

Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Informe basado en indicadores

Edición 2020

Observatorio de Energía y Sostenibilidad

Edición 2020

Equipo de redacción

José Bellver, Rafael Cossent, Pedro Linares, José Carlos Romero, Manuel Pérez,
Antonio F. Rodríguez Matas

Índice

Prólogo del equipo de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad	7
El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España	9
Indicadores energéticos en 2019	11
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2019	17
Origen de las emisiones de CO ₂ en el sector energético español, 2019	17
Balance exergético en el sector energético español, 2019	18
Tablas de datos.....	24
Notas.....	25

Prólogo del equipo de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad

La Política Energética en España en 2020

El año 2020 quedará para siempre marcado como el año de la tragedia sanitaria de la COVID-19. No podemos comenzar este informe pues sin un recuerdo sentido para todas las víctimas.

La pandemia ha traído además una situación excepcional en cuanto al consumo de energía y sus implicaciones ambientales. Aunque no se refleja en los datos presentados en este informe, que corresponden a 2019, las restricciones de actividad y de movilidad impuestas para luchar contra los contagios han modificado profundamente los patrones de utilización de la energía en todo el mundo. Esto ha provocado la mayor caída de consumo energético global desde la Segunda Guerra Mundial, resultando en el mayor descenso de las emisiones globales de la historia. Esto será algo que analizaremos en el informe del año próximo.

También se han visto alteradas las actividades políticas a nivel internacional. La COP26, prevista para noviembre de 2020 en Glasgow, fue retrasada, lo que a su vez implicó un retraso en la conclusión de los temas pendientes del Acuerdo de París, sobre los que ya comentamos el año pasado: la concreción del artículo 6 y la revisión de las Contribuciones Nacionales (NDCs). Estas cuestiones deberán esperar pues, si la pandemia no lo impide, hasta noviembre de 2021.

Sin embargo, este retraso no ha impedido las declaraciones de distintos países acerca de su ambición climática. Quizá la más relevante sea la realizada en septiembre por Xi Jinping, que se comprometió ante la Asamblea General de las Naciones Unidas a lograr la neutralidad climática en China para el año 2060. Este compromiso se ha visto reforzado por el aumento de la ambición europea, que en diciembre elevó a un 55% su compromiso de reducción de emisiones para 2030 con respecto a 1990. Y ya en enero de 2021, Estados Unidos solicitó su reincorporación al Acuerdo de París.

El fuerte compromiso europeo con la descarbonización se ha reflejado además en la elaboración de las directrices para utilizar los fondos de recuperación que se desplegarán para luchar contra la crisis económica inducida por la pandemia, NextGeneration EU. Estos fondos deben dedicarse en gran medida a actividades relacionadas con la descarbonización y la digitalización, de forma totalmente alineada con el European Green Deal presentado en 2019. Por tanto, pueden ser un elemento fundamental, y una oportunidad inmejorable, para avanzar en la descarbonización del sistema energético europeo, si los estados miembros los utilizan adecuadamente.

En línea con esta creciente ambición internacional, y en lo que respecta a la actividad política nacional, el año 2020 ha sido particularmente rico en iniciativas y normas que afectan al ámbito energético-ambiental. Tras la relativa inactividad política de 2019, el año 2020 comenzó con la toma de posesión en enero del nue-



Pedro Linares



Rafael Cossent



José Carlos Romero

vo Gobierno, que presentó como principales novedades la creación de una vicepresidencia para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, asumida por la Ministra Teresa Ribera, que añadía a sus competencias anteriores el reto demográfico. Es la primera vez que las competencias energético-ambientales obtienen el rango de vicepresidencia, lo que en principio deja ver la importancia que desde el Gobierno se concede a la transición.

En enero de 2020 se abrió el período de consulta pública del estudio ambiental estratégico del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, que culminó en junio con su aprobación definitiva, sin cambios reseñables sobre lo ya comentado el año pasado sobre el borrador. Este Plan debería ser la guía de actuación para desplegar los fondos europeos en materia energético-ambiental.

En octubre se aprobó la hoja de ruta del hidrógeno, que establece una preferencia clara por el hidrógeno verde y por su utilización cerca de las instalaciones de consumo. El documento sigue los elementos fundamentales de la estrategia europea del hidrógeno y plantea muchas iniciativas interesantes, aunque desgraciadamente muestra poca concreción, más allá de algunas actuaciones puntuales para 2030.

Y también en octubre se presentó el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, que, como ya hemos comentado, debería plantear las iniciativas en las que invertir los fondos europeos NextGenerationEU. Las propuestas que se formulan van en la dirección adecuada: rejuvenecer nuestro tejido productivo, estimular la competitividad de la industria, impulsar la I+D, reforzar los sectores estratégicos, implantar una agenda de reformas estructurales, y además hacerlo de forma alineada con la descarbonización y la digitalización. El problema es que, una vez más, no se realizan propuestas concretas, en especial en lo que se refiere a política industrial y de innovación. De hecho, las únicas propuestas concretas que se formulan son precisamente las más cuestionables. Dado el volumen tan elevado de fondos a invertir, es esencial aterrizar estas buenas intenciones en proyectos concretos que logren transformar y descarbonizar nuestra economía, sentando las bases para la sostenibilidad futura.

Por otra parte, en noviembre se aprobó la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050, que, a partir del escenario objetivo establecido por el PNIEC, plantea las líneas maestras para alcanzar la neutralidad climática en 2050. La estrategia está basada en la utilización masiva de energías renovables y en el ahorro energético, que permitirán reducir las emisiones hasta un 90%, y en la compensación de las emisiones restantes por medio de sumideros naturales. La estrategia en todo caso no plantea medidas concretas, ya que debe irse precisando en las correspondientes revisiones del PNIEC.

Finalmente, ya en febrero de 2021 se ha completado la elaboración de documentos estratégicos, en este caso con la publicación de la Estrategia de Almacenamiento Energético. Este documento plantea también oportunidades e iniciativas de gran interés, aunque, de nuevo, sin concretar las medidas normativas y señales para los inversores y operadores potenciales de las instalaciones de almacenamiento, o para el desarrollo de una industria nacional asociada a estas tecnologías.

En resumen: España cuenta ya con un marco estratégico que debe permitir avanzar en la transición hacia un modelo energético más eficiente y sostenible. Sin embargo, es imprescindible traducir esta estrategia en medidas concretas que trasladen las señales correctas de actuación a inversores, operadores y consumidores. Y desgraciadamente, en este ámbito aún no se han producido grandes novedades.

La normativa fundamental que regulará la transición debería ser la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, sobre cuyo Anteproyecto comentamos ya el año pasado. La Ley sigue sin aprobarse, aunque ya ha pasado el trámite de enmiendas en comisión parlamentaria. Desgraciadamente, como ya advertíamos el año pasado, las numerosas enmiendas presentadas plantean el riesgo de convertir a esta Ley en un cajón de sastre de cuestiones a veces anecdóticas, de obsolescencia rápida y de consenso difícil. Por otra parte, sigue sin incorporarse la fiscalidad ambiental, fundamental para lograr muchos de sus objetivos. En cualquier caso, contar con una ley de este tipo, que establezca objetivos claros, es fundamental para seguir avanzando en la transición, y por tanto confiamos en que se apruebe lo antes posible.

En lo que se refiere a medidas más concretas, podemos citar el Real Decreto Ley 23/2020 por el que se trata de ordenar el acceso a la red eléctrica y se incorpora al almacenamiento, a los agregadores independientes, y a las comunidades de energía renovable en el ordenamiento jurídico y en los mecanismos de mercado y de gestión del sistema. Desgraciadamente, la ordenación del acceso no soluciona los problemas esenciales del mismo, asociados a la asignación de rentas que crea el acceso. En cuanto a la inclusión de nuevos agentes, es una medida bienvenida. No obstante, este RDL se limita a definir a estos agentes, quedando pendiente su desarrollo legislativo para lograr la trasposición e implantación plena de lo dispuesto por el paquete de energía limpia. A este respecto, como ya advertíamos el año pasado, habrá que tener cuidado para que no genere distorsiones indeseadas en el balance económico del sistema. El RDL introduce además una idea de gran interés, los bancos de pruebas regulatorios, que pueden ser una gran oportunidad para diseñar políticas eficaces, eficientes y equitativas. Desgraciadamente, esta idea se limita al sector eléctrico, y tampoco se desarrolla nada sobre el tipo de proyectos que podrían acogerse a ella, dejándolo al albur de nuevas convocatorias que se deberán regular por Real Decreto.

