

CÁTEDRA
BP DE ENERGÍA
Y SOSTENIBILIDAD



Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Informe basado en indicadores

Edición 2021

Observatorio de Energía y Sostenibilidad

Edición 2021

Equipo de redacción

José Bellver, Rafael Cossent, Pedro Linares, José Carlos Romero, Manuel Pérez
Bravo, 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 2020	11
Fuentes, transformaciones y usos finales de la energía en España, 2020	17
Origen de las emisiones de CO ₂ en el sector energético español, 2020	17
Balance exergético en el sector energético español, 2020	18
Tablas de datos.....	24
Notas.....	25

Prólogo del equipo de la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad

La Política Energética en España en 2021



Pedro Linares



Rafael Cossent



José Carlos Romero

Desgraciadamente, nos vemos obligados, un año más, a comenzar este resumen de la política energética en España 2021 con un recuerdo sentido para las víctimas de la COVID-19, que ha seguido cercenando vidas y creando disrupciones en nuestras economías y, cómo no, también en el sector energético.

Sobre esto se añade el que, cuando estábamos cerrando la redacción del documento, estalló otra tragedia también terrible y con indudables consecuencias sobre el sector energético que ya estamos experimentando, como es la invasión de Ucrania. Desde la Cátedra BP no podemos más que condenar enérgicamente esta invasión, afirmar nuestra solidaridad con el pueblo ucraniano, y confiar en que la cordura vuelva a imperar en el orden político internacional y en los mercados energéticos.

Respecto a la COVID-19, terminábamos nuestro comentario el año pasado confiando en que aprovecharíamos la oportunidad que suponían los fondos dispuestos por la Unión Europea para promover la recuperación post-covid, los NextGeneration EU. Lamentablemente, en el momento en que cerramos la redacción del comentario, aún no hemos recuperado la normalidad, ni tampoco nos hemos beneficiado del estímulo de los fondos (aunque sí estamos sufriendo los altos precios energéticos de la recuperación de la actividad en otras regiones, y más recientemente, los asociados a la invasión de Ucrania).

La buena noticia es que, al menos, los fondos han comenzado a desplegarse. La falta de concreción del Plan de Recuperación y Resiliencia afortunadamente se ha ido concretando en PERTEs (Planes Estratégicos de Recuperación y Transformación Económica). En julio se aprobó el del desarrollo del vehículo eléctrico y conectado, y en diciembre el de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento. Confiamos en que los proyectos seleccionados promuevan de verdad la capacidad industrial en España y la competitividad de nuestra economía para la transición energética alineada con los compromisos internacionales.

A este respecto, y con un año de retraso, finalmente pudo celebrarse la COP26 de Glasgow. En ella, a pesar de algunos avances en acuerdos bilaterales o sectoriales, se constató la falta de coherencia de los NDCs de muchas regiones con los objetivos del Acuerdo de París, y también se cerró la negociación sobre el artículo 6 que regula los mercados de emisiones, en nuestra opinión sin que se asegurara la integridad climática. Por otro lado, se realizaron muchas promesas de neutralidad climática, aunque a largo plazo.

Una de las propuestas de neutralidad más ambiciosas vino de la Unión Europea, que en junio había aprobado finalmente su Ley del Clima, y que en julio publicó su paquete "Fit for 55", el conjunto de medidas que serían necesarias para lograr el objetivo

del 55% de reducción de emisiones para 2030. En nuestra opinión, los elementos más interesantes del paquete son: el sistema de comercio de emisiones para transporte y edificios (junto con los estándares para vehículos y la fiscalidad); el mecanismo de ajuste en frontera (o CBAM); y el fondo social. El fondo social, de hecho, se constituye como la clave esencial para poder aprobar, en esta coyuntura de elevados precios energéticos, cualquier medida que suponga una elevación de los mismos.

Y es que, efectivamente, los altos precios del gas (y en menor medida del petróleo y sus derivados) que estamos experimentando desde el verano están marcando la agenda política, también a nivel nacional. Así el año 2021, que comenzó de forma muy positiva, vio un final plagado de normativas mucho más discutibles.

Como decimos, el primer semestre del año incluyó varios elementos muy positivos. En enero tuvo lugar, con un éxito relevante, la primera subasta de renovables diseñada con el nuevo sistema (y que ya valoramos positivamente el año anterior). En octubre tuvo lugar la segunda de estas subastas, con unos resultados algo más discretos, pero en cualquier caso también positivos para ayudar a integrar el elevado porcentaje de energías renovables que necesita nuestro sistema para poder cumplir los objetivos establecidos a 2030.

El segundo hito positivo fue la aprobación, al fin, de la primera Ley de Cambio Climático y Transición Energética de nuestro país. A pesar de algunas limitaciones ya señaladas, no podemos sino congratularnos de, al fin, contar con una ley que establece objetivos claros y un sistema de gobernanza para ayudarnos a guiar la transición hacia la neutralidad climática.

Finalmente, el 1 de junio se presentó el proyecto de Ley del Fondo Nacional para la Sostenibilidad del Sistema Eléctrico, otra normativa que valoramos positivamente el año pasado, aunque con importantes implicaciones redistributivas que confiábamos se solucionaran en su tramitación parlamentaria. La tramitación sigue, por lo que habrá que seguir siendo optimista.

Además de la actividad legislativa, se continuó trabajando en la definición de objetivos energéticos para 2030, esta vez con la publicación para información o audiencia pública de la hoja de ruta del biogás o la hoja de ruta del autoconsumo en julio y noviembre respectivamente, así como la publicación de la hoja de ruta para el desarrollo de la eólica marina y las energías del mar ya en el mes de diciembre.

La parte negativa del año comienza con la aprobación de la nueva estructura de cargos de la tarifa eléctrica, que entró en vigor el 1 de junio. Como ya hemos advertido en otras ocasiones, la decisión de pasar costes fijos a cargos variables no genera más que problemas, mucho mayores que la posible mejora en la eficien-

cia energética que puede inducir: problemas de sostenibilidad del sistema a largo plazo, eficiencia distorsionada, y también problemas de equidad, porque son los hogares más pobres los que terminan pagando más con este tipo de estructuras tarifarias.

Y, a continuación, el 24 de junio, llegó la batería de medidas implantadas para luchar contra los efectos negativos de la desmedida subida de precios del gas natural (y, como consecuencia, de la tarifa eléctrica), cuyo efecto se vio amplificado por el aumento del precio de los derechos de emisión de CO₂.

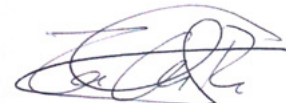
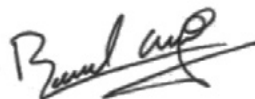
En primer lugar, se decidió reducir el IVA aplicado sobre la electricidad, y suspender el impuesto del 7% que se establecía sobre la generación eléctrica. Lo segundo, de hecho, ya se había demandado repetidas veces, entre otras cosas por aplicar un impuesto supuestamente “medioambiental”, al menos en su definición, a todas las fuentes de generación. Pero la reducción del IVA sí trae consigo varios problemas. El primero es que no discrimina por renta, sino más bien todo lo contrario: beneficia más precisamente a los hogares que más pueden capear el temporal de los altos precios, bien invirtiendo en eficiencia, o bien simplemente por suponer un porcentaje mucho menor de su renta. No obstante, sí es cierto que en paralelo se implantaron medidas adicionales de mitigación de la pobreza energética en este escenario de precios altos. Las dos más destacadas fueron, por un lado, la prohibición de cortes de suministros básicos en hogares vulnerables hasta el 28 de febrero de 2022 y, por otro, un incremento en los porcentajes de descuento del bono social eléctrico que pasaron a ser de un 60% y 70% de reducción en hogares vulnerables y vulnerables severos respectivamente, frente al 25% y al 40% anteriores (medida posteriormente extendida hasta el 31 de abril de 2022).

