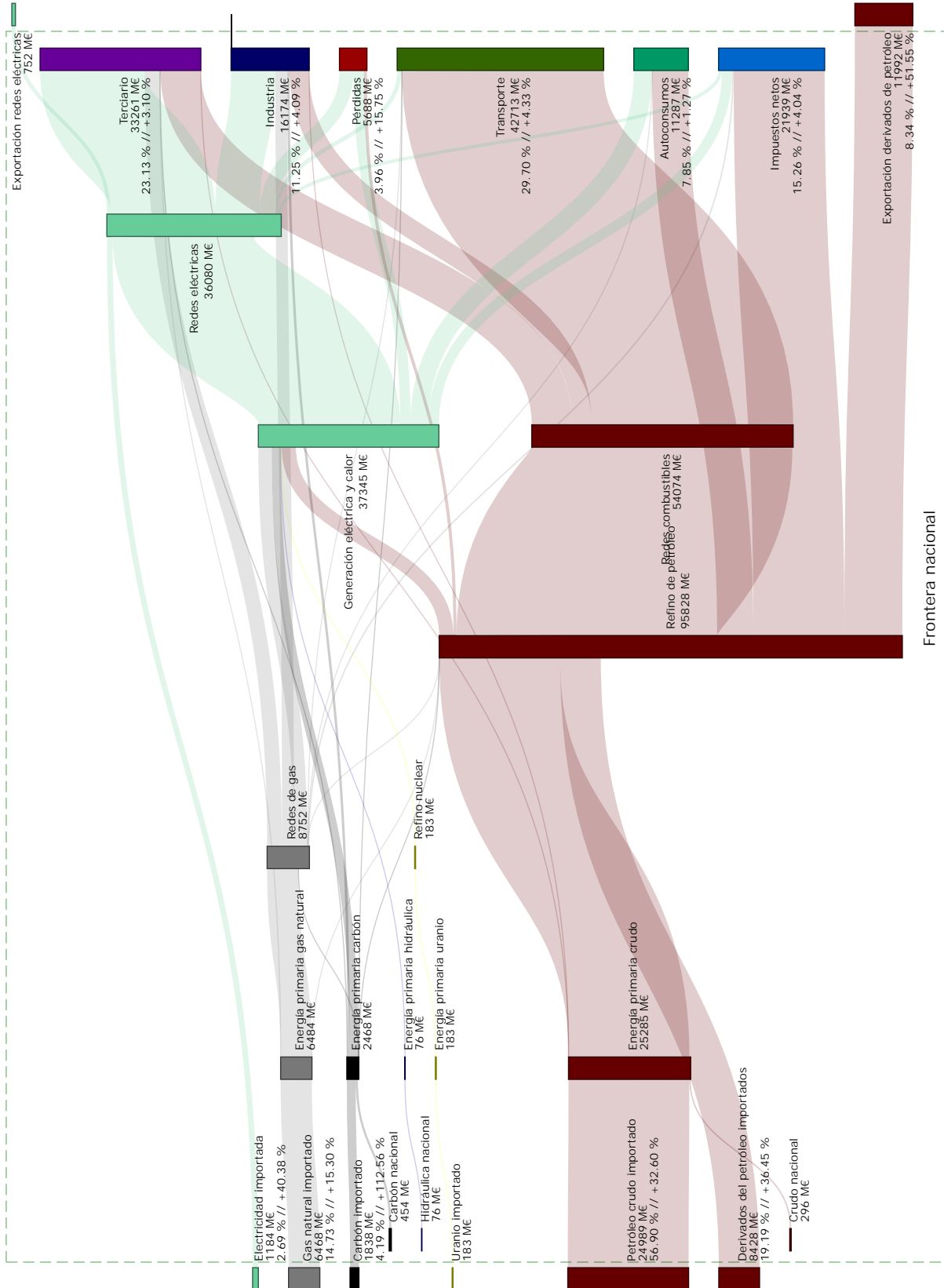
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2017