Otra iniciativa de gran relevancia fue la aprobación en noviembre del Real Decreto de subastas renovables, con un diseño que incorpora en gran medida la experiencia académica y práctica, y

que además quiere ofrecer predictibilidad, al requerir la publicación de un calendario para los próximos 5 años. La primera subasta se celebró en enero de 2021, con resultados muy positivos. Ahora resta confirmar que las instalaciones se construyen y que, por tanto, las subastas son efectivas para aumentar la contribución de las energías renovables al sistema.

Respecto a las medidas de mitigación de pobreza energética, a la espera de la publicación del primer plan operativo de la Estrategia Nacional, cabe destacar la reacción del Ministerio a la pandemia imponiendo la prohibición del corte de suministro de electricidad y gas durante el estado de alarma a todos los beneficiarios del bono social, así como ampliando este colectivo hasta junio de 2021 a aquellas unidades familiares en las que alguno de sus miembros se encontrare en situación de desempleo, ERTE, u otras circunstancias similares que supusieran una pérdida sustancial de ingresos.

Finalmente, en diciembre el Gobierno aprobó el Anteproyecto de Ley para la creación del Fondo Nacional para la Sostenibilidad del Sistema Eléctrico, por el cual se transfiere el pago de los sobrecostes históricos de las energías renovables a un fondo al cual contribuirían todos los consumos energéticos. Esta es una medida largamente demandada, aunque su implantación práctica, que incluye numerosas exenciones, plantea algunos problemas fundamentalmente redistributivos, por el potencial impacto de esta medida en las zonas rurales, los hogares vulnerables, o los consumidores domésticos de gas. También plantea problemas el hecho de trasladar un coste fijo a un término variable. Confiamos en que estos problemas se solucionen en su tramitación parlamentaria y, sobre todo, que el déficit eléctrico, motivo último de esta propuesta, se solucione definitivamente mediante la regulación adecuada. A este respecto, en 2020 también se aprobó, por fin, la metodología de peajes (Circular 3/2020 CNMC) y se publicó la propuesta de cargos (MITECO). En su propuesta, el ministerio asignaba gran parte de los cargos (fijos) al término variable de la tarifa, con lo que puede que, si la crisis se prolonga, los cargos propuestos ya estén obsoletos antes de entrar en vigor.

En resumen, un año repleto de propuestas estratégicas, que confiamos vayan concretándose más allá de las subastas renovables, de forma que sea posible avanzar en la descarbonización del resto de los sectores de la economía, en particular el transporte, la edificación y la industria. Los fondos europeos pueden constituir una oportunidad inmejorable en este sentido, por lo que confiamos en que se utilicen de la manera más útil para esta transformación, y también para materializar las oportunidades de transformación industrial y productiva de la economía española.



El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Presentación

Es una satisfacción para la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad presentar la decimocuarta 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 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, el balance exergético obtenido aplicando a cada flujo energético una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales, y las transacciones económicas que se producen en el sector energético como resultado de las actividades que en él se desarrollan.

Los tres primeros grupos de variables endógenas se presentan respectivamente en tres diagramas de Sankey, que proporcionan de manera gráfica una información muy valiosa sobre los flujos de energía, las emisiones de CO₂ y el balance exergético asociados al sector energético español. Pasadas ediciones de este informe también representaban los flujos económicos, tanto monetarios como considerando los costes externos, en forma de diagramas de Sankey. No obstante, la baja frecuencia de actualización de algunas de las estadísticas necesarias para esta representación hacía que las estimaciones no fueran todo lo precisas que deseáramos, sobre todo en lo que se refiere a la descomposición de los flujos económicos. Por estos motivos, en la presente edición se ha simplificado el formato de presentación de esta información para focalizar el análisis sobre las variables económicas más relevantes. Para ello, se utilizan datos sobre gastos y valor añadido de los subsectores energéticos publicados por el INE.

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 (<https://www.comillas.edu/catedrabp/informes-anuales>).

Al igual que en los dos últimos años, se ha elaborado un escenario contrafactual, que nos permite estimar los consumos de energía y emisiones que hubieran tenido lugar en un hipotético año hidrológico y meteorológico medio. Esto nos permite analizar la evolución de los indicadores independientemente de elementos meteorológicos no controlables, lo que consideramos de gran interés dada la gran importancia de la producción hidrológica en el sistema energético español.

No obstante, este escenario no captura el efecto de otro factor no controlable y relevante como es la actividad económica. Por este motivo, el año pasado introdujimos, como novedad, un segundo escenario contrafactual que nos permite aislar el impacto de la actividad económica de otros factores. Más concretamente, se ha descompuesto la variación de las emisiones de CO₂ según cuatro elementos: la eficiencia energética, la intensidad de carbono, el efecto estructural (el cambio en el peso de los distintos sectores en la economía), y el nivel de actividad económica.

Gracias a este segundo escenario contrafactual podemos aislar y sustraer el impacto de variaciones en la actividad económica sobre las emisiones de CO₂ y así identificar si las variaciones en las emisiones se deben o no a cambios genuinos en la sostenibilidad del sistema energético español.

Una novedad adicional introducida en esta edición respecto a años anteriores es un análisis de la evolución de diferentes indicadores de pobreza energética en España entre 2018 y 2019. Estos indicadores incluyen los datos oficiales publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, así como indicadores adicionales desarrollados en colaboración con la Cátedra de Energía y Pobreza de la propia Universidad.

Con estos indicadores queremos complementar los datos que ya veníamos aportando en años anteriores, y que contribuyen a un modelo energético sostenible.

Finalmente, hay que señalar que este informe 2020 recoge en sus tablas y figuras los datos correspondientes al año 2019, 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 2019. En el caso de algunos indicadores internacionales la serie solamente alcanza hasta 2018.

Indicadores energéticos en 2019

El consumo de energía primaria global creció un 1,3% entre 2018 y 2019, en línea con lo sucedido los últimos años. En el mismo período, el consumo de energía primaria en la UE-15 descendió un 1,2%, lo que consolida el cambio de tendencia observado el año pasado. De igual manera, en España se observó un descenso del 2,3%, compensando los incrementos que experimentó este indicador los dos últimos años. Así, el consumo de energía primaria en España se mantendría en niveles inferiores a los de 2008, al comienzo de la crisis económica. Entre los años 2018 y 2019 la fracción de la energía primaria mundial que se consume en la OCDE ha seguido descendiendo, situándose en torno al 40% a finales de 2019.

El consumo de energía primaria per cápita en el mundo creció ligeramente entre 2018 y 2019 (0,3%), mientras que disminuyó en el conjunto de los países OCDE (1,4%), rompiendo con la tendencia creciente que se observaba desde 2017 en estos países. El consumo per cápita también descendió en la UE-15, un 1,2%, y en España, donde este indicador cayó un 2,5%.

En cuanto a la intensidad energética primaria, se observa una reducción entre 2018 y 2019 en la media mundial (1,4%) y en los países de la OCDE (2,4%). La tendencia a la baja fue similar

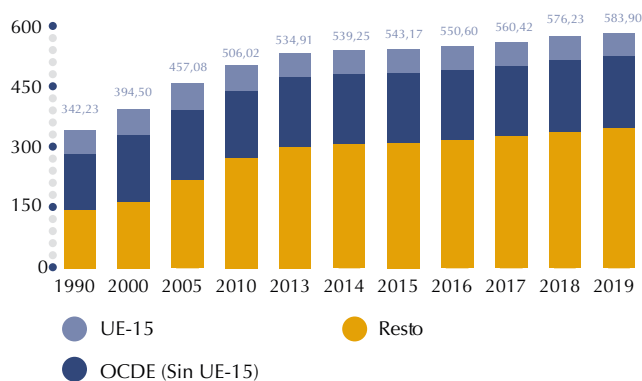
en el área UE-15, con un descenso del 2,5%, y en España, con una bajada del 3,6%.