El segundo problema de la rebaja del IVA mencionada anteriormente es que se aplica a todos los consumidores, cuando aquellos consumidores que tenían contratada una tarifa estable en el mercado libre (no el PVPC de la tarifa regulada) realmente no

estaban sufriendo los precios más altos. De hecho, es interesante señalar que el cumplimiento de la promesa de que la tarifa de la luz no sería superior a la de 2018 sólo se cumple gracias a la rebaja de la que se han beneficiado los consumidores a tarifa fija, ya que las tarifas reguladas sí se situaron por encima de las de 2018.

Posteriormente llegaron las medidas más polémicas, algunas de las cuales tuvieron que retirarse posteriormente: el impuesto sobre los “beneficios caídos del cielo” que no podía aplicarse a la energía contratada a plazo; la detracción de los ingresos de la subasta de CO₂ (que no se podría usar para la innovación o la protección de los vulnerables); las subastas inframarginales (que aún no se han configurado); o la limitación a la tarifa de gas natural (que directamente supone crear un déficit de tarifa, con las consecuencias negativas que ya conocemos). Como ya hemos dicho en alguna ocasión, y más allá de la imprescindible protección a los consumidores vulnerables, creemos conveniente reflexionar con calma y prudencia, y de forma integral, sobre muchos de estos aspectos para poder lograr una configuración adecuada de los mercados y tarifas energéticas, que dé las señales adecuadas a la inversión y a la innovación, tan necesarias para la transición energética, y que proteja a los consumidores vulnerables. Estas son las claves de la sostenibilidad energética que siempre ha defendido la Cátedra BP, y que no podemos sino volver a recordar.

Por supuesto, es importante señalar, a modo de conclusión, que todas las reflexiones anteriores pueden ser válidas en un contexto de cierta normalidad, pero no necesariamente en una situación de emergencia como la que estamos viviendo como consecuencia de la invasión de Ucrania. Una situación así puede justificar medidas excepcionales, siempre que sean puntuales y que no comprometan los objetivos de medio plazo. De hecho, algunas medidas podrían incluso acelerar la transición energética, lo cual podría considerarse como un elemento positivo dentro de la terrible tragedia política y humanitaria que estamos viviendo.



El Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

Presentación

Es una satisfacción para la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad presentar la decimoquinta edición de su Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España, una de nuestras actividades principales. 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 cre-

cimiento 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, como ya hicimos los dos últimos años, 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 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 2019 y 2020. 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 2021 recoge en sus tablas y figuras los datos correspondientes al año 2020, 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 2020. En el caso de algunos indicadores internacionales la serie solamente alcanza hasta 2019.

Indicadores energéticos en 2020

El consumo de energía primaria global cayó un 4,2% entre 2019 y 2020, rompiendo con la tendencia al alza de los últimos años. En el mismo período, el consumo de energía primaria en la UE-15 descendió un significativo 9,1%. De igual manera, en España se observó un descenso aún mayor del 11,5%. Así, el consumo de energía primaria en España se situó en niveles no vistos desde comienzos de los 2000, en gran medida debido al impacto de la crisis sanitaria. Entre los años 2019 y 2020 la fracción de la energía primaria mundial que se consume en la OCDE ha seguido descendiendo, situándose en torno al 39% a finales de 2020.

El consumo de energía primaria per cápita en el mundo descendió significativamente entre 2019 y 2020 (5,2%), al igual que ocurrió en el conjunto de los países OCDE (7,8%). El consumo per cápita también descendió en la UE-15, un 9,2%, y en España, donde este indicador cayó un 13,6%.

En cuanto a la intensidad energética primaria, se observa una reducción entre 2019 y 2020 en la media mundial (1%) y en los países de la OCDE (2,9%). La tendencia a la baja fue similar en el área UE-15, con un descenso del 2,3%, y en España, con una bajada del 2,6%. El hecho de que el descenso de la intensidad

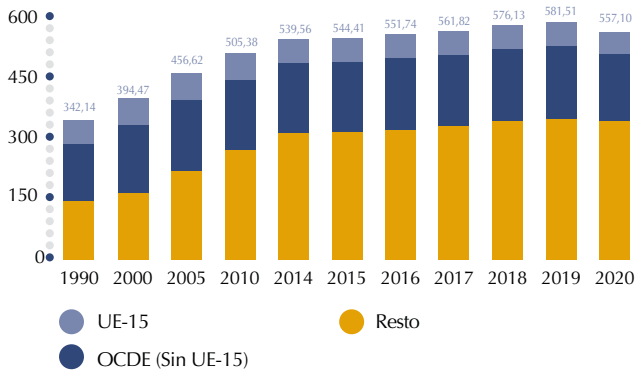
energética primaria en España fuera superior al de la UE-15 en el año 2020 permitió reducir la brecha existente entre España y el resto de los principales países europeos.

Si comparamos los valores de este indicador (medido en euros constantes de 2015) en España con la media de la UE-27, se observa que ambos se situaron en valores muy similares. Entre los años 2000 y 2020, la intensidad energética primaria en la UE-27 se redujo en aproximadamente un 29,5% mientras que en España esta reducción fue de poco más de un 25%.

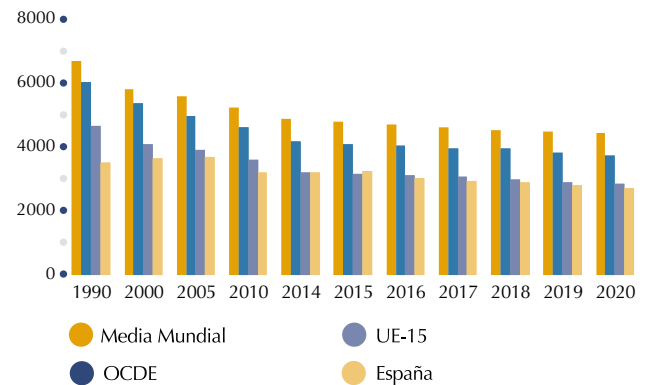
Con relación al consumo de energía final, este indicador disminuyó en España un 11,4% en 2020 respecto a 2019, cayendo más de un 20% por respecto del consumo de energía final observado en 2008. Por tanto, en el año 2020 en España se ha reducido tanto el consumo de energía primaria como el de energía final, siendo la caída del primer indicador ligeramente mayor. Asimismo, ha descendido tanto la intensidad energética primaria (2,6%) como la intensidad energética final (0,6%).