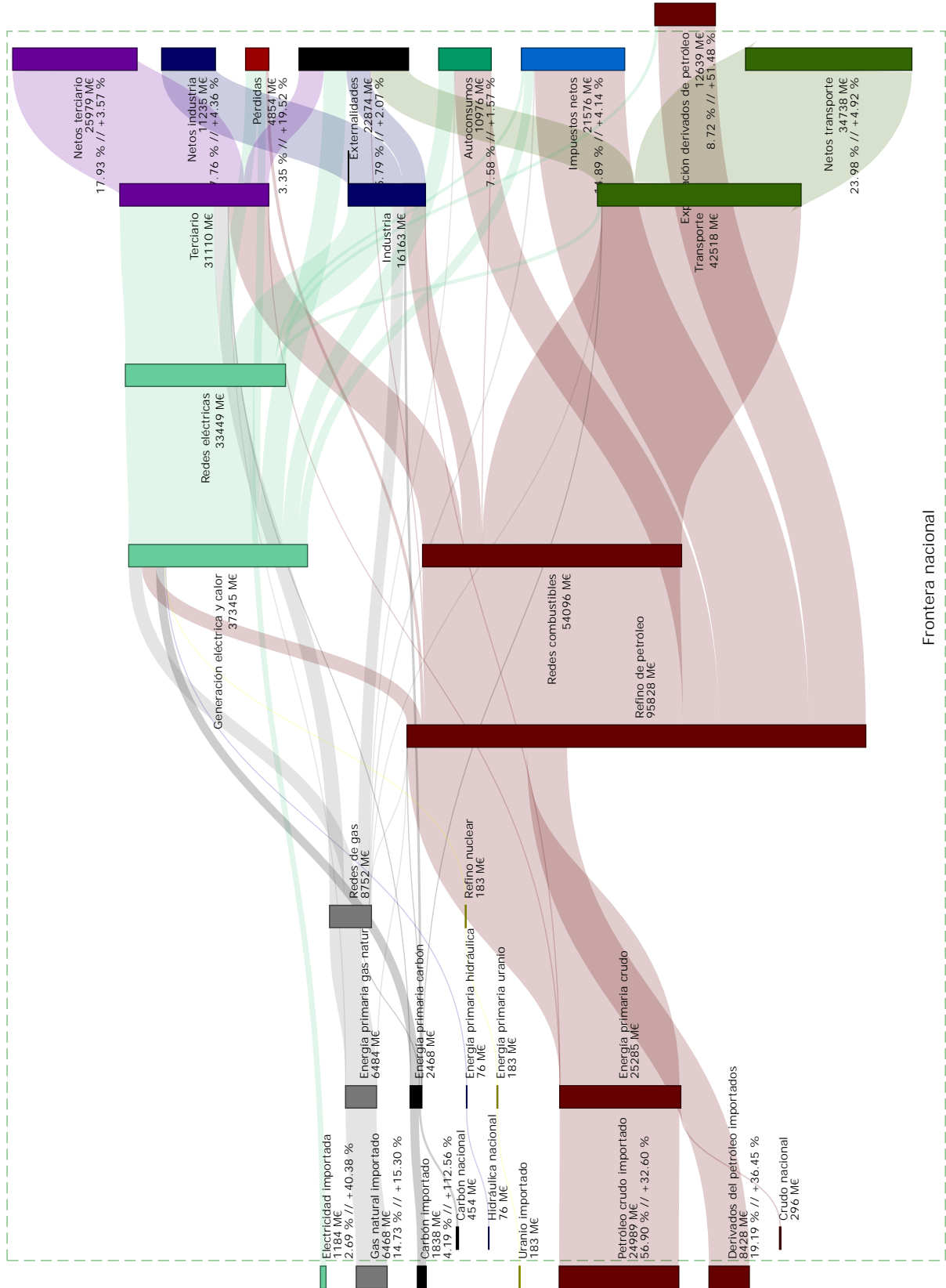
Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2017