El hecho de que el descenso de la intensidad energética primaria en España fuera superior al de la UE-15 en el año 2019 permitió reducir la brecha existente entre España y el resto de los países europeos. Este indicador en España permanece un 14,5% por encima de la media UE-15. Entre los años 2000 y 2019, la intensidad energética primaria en la UE-15 se redujo en casi un 29% mientras que en España esta reducción fue de poco más de un 24% (medida en euros constantes de 2015).

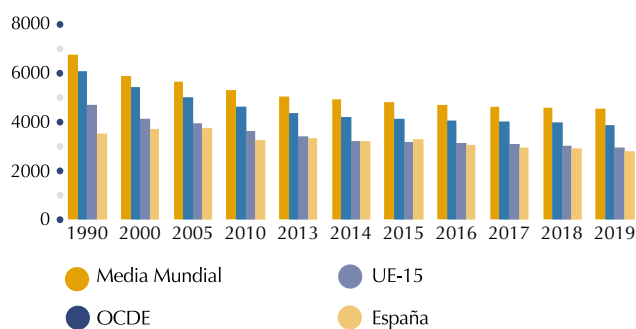
En relación al consumo de energía final, este indicador disminuyó en España un 0,4% en 2019 respecto a 2018, permaneciendo más de un 11% por debajo del consumo de energía final observado en 2008. Por tanto, en el año 2019 en España se ha reducido tanto el consumo de energía primaria como el de energía final, siendo la caída más acusada la del primer indicador. Asimismo, ha descendido tanto la intensidad energética primaria (3,6%) como la intensidad energética final (2,3%).

Este descenso significativamente mayor de la energía primaria en comparación con el de la energía final se explica en gran

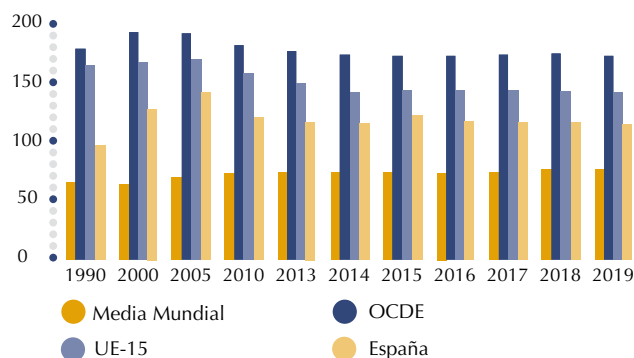
Consumo Total de Energía Primaria EJ



Intensidad energética primaria GJ/Millón \$ Constantes 2011 PPA

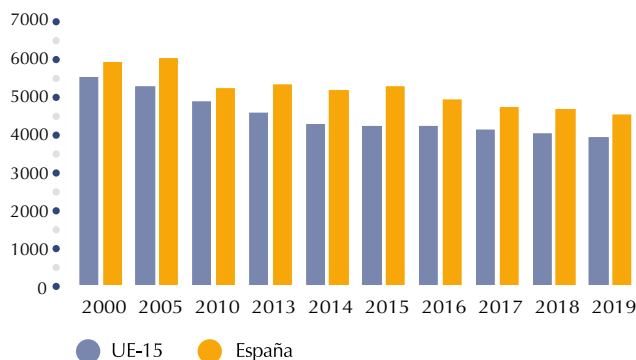


Consumo de Energía Primaria per Cápita GJ/hab



Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética

GJ/Millón € constantes 2015



medida por los cambios observados en la matriz energética primaria. Entre 2018 y 2019, el petróleo y el carbón disminuyeron en el mix primario un 1,9% y un 62,3% respectivamente. Estos descensos se vieron compensados en parte por el aumento del gas natural (15,8%) y la energía nuclear (5,1%). Por otro lado, las energías renovables se mantuvieron prácticamente constantes, con apenas un ligero descenso de en torno al 0,4%. Esto fue así gracias a que las energías eólica y solar crecieron un 9,3% y un 17,5% respectivamente, compensando así la caída de la energía hidráulica de más de un 28%, y los descensos más moderados de los biocarburantes y la biomasa.

Las energías renovables tuvieron un peso del 9,3% en el mix primario y de aproximadamente el 38,2% sobre la producción de electricidad en 2019, siendo el primero de ellos superior al de 2018 (9,1%), mientras que el segundo porcentaje fue inferior al de 2019 (39,4%). La mayor contribución correspondió a eólica y solar. Esta última tecnología superó en 2019 a la energía hidráulica debido a una caída de esta última de más de un 28% y al notable aumento de la solar (17,5%).

Si el año 2019 hubiera sido un año hidrológico y climatológico medio, esto no se habría traducido en cambios significativos en el consumo de energía primaria y energía final. Estos indicadores hubieran permanecido prácticamente iguales a los realmente observados, con descensos de apenas un 0,01% y 0,02% respectivamente. Esto es debido a que la hidraulicidad y temperaturas del año 2019 fueron prácticamente iguales a la de un año medio.

Igualmente, en este escenario contrafactual apenas habría variado la participación de las energías renovables, con variaciones inferiores al 0,1% tanto en usos finales como en generación eléctrica. A la hora de analizar esta comparativa, es importante tener en cuenta que, mientras que el año 2019 tuvo una aportación hidráulica media, el año 2018 presentó una hidraulicidad sensiblemente superior a la media. Por este motivo, se aprecian grandes cambios al comparar 2019 y 2018, mientras que las

comparaciones entre el 2019 real y el escenario contrafactual apenas muestran variaciones.

En relación a los flujos energéticos, descendieron tanto las importaciones, con una bajada del 1,1%, como las exportaciones, que mostraron una caída del 5,9%. Crecieron las importaciones de gas natural (15,7%) y derivados del petróleo (3,3%), mientras que descendieron las de crudo (1,9%) y de carbón (57,6%). El carbón importado representó en 2019 la práctica totalidad sobre el total del consumo de energía primaria correspondiente al carbón.

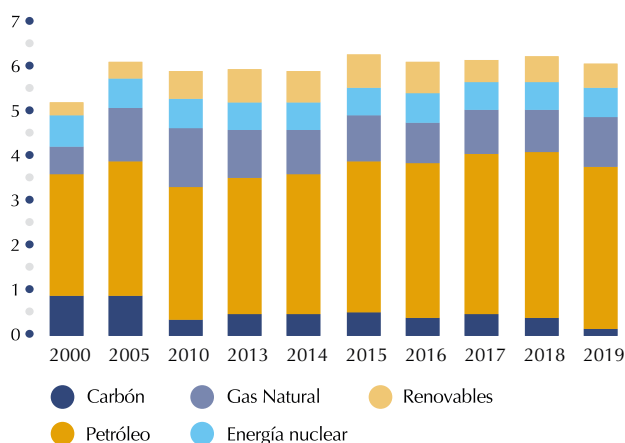
Estos cambios se debieron, por un lado, al descenso del carbón en la producción de electricidad, siendo reemplazado por gas natural y, en menor medida, por la nuclear. Por otro lado, el aumento de las importaciones de derivados del petróleo, dado que las exportaciones de los mismos descendieron un 4,2% y el consumo final de derivados agregado para todos los sectores se mantuvo prácticamente constante, con una variación de apenas un 0,15%, sirvió fundamentalmente para compensar la caída de las importaciones de petróleo en crudo y la bajada en la actividad del refino. Atendiendo al consumo final por sectores, el subsector del transporte fue el único que aumentó su demanda (1,3%), mientras que la demanda de los sectores industrial y usos diversos descendieron un 0,4% y un 2,7% respectivamente.

En su conjunto, la dependencia energética de España respecto del exterior aumentó ligeramente y se situó en un 90,4%. Esta elevada dependencia energética apenas hubiera variado en un año hidrológico y climatológico medio, lo que denota que estamos ante una situación estructural y no coyuntural, y por encima de la media europea en relación con este indicador.