Este descenso ligeramente mayor de la energía primaria en comparación con el de la energía final se explica en parte por los cambios observados en la matriz energética primaria. Entre 2019

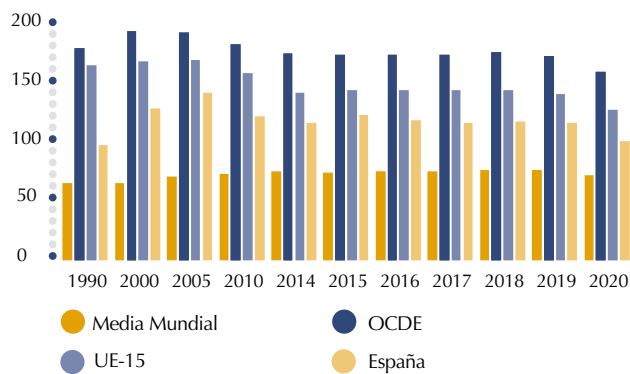
Consumo Total de Energía Primaria EJ



Intensidad energética primaria GJ/Millón \$ constantes 2017 PPA

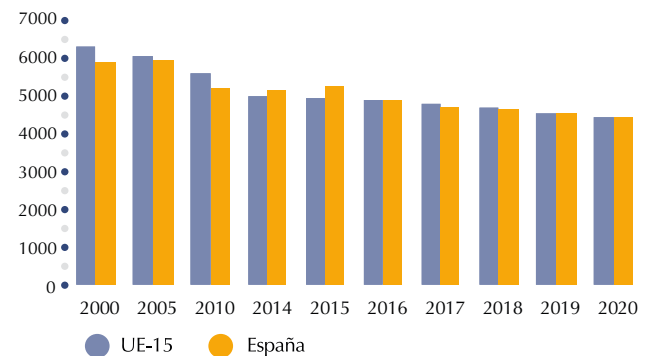


Consumo de Energía Primaria per Cápita GJ/hab



Energía Primaria por PIB - Intensidad Energética

GJ/Millón € constantes 2015



y 2020, el petróleo, el carbón y el gas natural disminuyeron su contribución en el mix primario un 15,8%, un 49,8% y un 10% respectivamente. Estos descensos se debieron en gran medida al descenso de la demanda, a la vez que se vieron compensados en parte por el aumento de las renovables (8,6%). Esto fue así, por un lado, gracias a que las energías solar y biomasa crecieron un 8,8% y un 8,2% respectivamente, y, por otro lado, al muy notable aumento de la energía hidráulica (23,8%).

Las energías renovables tuvieron un peso del 12,7% en el mix primario y de aproximadamente el 44,9% sobre la producción de electricidad en 2020, siendo ambos valores superiores a los de 2019 (10,3% y 38,2% respectivamente). La mayor contribución correspondió, por este orden, a eólica y solar. Esta última tecnología renovable se mantuvo en 2020 por encima de la energía hidráulica (a pesar de que esta última creció casi un 24%) gracias al notable aumento del 8,8% de la solar.

Si el año 2020 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 en niveles muy similares a los realmente observados, con descensos de apenas un 0,89% y 0,01% respectivamente. Esta variación mayor en la energía primaria que en la final se explica por el hecho de que, por un lado, las temperaturas del año 2020 fueron prácticamente iguales a la de un año medio y, por tanto, la demanda final apenas hubiera variado. Por otro lado, la hidraulicidad por encima de la media que se observó en 2020 permitió reducir el uso de combustibles fósiles respecto a un año medio.

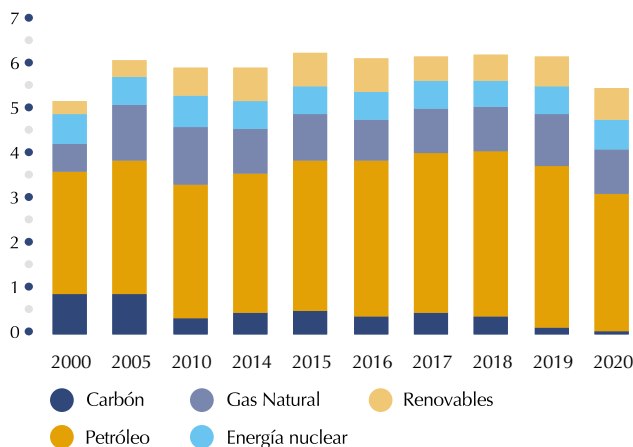
Debido a esto, la participación de las energías renovables en este escenario contrafactual hubiera sido más de un 3% inferior tanto en usos finales como en generación eléctrica. A la hora de analizar esta comparativa, es importante señalar que el principal factor diferenciador entre el año 2020 real y su contrafactual, corresponde a que el año 2020 presentó una hidraulicidad

sensiblemente superior a la media. Sin embargo, al comparar el año 2020 con 2019, año que presentó una hidraulicidad media, además de este factor, hay que tener en cuenta la importante caída de la demanda energética causada por la crisis sanitaria. Por este motivo, se aprecian cambios mucho mayores al comparar 2020 y 2019, que al comparar el 2020 real y el escenario contrafactual.

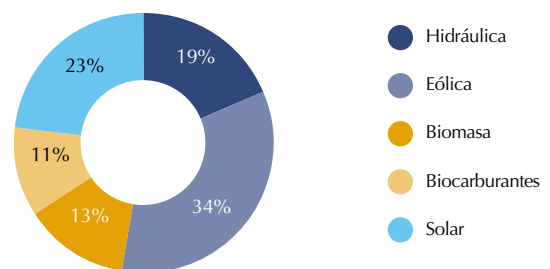
Con relación a los flujos energéticos, descendieron notablemente las importaciones, con una caída agregada del 14,9%. Atendiendo a las diferentes fuentes de energía, los descensos en las importaciones fueron generalizados, destacando los de gas natural (9,8%), carbón (49,8%), petróleo crudo (17,3%) y derivados del petróleo (19,2%). Como ya ocurría el año anterior, el carbón importado representó en 2020 la práctica totalidad del consumo de energía primaria correspondiente al carbón. Otro elemento a destacar es que, como ya ocurría en 2019, las importaciones de gas natural licuado, que apenas variaron respecto a 2019, superaron ampliamente a las importaciones por gasoducto, que descendieron más de un 22%. Con relación a las exportaciones, éstas experimentaron un ligero incremento del 0,52%, esencialmente debido al aumento de las exportaciones de derivados (2,3%).

Estos cambios se debieron, en primer lugar, al descenso generalizado de la demanda en todos los sectores. Asimismo, el peso de todos los combustibles fósiles en la producción de electricidad disminuyó, siendo reemplazado principalmente por un aumento de las energías renovables, manteniéndose la producción nuclear prácticamente constante. De igual manera, a pesar de una disminución de las importaciones de derivados del petróleo y de su consumo final agregado para todos los sectores (17,5%), se observó un aumento de las exportaciones de derivados del petróleo al haber caído en menor medida la actividad del refino. Atendiendo al consumo final por sectores, el subsector de transporte fue el que más vio reducida su demanda (20,6%), presumiblemente por las restricciones a la movilidad y la caída de actividad económica derivadas de la crisis sanitaria, mientras que la demanda de los sectores industrial y usos diversos descendieron un 8,6% y un 2,5% respectivamente.