Flujos económicos en el sector energético español, 2017

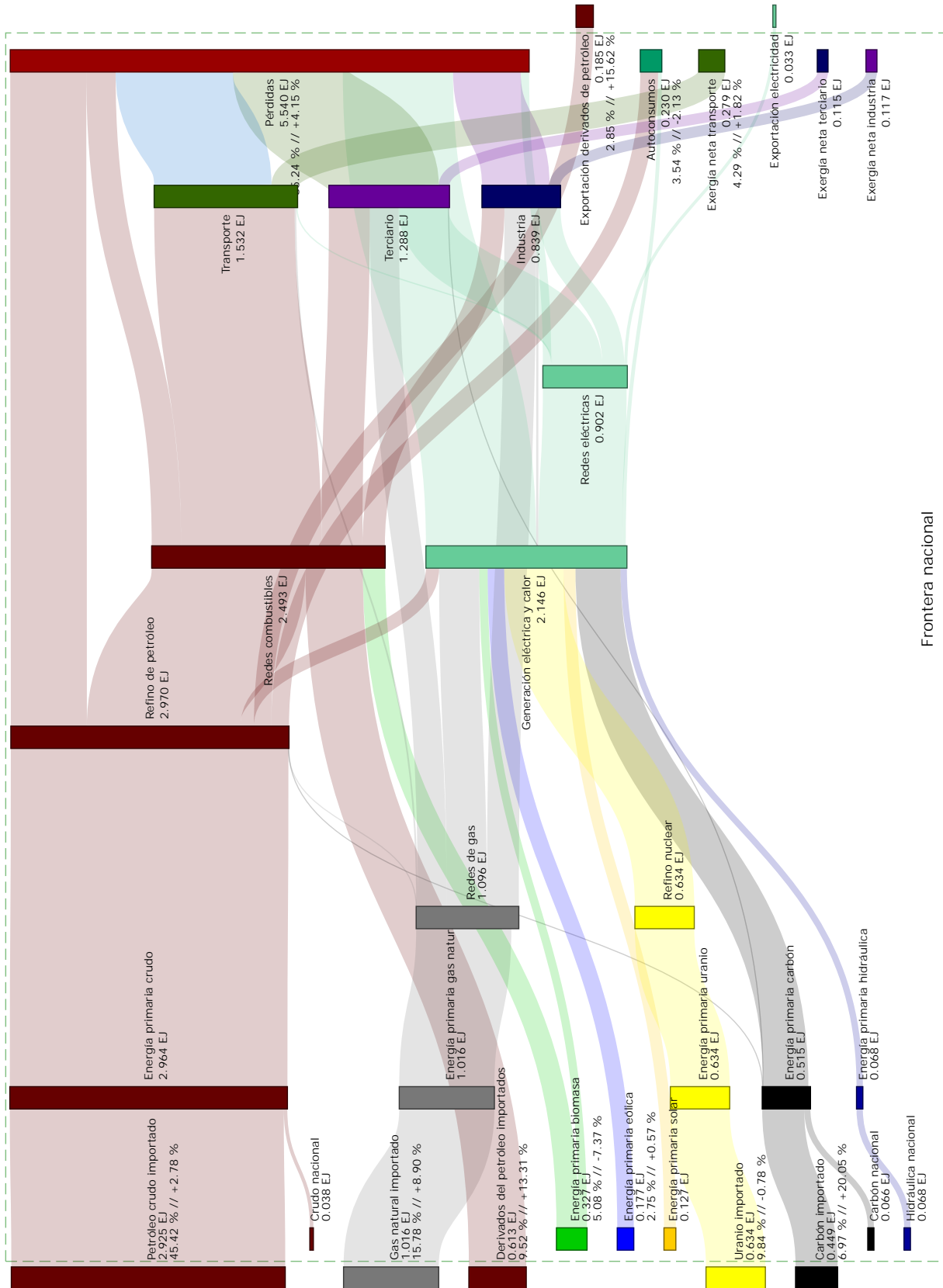


Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2017



Frontera nacional

Balance exergético en el sector energético español, 2017



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, 2017
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2017

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, 2017:

- 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 2016 han sido actualizados en las fuentes consultadas respecto a los valores publicados en el Observatorio 2017. En estos casos, se ha optado por actualizar el valor de 2015 de tal forma que los incrementos de 2017 respecto a 2016 sean consistentes con los datos más recientes y consolidados. Es importante tener en cuenta estos posibles cambios del valor de referencia en 2016 a la hora de comparar la edición anterior del Observatorio (2017) con esta edición (2018).

iii Comentarios a la figura de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2017:

- El objetivo de esta figura es imputar a cada uso final las emisiones de CO₂ que se han producido por dicho consumo, 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.

- El diagrama de Sankey incluye dentro de las emisiones correspondientes a las pérdidas de las redes de combustible las correspondientes a productos para usos no energéticos de las transformaciones del refino o las variaciones en las reservas de productos del petróleo. Estos elementos realmente no son pérdidas estrictamente hablando, pero se ha decidido mantenerlos para mantener coherencia en los flujos del diagrama.

iv Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español, 2017:

- Los datos para 2016 y 2017 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 para la Transición Ecológica, 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 2017, 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 MITECO).
- Sobre la obtención de las tablas de origen y destino de la contabilidad nacional:
 1. Las tablas origen y destino para el año 2016 de la economía española respetan el resultado provisional publicado por el INE en diciembre de 2016 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 2017 de la economía española respetan el resultado estimado publicado por el INE en diciembre de 2016 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 datos de UNESA y la CNMC;
 - 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 MITECO.
- v **Comentarios a la figura de Flujos económicos en el sector energético español incluyendo externalidades, 2017:**
 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ se tomado de un libro publicado en 2014 por el Fondo Monetario Internacional, cuya referencia se proporciona a continuación. Debido al cambio de fuente 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 SO₂ se ha pasado de 8.000\$/t a 18.000\$/t, en el de NOx de 10.500\$/t a 14.000\$/t, y en el caso de las partículas, se han sustituido las PM10 por las PM2,5, 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

11 de abril de 2019