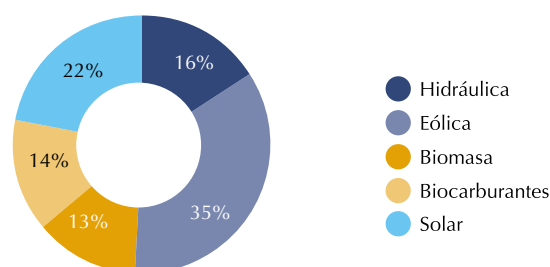
En cuanto al análisis sectorial, cabe destacar que la demanda del sector del transporte ha mantenido una senda ascendente en 2019. El transporte de mercancías en su conjunto aumentó más de un 3,2%, fundamentalmente por un crecimiento del transporte de mercancías por carretera del 3,1%. Este modo de transporte aún representa más del 82% del total del transporte de mercancías.

De igual manera, el transporte de pasajeros en 2019 creció un 1,2% respecto a 2018. De hecho, la movilidad de pasaje-

Consumo de Energía Primaria en España E_j



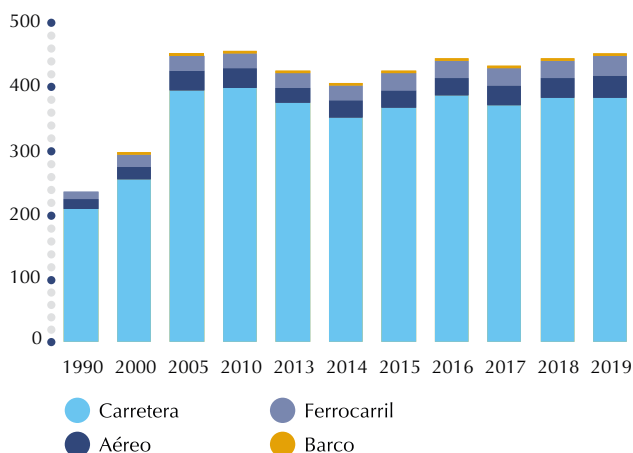
Composición de Energías Renovables en Energía Primaria



ros aumentó para todos los modos de transporte. En términos relativos, el mayor crecimiento lo experimentó el aéreo con un aumento del 7%. No obstante, el transporte de pasajeros por carretera, con un aumento del 1,2% en términos relativos, experimentó el mayor crecimiento en términos absolutos. Este modo de transporte sigue representando más del 85% del total. El transporte sigue siendo el sector que más energía consume (más del 25% del consumo total de energía primaria o cerca del 39,5% de la energía final) y el que más emisiones de CO₂ causa (más del 24% del total de emisiones y en torno al 47,6% una vez descontadas las 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.

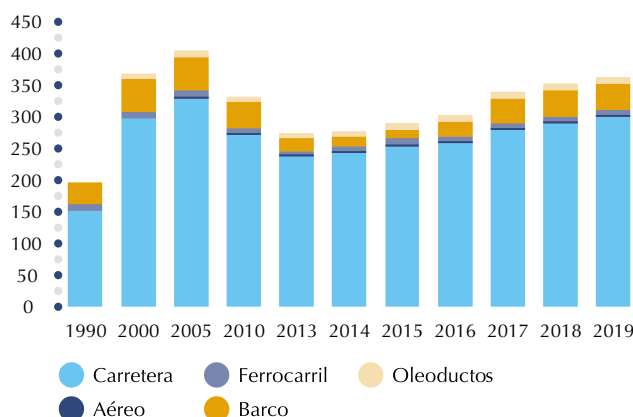
Movilidad interior de viajeros en España

Miles de millones de viajeros-km



Movilidad interior de mercancías en España

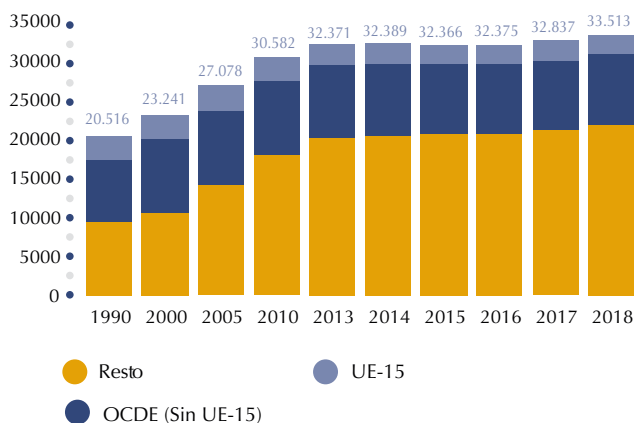
Miles de millones de t-km



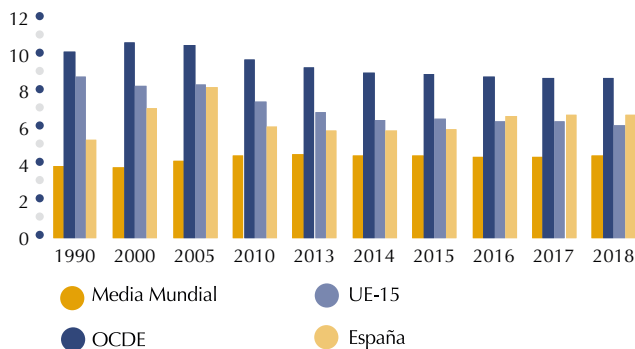
Las emisiones globales de CO₂ aumentaron en el año 2018 un 2,06% respecto a 2017¹, superando los 33 mil millones de toneladas. Rompiendo con la tendencia descendente de años anteriores, en el conjunto de los países de la OCDE las emisiones crecieron un 0,6%. Pese a un descenso de las emisiones en la UE-15 del 2,3%, el aumento de las emisiones en el resto de los países de la OCDE (1,4%) hizo que las emisiones crecieran de manera agregada para el conjunto de la OCDE entre 2018 y 2017. Respecto al año 2000, las emisiones de CO₂ por uso de energía han subido globalmente más de un 44%, mientras que en los países desarrollados han disminuido (7,2% en la OCDE y 19,5% en la UE-15).

En 2018, las emisiones de CO₂ per cápita en los países OCDE (8,61 tCO₂/habitante) y el nivel medio global (4,41 tCO₂/habitante) continuaron en proceso de convergencia. Las emisiones en la UE-15 y España se situaron entre esos dos valores (6,07 y 6,62 tCO₂/habitante respectivamente).

Emisiones de Mt CO₂



Emisiones de CO₂ per Cápita t CO₂/Hab



¹ Los últimos datos de emisiones de CO₂ a nivel mundial disponibles en el momento de escribir este Observatorio son los del año 2018. El caso español en 2019 se discute en mayor detalle más adelante.

Globalmente, en 2018 la reducción de la intensidad de las emisiones (emisiones/PIB) fue del 1,4%. En el mismo período, la reducción de este indicador fue más acusada en la UE-15 que en el conjunto de la OCDE (4% y 1,7% respectivamente), mientras que en España se produjo una caída situada entre estos dos valores (2,1%).

Analizando el caso español en el año 2019 en mayor detalle, las emisiones de CO₂ imputables al consumo de energía primaria (neto de exportaciones) disminuyeron un 6%, cayendo por debajo de los 300 millones de toneladas. De igual manera, las emisiones per cápita en 2019 descendieron un 6,7%, al igual que la intensidad de las emisiones, que disminuyó un 7,8% en 2019. En definitiva, puede decirse que el sector energético español experimentó una mejora generalizada de sus indicadores de emisiones en el año 2019.

Las emisiones de CO₂ asociadas a energía primaria en 2019, sin descontar las exportaciones, también descendieron respecto a 2018, con una caída del 5,9%. El menor consumo de energía final sumado a los cambios en la matriz primaria, principalmente la sustitución de carbón por gas natural y, en menor medida, otras fuentes energéticas, explican dicha reducción de emisiones.

De nuevo, si el año 2019 hubiera sido climatológicamente medio, las emisiones no habrían variado sensiblemente. En el escenario contrafactual analizado, las emisiones habrían sido tan solo un 0,01% inferiores a las realmente observadas, por lo que se puede excluir el efecto de factores no controlables, como la temperatura o la hidraulicidad.

Por otra parte, esta reducción de emisiones de CO₂ puede explicarse a partir de distintos factores, no únicamente relacionados con el tipo de combustibles empleados. Así, es posible descomponer la reducción en cuatro elementos: la mejora de la eficiencia energética, la intensidad de carbono, el efecto estructural (el cambio en el peso de los distintos sectores en la economía), y el nivel de actividad económica. El aumento de actividad económica experimentado en 2019 hubiera supuesto un aumento de emisiones de unos 5,2 MtCO₂, pero fue compensada fundamen-

talmente por una fuerte reducción de la intensidad de carbono de la economía debida a la sustitución de carbón por gas natural (a la que por sí misma se podría atribuir una reducción de 20 MtCO₂) que incide también en la mejora de la eficiencia, a la que se atribuye una reducción de unas 9 MtCO₂. El efecto estructural ha supuesto por su parte una reducción de 1,2 MtCO₂.