Consumo de Energía Primaria en España EJ



Composición de Energías Renovables en Energía Primaria

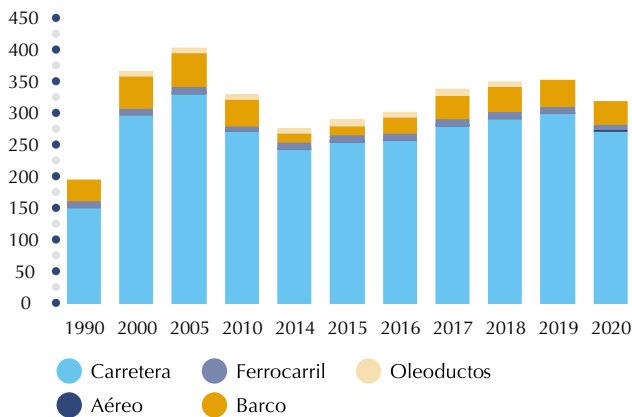


En su conjunto, la dependencia energética de España respecto del exterior disminuyó ligeramente y se situó en un 85,9%. Esta elevada dependencia energética apenas hubiera variado en un año hidrológico y climatológico medio, lo que denota que estamos ante una situación estructural y no coyuntural, y por encima de la media europea en relación con este indicador.

En cuanto al análisis sectorial, la demanda del sector del transporte ha descendido notablemente en 2020. El transporte de mercancías en su conjunto cayó un 9,6%, fundamentalmente por un descenso del transporte de mercancías por carretera del 8,8%. Este modo de transporte aún representa más del 85% del total del transporte de mercancías.

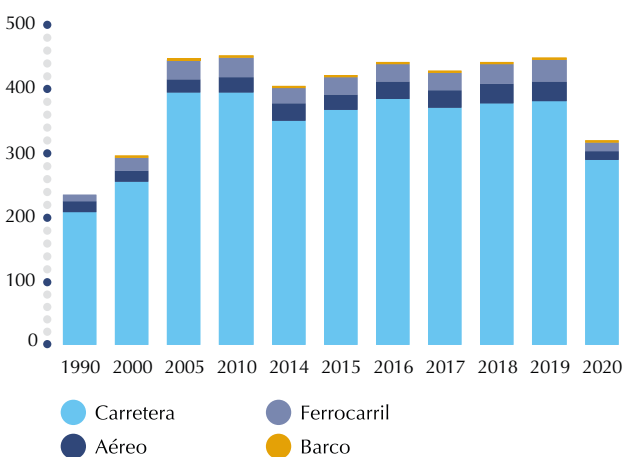
Movilidad interior de mercancías en España

Miles de millones de t-km



Movilidad interior de viajeros en España

Miles de millones de viajeros-km

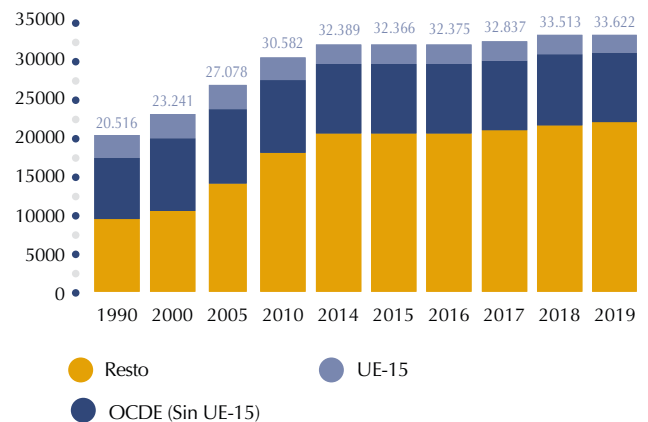


De igual manera, el transporte de pasajeros en 2020 bajó un 29,5% respecto a 2019. Este descenso en la movilidad de pasajeros se produjo para todos los modos de transporte. En términos relativos, el mayor decremento lo experimentó el ferrocarril con un descenso de casi el 66%. No obstante, el transporte de pasajeros por carretera, con una caída del 24,3% en términos relativos, experimentó el mayor descenso en términos absolutos. Este modo de transporte sigue representando más del 90% del total.

Por primera vez desde que se elabora este observatorio, el transporte no es el sector que más energía consume, habiendo sido superado por el sector de usos diversos. No obstante, sigue representando más del 20% del consumo total de energía primaria o cerca del 35,2% de la energía final, y es el que más emisiones de CO₂ causa (más del 26% del total de emisiones y en torno al 45% una vez descontadas las emisiones asociadas a los autoconsumos, las pérdidas y las exportaciones). Por tanto, y teniendo en cuenta la particular situación vivida en 2020, este sector sigue siendo prioritario en cuanto al diseño de una política energética sostenible.

Las emisiones globales de CO₂ aumentaron en el año 2019 un 0,3% respecto a 2018¹, superando los 33,6 mil millones de toneladas. En el mismo período, las emisiones disminuyeron un 2,8% en el conjunto de los países de la OCDE. Este descenso se produjo tanto en las emisiones en la UE-15 (4,9%) como en las del resto de los países de la OCDE (2,3%). 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 (9,8% en el conjunto de la OCDE y 23,4% en la UE-15).

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 2019. El caso español en 2020 se discute en mayor detalle más adelante.

En 2019, las emisiones de CO₂ per cápita en los países OCDE (8,29 tCO₂/habitante) y el nivel medio global (4,38 tCO₂/habitante) continuaron en proceso de convergencia. Las emisiones en la UE-15 y España se situaron entre esos dos valores (5,77 y 5,93 tCO₂/habitante respectivamente).

Globalmente, en 2019 la reducción de la intensidad de las emisiones (emisiones/PIB) fue del 2,4%. En el mismo período, la reducción de este indicador fue más acusada en la UE-15 que en el conjunto de la OCDE (6,3% y 4,5% respectivamente), mientras que en España se produjo una caída aún mayor (11,6%).

Analizando el caso español en el año 2020 en mayor detalle, las emisiones de CO₂ imputables al consumo de energía primaria (neto de exportaciones) disminuyeron casi un 20%, cayendo al nivel más bajo en más de una década y situándose por debajo de los 225 millones de toneladas. De igual manera, las emisiones per cápita en 2020 descendieron un 20%, al igual que la intensidad de las emisiones, que disminuyó un 9,8% en 2020. En definitiva, puede decirse que el sector energético español experimentó una mejora generalizada de sus indicadores de emisiones en el año 2020, si bien es cierto que no puede ignorarse el impacto de la situación derivada de la crisis sanitaria.

Las emisiones de CO₂ asociadas a energía primaria en 2020, sin descontar las exportaciones, también descendieron respecto a 2019, con una caída del 15,9%. El significativo descenso del consumo de energía final, sumado al aumento de la contribución renovable, principalmente de la hidráulica y la solar, explican dicha reducción de emisiones.

Comparando nuevamente con el escenario contrafactual ya mencionado, si el año 2020 hubiera sido climatológicamente medio, las emisiones habrían sido un 2,7% superiores a las realmente observadas. Esta diferencia es principalmente debida al efecto de 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.

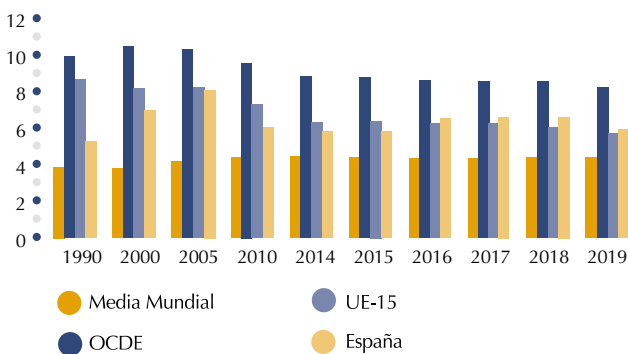
La disminución de la actividad económica experimentada en 2020 junto con una fuerte reducción de la intensidad de carbono de la economía fueron los dos factores que principalmente incidieron en la reducción de emisiones. Esta reducción en la intensidad de carbono de la economía se debió a que, porcentualmente, bajó mucho el contenido en fuentes fósiles del mix energético (más renovables en la producción de electricidad, caída del uso de petróleo y derivados por el descenso del consumo en el transporte, etc.). Estos factores permitieron compensar el ligero incremento al que, por sí solo, hubieran dado lugar el moderado empeoramiento de la eficiencia y el efecto estructural (asociado al mayor consumo residencial).

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, algo que la invasión de Ucrania no ha hecho sino recordarnos de forma explosiva.

En el año 2020 disminuyó la factura energética española de manera significativa. Los gastos del sector energético disminuyeron en 2020 un 11,1% con respecto a 2019². Esta disminución se produce debido tanto a la caída del consumo energético, como al descenso generalizado de los precios de las materias primas ocurrido entre 2019 y 2020.

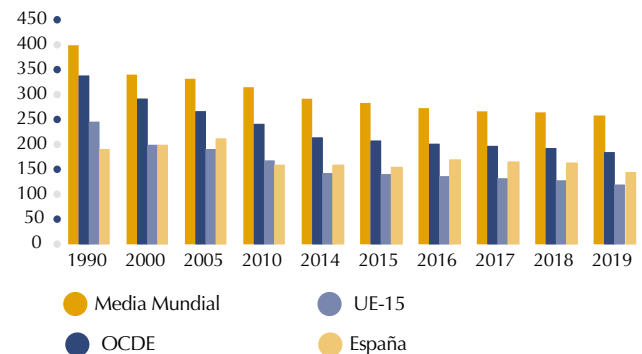
Este descenso del gasto no ha tenido un impacto positivo sobre el valor añadido del sector energético español, que disminuyó un 10,1% en 2020, lastrado por la caída de la demanda y los

Emisiones de CO₂ per Cápita t CO₂/Hab



Emisiones de CO₂ por PIB - Intensidad de Emisiones

t CO₂/millón \$ constantes 2017 PPA



2 Los datos para el año 2020 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

precios finales. El subsector del refino de petróleo vio reducido su valor añadido en un valor similar (9,2%), pese al aumento de las exportaciones de derivados.

El precio del barril de crudo Brent cayó casi un 35%, mientras que el gas natural en el mercado europeo (tomando el mercado alemán como referencia) disminuyó más de un 19% hasta los 4,06US\$ por millón de BTU, y el precio medio de la tonelada de carbón (50,3US\$) bajó más de un 17%. Es de destacar la diferencia con el precio del gas natural en EE.UU., donde el precio medio del Henry Hub durante 2020 fue significativamente menor (1,99US\$/Millón BTU); o con el de en Japón, donde el precio medio del gas natural licuado fue sensiblemente mayor (7,81US\$/Millón BTU).

Este descenso del precio de los recursos primarios ha tenido un claro reflejo en los precios finales. Mientras en 2019 la evolución de los precios finales de la electricidad fue diferente en España, con descensos generalizados, respecto al resto de Europa, donde se mantuvieron en niveles similares o incluso crecieron, su evo-

lución en 2020 mostró descensos generalizados tanto en España como en la media de los países de la UE-28. No obstante, es cierto que el descenso en España fue mucho más acusado. En el caso del sector residencial, los precios descendieron un 31,4% en España, mientras que en la UE-28 cayeron un 2,4%. Por otro lado, los precios de la electricidad para los consumidores industriales bajaron un 28,3% en España y un 3,6% en la UE-28.

De igual manera, al contrario de los que ocurría en 2019, los precios finales del gas natural experimentaron un descenso generalizado en 2020. En la UE-28, esta caída fue del 3,5% y 11% para los sectores residencial e industrial respectivamente, mientras que en España el descenso fue del 8,6% y el 16% para consumidores domésticos e industriales respectivamente. Cabe mencionar que este descenso de los precios del gas se produjo a pesar de aumentar el peso del GNL sobre el total de importaciones de gas, un 63% en 2020 frente al 57% en 2019.

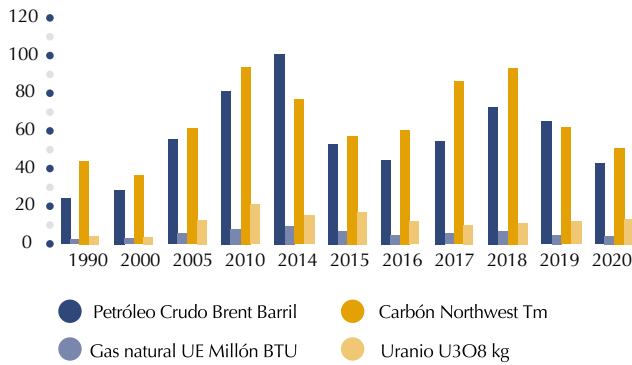
Los precios de los derivados de petróleo en España y UE-28 mostraron variaciones relevantes en 2020, con descensos generalizados en línea con la caída de los precios internacionales del crudo. Esta disminución se produjo tanto en España, un 9,2% y un 11,5% para la gasolina y el diésel respectivamente, como en el conjunto de la UE-28, con una reducción de un 10,7% y un 13,3% para gasolina y diésel respectivamente. 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) apenas experimentó cambios en 2020 respecto a 2019, con un pequeño descenso del 0,4% permaneciendo en los 24,75€/t, cerca de los valores máximos históricos observados hasta esa fecha.

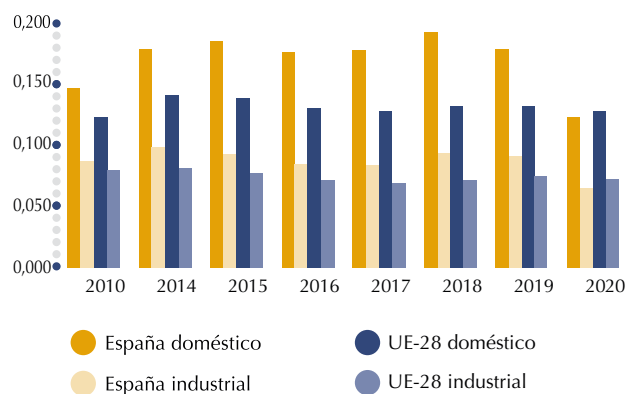
Finalmente, y al igual que en el informe de años anteriores, es interesante llamar la atención sobre la relevancia de los costes externos debidos a la contaminación por CO₂, SO₂, NO_x y partículas. Los costes externos del sector se sitúan en un orden de