El efecto estructural incluye indirectamente el impacto de la deslocalización de emisiones a través del comercio internacional. En este sentido, los últimos cálculos realizados (para 2015) muestran que no hay un efecto significativo de deslocalización de emisiones.

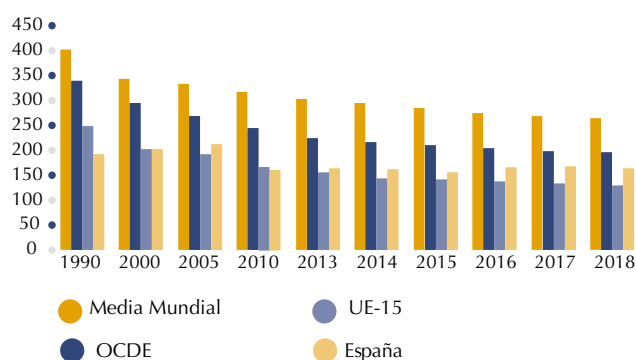
Debido al alto grado de dependencia energética del exterior mencionado anteriormente, y pese a que el alto nivel de diversificación de suministradores de gas natural y petróleo mitiga mucho los riesgos de esta dependencia, el sector energético, y por consiguiente también la economía española, siguen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

En el año 2019 creció la factura energética española, aunque de manera más moderada que en 2018. Los gastos del sector energético crecieron en 2019 un 2,3% con respecto a 2018². Esta subida se produce pese a una leve caída del consumo energético, mayor en energía final que en primaria, y el descenso generalizado de los precios de las materias primas ocurrido entre 2018 y 2019, debido al aumento de los precios finales de gas y derivados.

Este aumento del gasto no ha tenido sin embargo un impacto negativo sobre el valor añadido del sector energético español, que creció un 4,2% en 2019. El subsector del refino de petróleo logró aumentar su valor añadido en un valor similar (3,6%), pese a haber reducido su actividad debido a la caída de las exportaciones y la mayor importación de derivados.

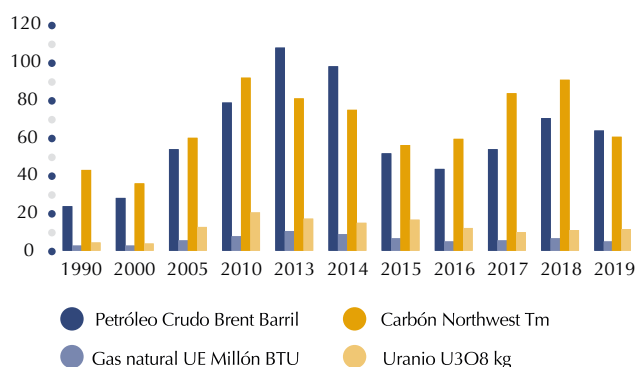
Emisiones de CO₂ por PIB - Intensidad de Emisiones

t CO₂/millón \$ constantes 2017 PPA



Precios de los recursos energéticos

Dólares corrientes por unidades respectivas



2 Los datos para el año 2019 corresponde con estimaciones propias a partir de avances de datos del INE. Por este motivo, los valores podrían variar una vez se disponga de datos consolidados

El precio del barril de crudo Brent cayó un 10%, el gas natural en el mercado europeo (tomando el mercado alemán como referencia) disminuyó más de un 20% hasta los 5,25US\$ por millón de BTU, y el precio medio de la tonelada de carbón (60,9US\$) bajó más de un 33%. Es de destacar la diferencia con el precio del gas natural en EE.UU., donde el precio medio del Henry Hub durante 2018 fue significativamente menor (2,53US\$/Millón BTU); o con el de en Japón, donde el precio medio del gas natural licuado fue sensiblemente mayor (9,94US\$/Millón BTU).

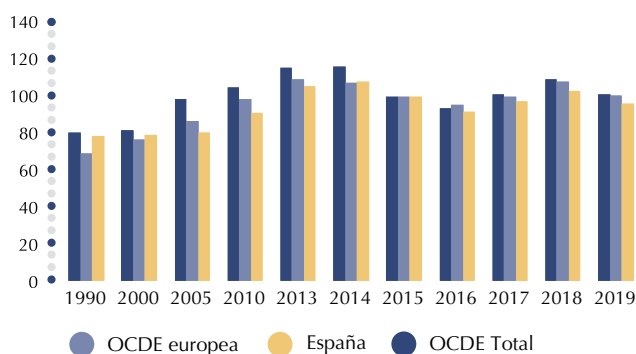
Este descenso ha tenido un claro impacto sobre los precios finales (medido a partir del índice compuesto de precios de la Agencia Internacional de la Energía), tanto en Europa como en el conjunto de los países de la OCDE y en España. Este indicador caía un 7,8% en el conjunto de la OCDE, un 7% en Europa y un 6,4% en España. Pese a que el descenso en los precios finales fue menor en España, el promedio de los precios finales en 2018 en España permaneció por debajo del resto de países de la OCDE y en Europa.

Tras un 2018 en el que los precios finales de la electricidad experimentaron subidas generalizadas, su evolución en 2019 fue diferente en España respecto al resto de Europa. Mientras que los precios bajaron significativamente en España, la media de los países de la UE-28 creció para el sector industrial, manteniéndose prácticamente constante para los consumidores residenciales. En el caso del sector residencial, los precios descendieron un 7% en España, mientras que en la UE-28 tan solo cayeron un 0,2%. Por otro lado, los precios de la electricidad para los consumidores industriales bajaron un 1,8% en España mientras que crecieron un 4,7% en la UE-28.

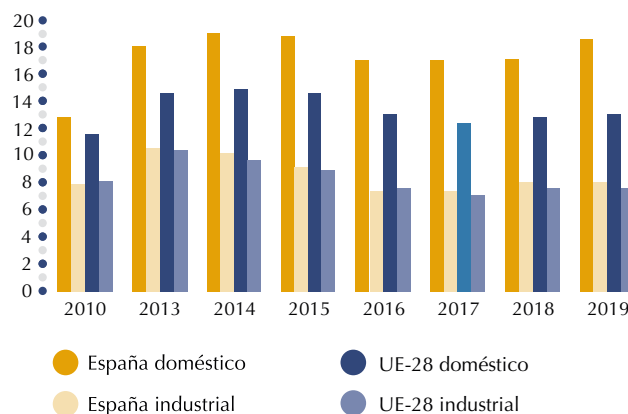
Por el contrario, al igual que ocurría en 2018, los precios finales del gas natural experimentaron un ascenso generalizado en 2019. En la UE-28, este aumento fue del 2,2% y 0,7% para los sectores residencial e industrial respectivamente, mientras que en España el aumento fue del 8,6% y el 0,2% para consumidores domésticos e industriales respectivamente. Este aumento de los precios del gas pudo ser en parte debido al aumento del peso

Índice de precios "Total Energy" real de la IEA

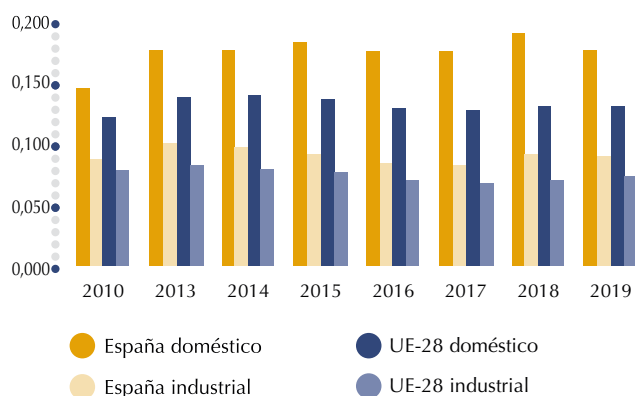
Valor relativo, año base 2015 = 100



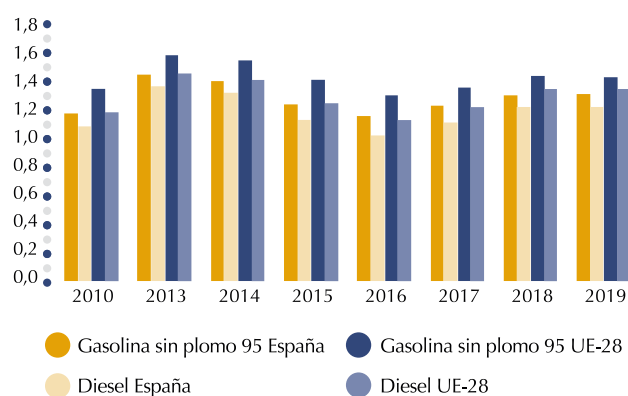
Precios del Gas Natural € corrientes/GJ sin impuestos



Precios de la Electricidad € corrientes/kWh sin impuestos



Precios de los Carburantes € corrientes/l con impuestos



del GNL sobre el total de importaciones de gas, un 57% en 2019 frente al 43% en 2018.

Los precios de los derivados de petróleo en España y UE-28 mostraron variaciones muy pequeñas en 2019, pese al descenso de los precios internacionales del crudo. No obstante, mientras que los precios en España crecieron ligeramente, un 0,3% y un 0,6% para la gasolina y el diésel respectivamente, éstos descendieron en el conjunto de la UE-28 un 1% y un 0,2% para gasolina y diésel respectivamente. Pese a esto, los precios en España 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 crecimiento muy significativo desde los 15,88€/t hasta los 24,84€/t en 2019, situándose muy cerca de los valores máximos históricos observados en los primeros meses tras la puesta en marcha del ETS en el año 2008.

Finalmente, y al igual que en el informe de años anteriores, es interesante llamar la atención sobre la relevancia de los costes externos debidos a la contaminación por CO₂, SO₂, NO_x y partículas. Los costes externos del sector se sitúan en un orden de magnitud similar a su valor añadido, y suponen un 1,5% del PIB español. El subsector que más costes externos genera es el del transporte, habiendo aumentado sus externalidades un 2,7% respecto a 2018. En cambio, las externalidades del sector eléctrico cayeron casi un 30% respecto a 2018 debido principalmente a la caída del peso del carbón en la producción de electricidad.

Asimismo, pese a que redujeron ligeramente su peso respecto al total, 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 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 CO₂.

Analizando los flujos exergéticos correspondientes al sector energético español en 2019, resulta interesante evaluar el efecto sobre los usos finales. En 2019, tan solo un 14,1% 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 13,9% y en el de transporte alcanza el 18,2%. 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.

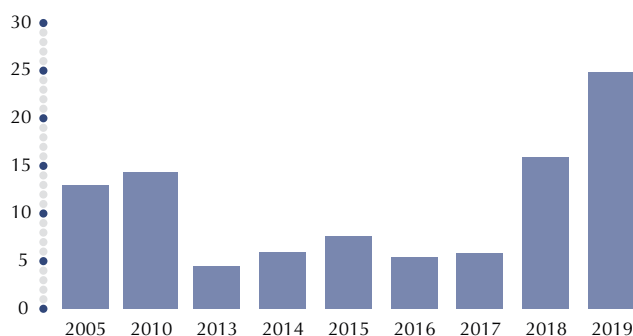
En último lugar, con respecto a la evolución de la pobreza energética, si atendemos a los indicadores oficiales calculados por el MITECO³, nos encontramos con una mejora en todas las métricas. Los dos indicadores basados en ingreso-gasto, a saber, el de gasto desproporcionado (2M) y el de gasto insuficiente (HEP), pasaron de afectar en 2018 al 16,9% y al 11% de hogares de nuestro país, respectivamente, a hacerlo al 16,7% y al 10,7%.

Por otra parte, los indicadores consensuales (aquellos basados en la Encuesta de Condiciones de Vida) mejoraron más notablemente. El indicador de temperatura inadecuada en el hogar pasó de un 9,1% de los hogares a un 7,6%; y el indicador de retraso en pago de facturas pasó de un 7,2% a un 6,6%.

Adicionalmente, en colaboración con la Cátedra de Energía y Pobreza⁴, incluimos un indicador basado en ingreso-gasto alternativo. Se trata del conocido como MIS, métrica que mide el gasto desproporcionado en energía en el hogar utilizando un umbral absoluto de ingresos obtenido a partir de la renta mínima de inserción⁵. En esta ocasión, el resultado muestra una evolución diferente: pasamos de un 7,62% de hogares en pobreza energética según este indicador en 2018 a un 7,74% en 2019. Es un incremento muy contenido, pero que contrasta con la evolución de los demás.

Para entender esta discrepancia conviene tener en cuenta el factor climático. 2018 fue un año especialmente frío, como muestra el indicador de grados-día de calefacción, que alcanzó casi los 17.000, frente a los 16.000 del año 2019 (un valor muy cercano a la media histórica). Este hecho tiene un impacto grande en los indicadores de ingreso-gasto basados en un umbral relativo como son el 2M y el HEP. Sin embargo, no afecta tanto a un indicador como el MIS donde el principal factor determinante de

Precio medio ponderado anual del CO₂ en Europa €/tCO₂



3 MITECO 2020. Actualización de indicadores de la estrategia nacional contra la pobreza energética.

4 Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia Comillas.

5 Economics for Energy, 2015. Pobreza Energética en España. Análisis económico y propuestas de actuación

la posible situación de pobreza energética es la renta del hogar. Se pone de manifiesto una vez más la importancia de contrastar diferentes métricas y metodologías en la medición de un fenómeno tan complejo como la pobreza energética.

En vista de estos indicadores, puede decirse que el año 2019 el sistema energético español ha mostrado una evolución, desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, positiva respecto a 2018. En este año mejoraron todos los indicadores relativos a consumo energético y emisiones, habiendo descendido el consumo de energía primaria y final, la intensidad energética y las emisiones tanto de CO₂ como las de otros contaminantes (NO_x, SO₂ y partículas).

El principal motivo que explica esta evolución de los indicadores es la reducción en la aportación del carbón al mix energético primario, mayoritariamente destinado a la producción de electricidad. Al contrario que en años anteriores, esta caída no se debe al efecto coyuntural de una alta hidraulicidad. De hecho, 2019 fue prácticamente idéntico a un año medio desde el punto de vista climatológico. En este caso, la reducción en el uso del carbón puede considerarse irreversible, habiéndose anunciado ya el cierre de numerosas plantas de generación de este tipo.

En 2019 también mejoraron la mayoría de los indicadores de pobreza energética respecto a 2018. No obstante, esta mejora se debe en gran medida a que 2018 fue un año particularmente frío, lo que puede distorsionar algunas de las métricas empleadas. Por este motivo, es importante resaltar la impor-

tancia de comparar diferentes indicadores para medir la pobreza energética.

No obstante, no todos los indicadores nos permiten ser tan optimistas. En 2019 ha continuado aumentando la factura energética, pese al descenso de la demanda y los precios de las materias primas. Esto fue debido, por un lado, al aumento de los precios finales, a excepción del de la electricidad y, por otro lado, al hecho de que, aunque la demanda final total haya disminuido, la evolución fue asimétrica entre sectores. Mientras que la demanda de la industria se mantuvo prácticamente constante, cayó el consumo de usos diversos, y creció el transporte, como ya había ocurrido en los últimos años. La combinación de ambos factores, crece más la demanda en los sectores para los que más aumentaron los precios finales, es lo que explica el incremento de la factura energética.

Asimismo, es importante destacar que la mayor parte de este crecimiento del sector transporte, tanto para mercancías como para pasajeros, lo absorbió el transporte por carretera. Por último, la dependencia energética del exterior se mantiene en niveles muy elevados.

Atendiendo a estos indicadores, puede decirse que la mejora observada en materia de sostenibilidad en 2019 se debe fundamentalmente a cambios tecnológicos en el sector eléctrico. No obstante, España continúa teniendo importantes asuntos pendientes en materia de seguridad de suministro, transformación del sector transporte y, sobre todo, ahorro y eficiencia energética.

Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2019ⁱ⁻ⁱⁱ

El primer diagrama de Sankey que se presenta en este informe es el correspondiente a los flujos energéticos en España en el año 2019 y su variación respecto a 2018. 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, 2019ⁱⁱⁱ

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 2019 y sus variaciones respecto a 2018. 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, considerar estas emisiones a lo largo del ciclo de vida no aporta información relevante en este contexto.

Externalidades asociadas al sector energético español, 2019^{iv}

En esta sección se presentan una serie de datos que muestran el valor, en términos monetarios, de las externalidades asociadas a cada uno de los subsectores energéticos. 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 (PM_{2,5}).

De esta forma, es posible calcular, de una forma aproximada, el valor económico real generado por cada una de las actividades del sector energético, descontado el coste externo correspondiente.

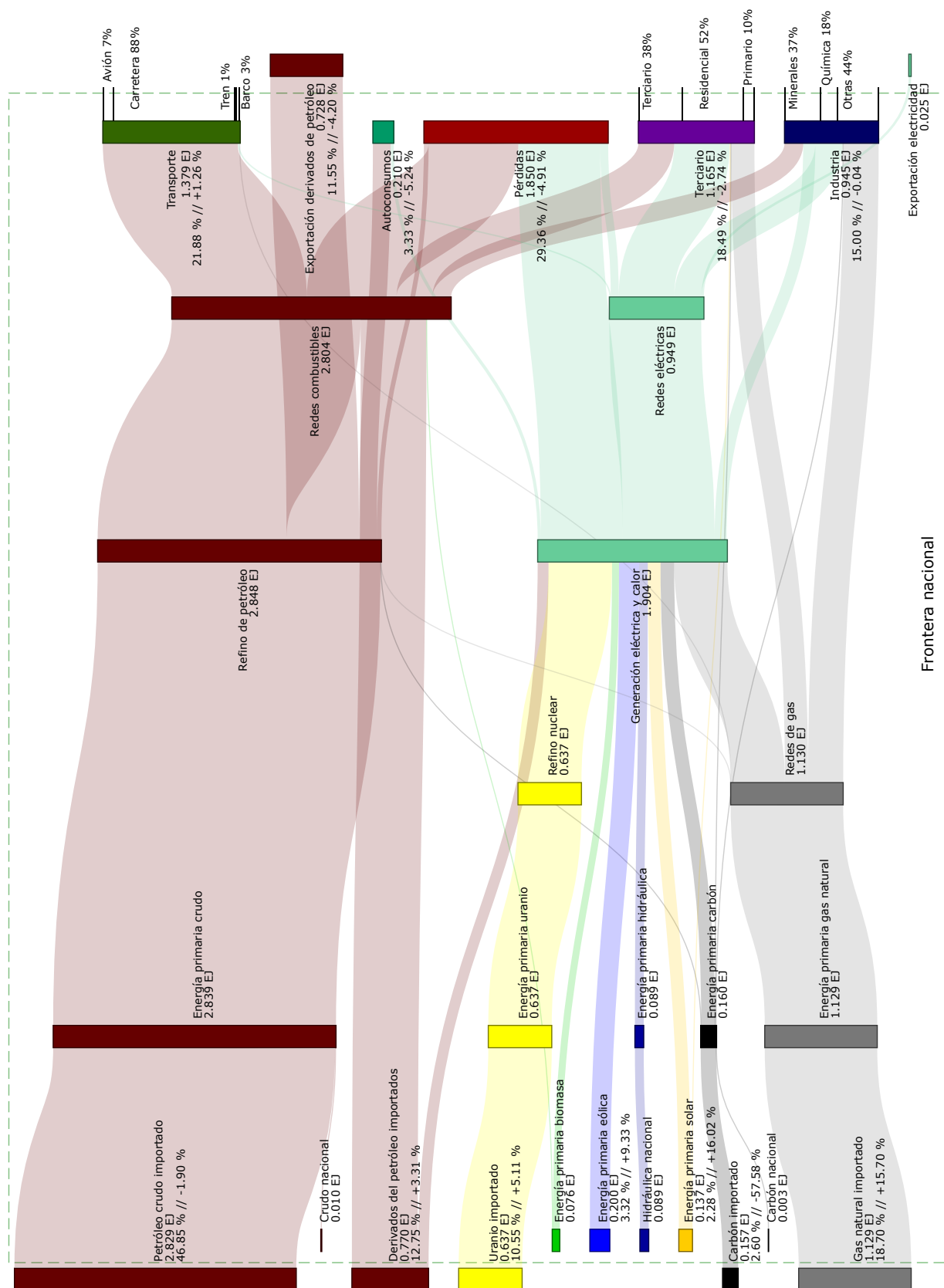
Balance exergético en el sector energético español, 2019

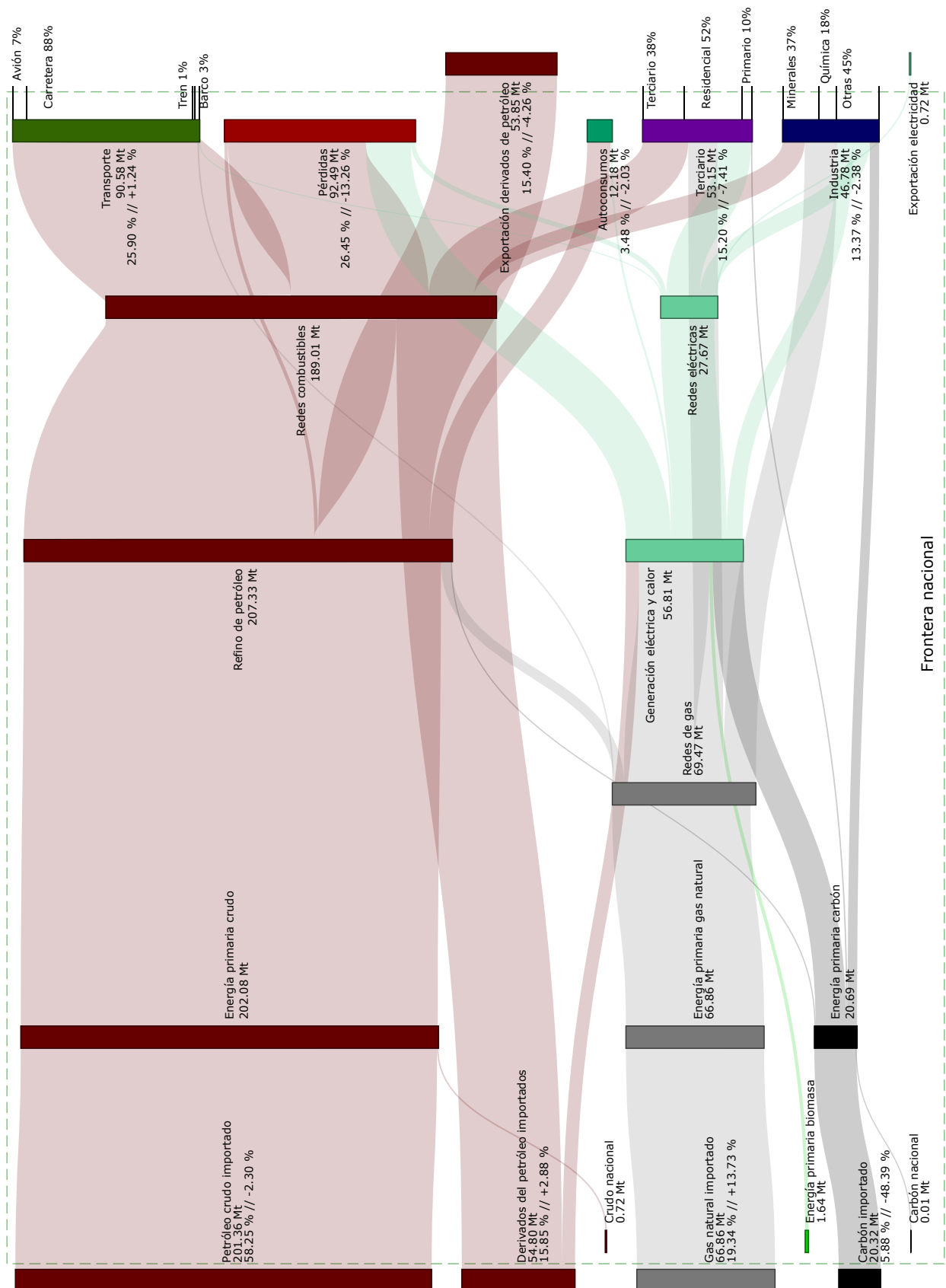
La exergía es una función de estado termodinámica que mide la energía útil presente en cualquier fuente o flujo energético. Dicho de otra manera, la exergía de una fuente o flujo energético es la capacidad de dicha fuente o flujo para convertirse en trabajo útil. De ahí que muchos autores se refieran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

jo 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.

Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2019



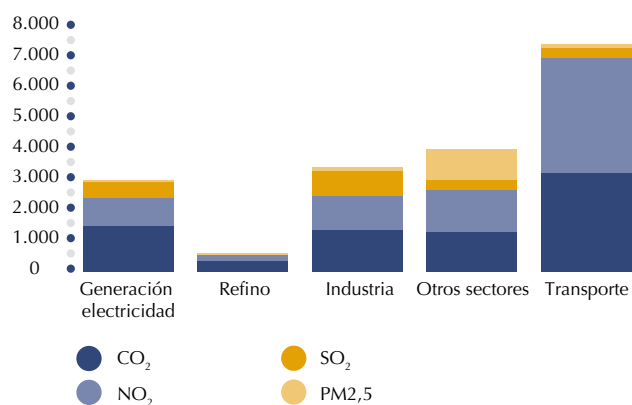
Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2019

Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2019

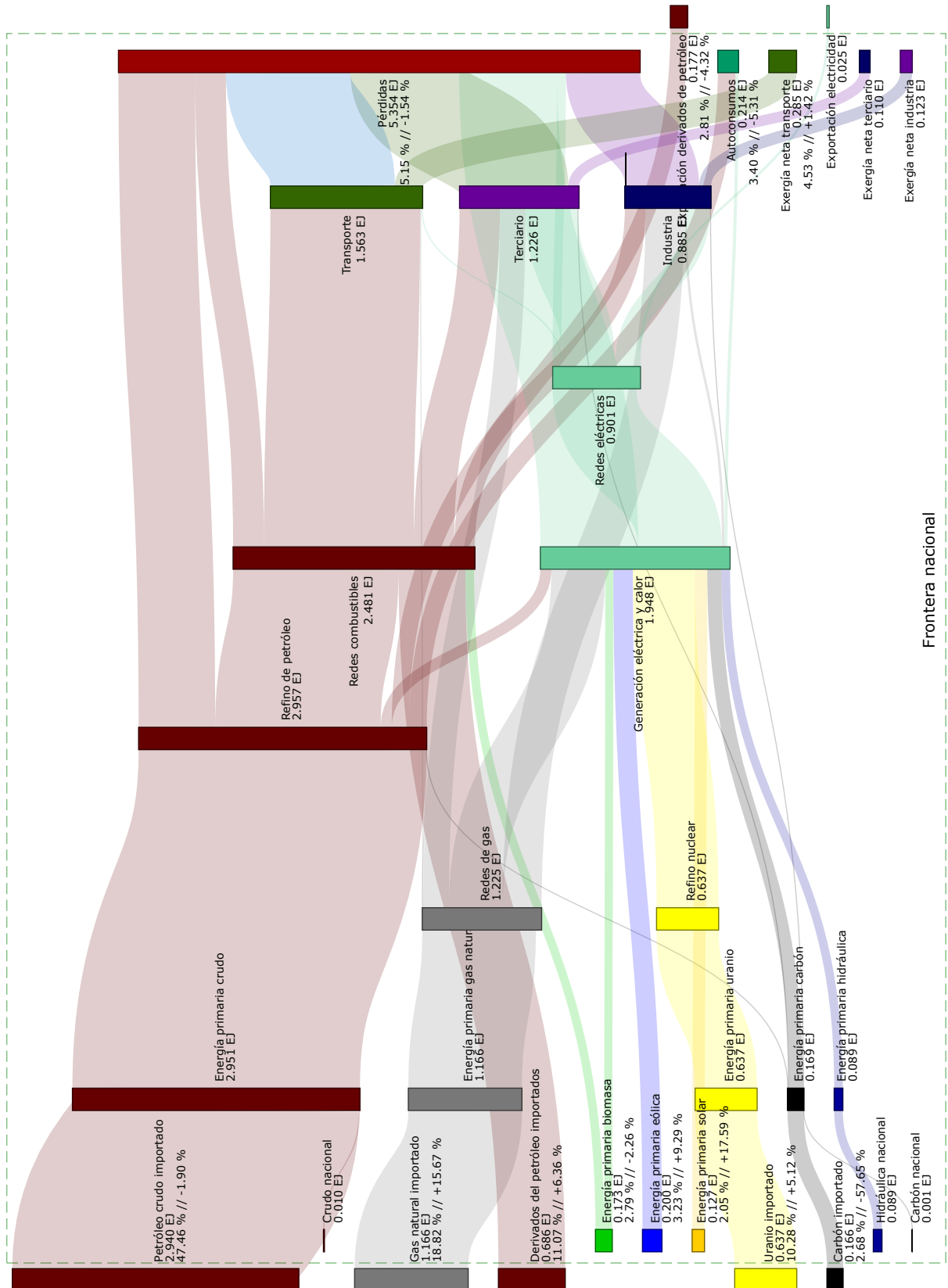
La siguiente tabla muestra las emisiones asociadas al sector energético español asociadas a los diferentes contaminantes considerados, así como su valor en términos económicos.

	Emisiones (Miles de Toneladas)	Precio Externalidad (€/t)	Coste Total estimado (M€)	Contribución relativa
CO ₂	219.634	35,72	7.846	42%
NO _x	595	12.500	7.444	40%
SO ₂	124	16.072	1.986	11%
PM2,5	69	19.643	1.358	7%

La gráfica mostrada a continuación desagrega el coste de las externalidades según subsectores y tipo de contaminantes.



Balance exergético en el sector energético español, 2019



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:

<https://www.comillas.edu/catedrabp/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, 2019
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2019

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, 2019:

- 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 (IEA, por sus siglas en inglés).
- Siguiendo el convenio de la IEA, 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 2018 han sido actualizados en las fuentes consultadas respecto a los valores publicados en el Observatorio 2019. En estos casos, se ha optado por actualizar el valor de 2018 de tal forma que los incrementos de 2019 respecto a 2018 sean consistentes con los datos más recientes y consolidados. Es importante tener en cuenta estos posibles cambios del valor de referencia en 2018 a la hora de comparar la edición anterior del Observatorio (2019) con esta edición (2020).

iii Comentarios a la figura de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2019:

- 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 procesamiento de combustibles en refinerías, aunque no se producen en los usos finales sino en las trans-

formaciones (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.

- Al comparar el dato de emisiones finales asociadas al consumo de energía mostradas en el diagrama Sankey con los datos del inventario nacional de emisiones, el lector observará una desviación significativa. El origen de este desvío está en que el valor del diagrama incluye las emisiones embebidas en la variación de las reservas nacionales de derivados del petróleo que, por tanto, no han sido quemados en este año.
- 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 al cálculo de externalidades asociadas al sector energético español, 2019:

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, así como las emisiones de gases contaminantes, es el Sistema Español de Inventario de Emisiones del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
3. 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 publicada en el año 2013 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.
4. El coste externo de las emisiones de otros contaminantes distintos del CO₂ se tomó de un libro publicado en 2014 por el Fondo Monetario Internacional, cuya referencia se proporciona a continuación. Debido al cambio de fuente respecto a las ediciones de 2014 y anteriores, los datos mostrados en el diagrama de Sankey incluyendo externalidades no son directamente comparables a los incluidos en dichas ediciones anteriores de este Observatorio. En el caso del SO₂ se ha pasado de 8.000\$/t a 18.000\$/t, en el de NO_x de 10.500\$/t a 14.000\$/t, y en el caso de las partículas, se han sustituido las PM₁₀ por las PM_{2,5}, pasando de un coste de 8000\$/t a uno de 22.000\$/t (cifras que son trasladadas a euros por tonelada en función del tipo de cambio €/€ promedio del año correspondiente).
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

8 de abril de 2021