Precios de los recursos energéticos

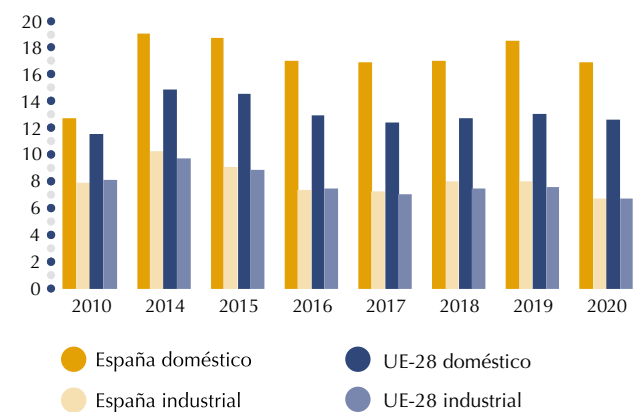
Dólares corrientes por unidades respectivas



Precios de la Electricidad € corrientes/kWh sin impuestos



Precios del Gas Natural € corrientes/GJ sin impuestos



magnitud similar a su valor añadido, y suponen casi un 1,5% del PIB español. El subsector que más costes externos genera es el del transporte, pese a haber reducido sus externalidades un 11,7% respecto a 2019. El resto de sectores también redujeron sus externalidades, en particular el sector eléctrico, cuyas externalidades cayeron más de un 22% respecto a 2019 debido principalmente a la caída de la demanda y la alta hidráulicidad.

Asimismo, pese a que continuaron reduciendo su peso respecto al total, una gran parte 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 2020, resulta interesante evaluar el efecto sobre los usos finales. En 2020, tan solo un 13,6% 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 17,9%. 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 publicados por el MITERD a finales de 2021³, nos encontramos con una situación

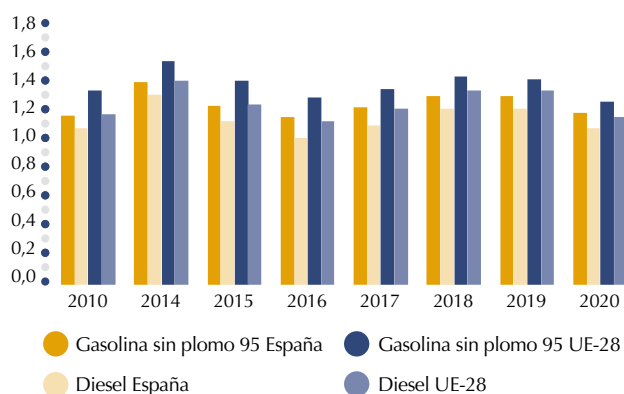
muy dispar. Los dos indicadores objetivos basados en ingreso-gasto, a saber, el de gasto desproporcionado (2M) y el de gasto insuficiente (HEP) apenas muestran variación. Pasaron de afectar en 2019, respectivamente, al 16,7% y al 10,7% de hogares de nuestro país, a hacerlo al 16,8% y al 10,3% en 2020. Podemos inferir de estos resultados que, a pesar de la situación de pandemia y confinamiento sufrida en 2020, el escudo social implantado por el gobierno (en especial la prohibición de cortes de suministro) limitó los daños en lo que a pobreza energética se refiere.

Por otra parte, los indicadores subjetivos (aquellos basados en la Encuesta de Condiciones de Vida) empeoraron muy notablemente. El indicador de temperatura inadecuada en el hogar pasó de un 7,6% de los hogares a un 10,9%; y el indicador de retraso en pago de facturas pasó de un 6,6% a un 9,6% de 2019 a 2020. Se pone de manifiesto con ello que, a pesar del escudo social antes mencionado, las deudas crecieron, así como también lo hizo la sensación percibida de bajo confort térmico en nuestros hogares.

Adicionalmente, según el informe de indicadores presentado por la Cátedra de Energía y Pobreza⁴, incluimos dos indicadores adicionales. El primero es un indicador de gasto desproporcionado alternativo. Se trata del conocido como MIS, métrica que identifica aquellos hogares que gastan en energía por encima de un umbral absoluto obtenido a partir de la renta mínima de inserción⁵. El resultado muestra una evolución semejante al indicador 2M: pasamos de un 7,7% de hogares en pobreza energética según este indicador en 2019 a un 7,8% en 2020.

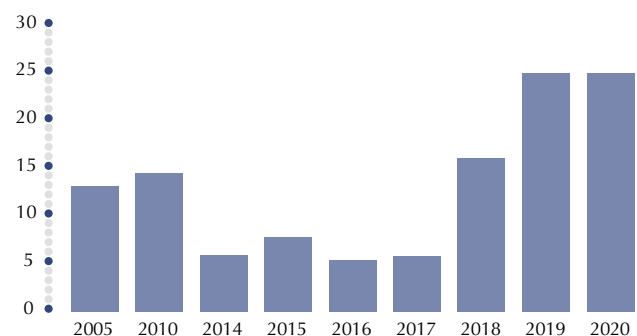
Por último, incorporamos un indicador de pobreza energética oculta. Este indicador identifica como pobres energéticos a aquellos hogares que gastan en energía menos de la mitad del

Precios de los Carburantes € corrientes/l con impuestos



3 MITERD, Actualización de Indicadores de la Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética, MITERD, diciembre de 2021.

Precio medio ponderado anual del CO₂ en Europa €/tCO₂



4 Romero, J.C. et al., Informe de Indicadores de Pobreza Energética en España 2020, Cátedra de Energía y Pobreza, Universidad Pontificia Comillas, enero de 2022.

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

gasto requerido para satisfacer sus necesidades energéticas, y que al mismo tiempo pertenecen a uno de los cinco deciles de ingreso más bajos. Así, nos encontramos con que, según este indicador, el 25,2% de los hogares serían pobres energéticos en 2019, cifra que bajó al 21,1% en 2020. Estos datos tan elevados nos alertan sobre la importancia de atender a esta dimensión de la pobreza energética, i.e. la pobreza oculta, que tradicionalmente se ha visto eclipsada por la de gasto desproporcionado.

A primera vista, podría decirse que los indicadores descritos anteriormente indican que el año 2020 el sistema energético español ha mostrado una evolución, desde la perspectiva de la sostenibilidad energética, positiva respecto a 2019. 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).

Sin embargo, el principal motivo que explica esta evolución de los indicadores es la caída del consumo energético causado por el brutal impacto de la crisis sanitaria sobre la actividad económica. Desearíamos que la recuperación de la actividad no implique un empeoramiento de los indicadores de sostenibilidad de nuestro sistema energético (aunque, a este respecto, la situación en Ucrania no contribuye a corto plazo). Asimismo, el otro factor principal que explica esta evolución de los indicadores es el efecto coyuntural de una alta hidraulicidad observada en 2020.

En la misma línea negativa, en 2020 no es posible hablar de una mejora de los indicadores de pobreza energética respecto a 2019, pese a las medidas adoptadas por el Gobierno. En función de la métrica empleada, varían significativamente la evolución

entre 2019 y 2020, algunos indicadores se mantienen estables, otros mejoran y otros empeoran claramente. Por este motivo, es importante resaltar la importancia de comparar diferentes indicadores para medir un fenómeno tan complejo como la pobreza energética.

En lo relativo a los indicadores económicos y la evolución de la demanda por sectores, descendieron los precios de las materias primas, los precios finales y, por tanto, la factura energética; el principal motivo fue nuevamente la caída de la actividad económica y la demanda final. Sí es relevante señalar que la disminución de la demanda fue asimétrica entre sectores. Mientras que el descenso en el consumo de la industria y de usos diversos fue de un dígito, la demanda del transporte cayó más del 20%, dejándose notar el impacto de las restricciones a la movilidad y el teletrabajo.

Asimismo, es importante destacar que, pese a que la mayor caída en términos absolutos de esta demanda del sector transporte se produjo en el transporte por carretera, este modo de transporte representó más del 90% del total, tanto para mercancías como para pasajeros. 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 2020 se debió fundamentalmente a la caída de la actividad económica, la alta hidraulicidad y, en menor medida, el aumento de la contribución solar. Por lo tanto, 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, 2020ⁱ⁻ⁱⁱ

El primer diagrama de Sankey que se presenta en este informe es el correspondiente a los flujos energéticos en España en el año 2020 y su variación respecto a 2019. 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, 2020ⁱⁱⁱ

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 2020 y sus variaciones respecto a 2019. 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, 2020^{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.

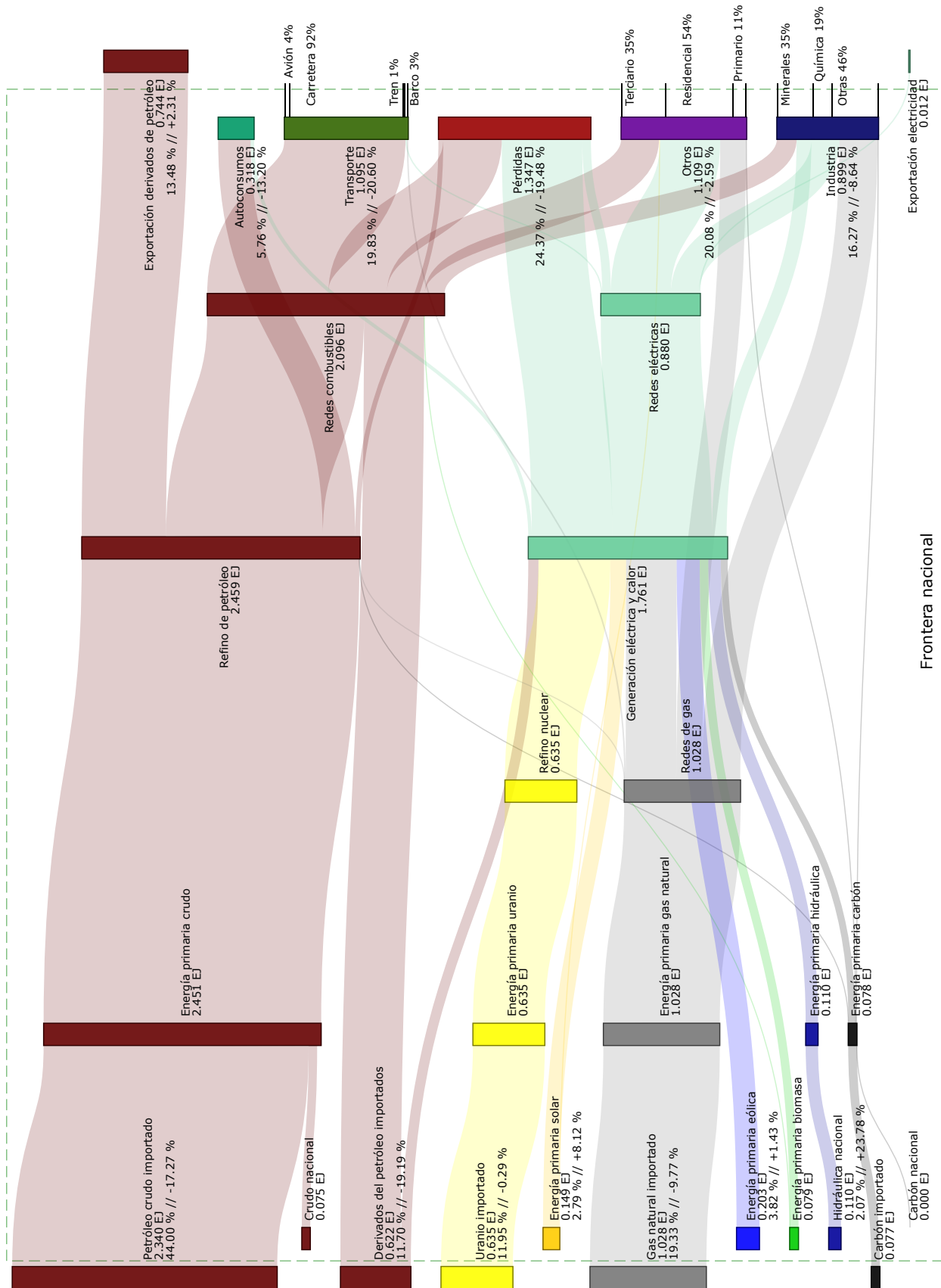
Balance exergético en el sector energético español, 2020

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-

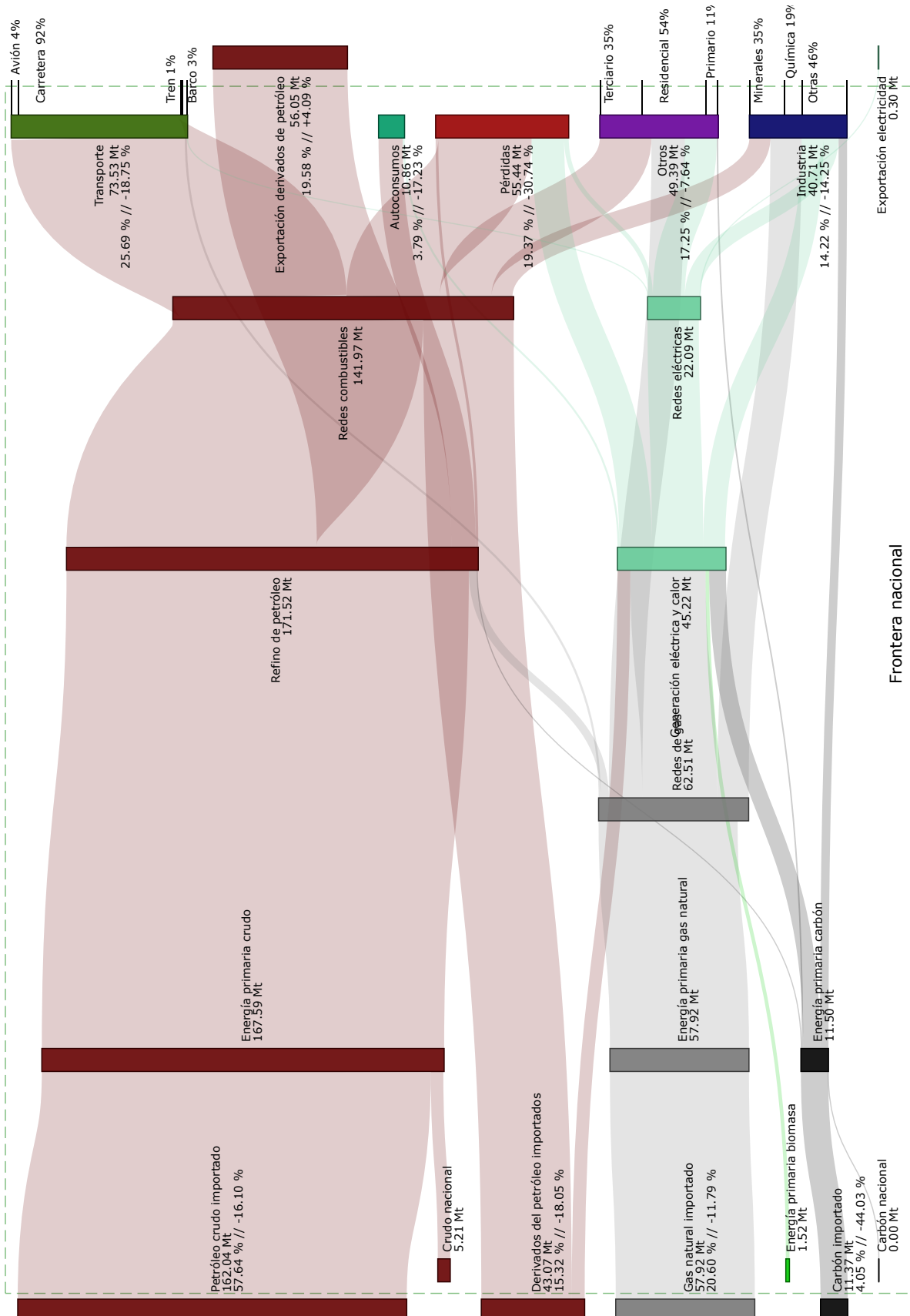
jo una eficiencia exergética media en función de las tecnologías empleadas en los servicios finales.

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, 2020



Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2020

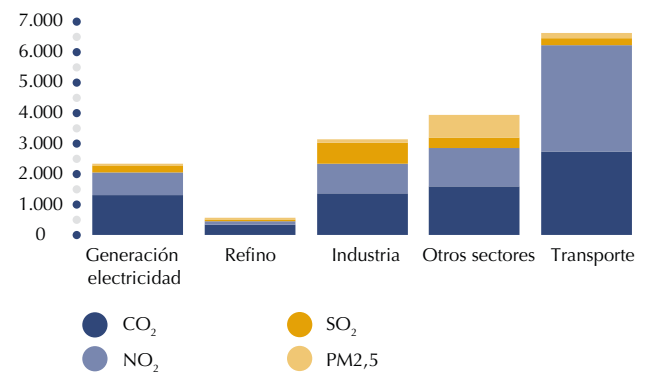


Incorporación de las externalidades al sector energético español, 2020

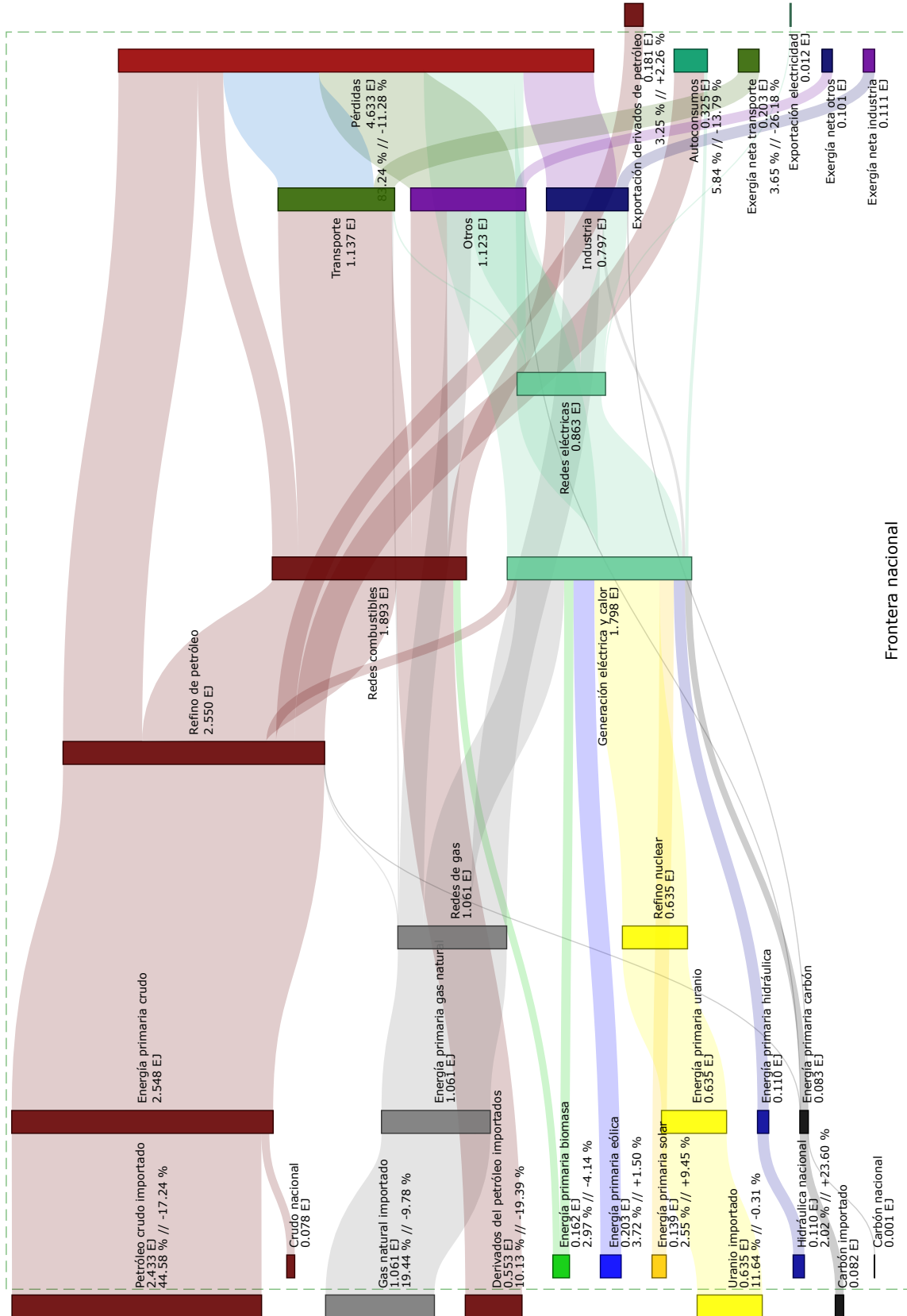
La siguiente tabla muestra las emisiones asociadas al sector energético español asociadas a los diferentes contaminantes considerados, así como su valor en términos económicos.

	Emisiones (Miles de Toneladas)	Precio Externalidad (€/t)	Coste Total estimado (M€)	Contribución relativa
CO ₂	209.844	35,10	7.365	45%
NO _x	541	12.283	6.640	40%
SO ₂	88	15.793	1.383	8%
PM2,5	57	19.302	1.100	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, 2020



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, 2020
- Tabla de datos del diagrama de Sankey de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2020

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, 2020:

- 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 2019 han sido actualizados en las fuentes consultadas respecto a los valores publicados en el Observatorio 2020. En estos casos, se ha optado por actualizar el valor de 2019 de tal forma que los incrementos de 2020 respecto a 2019 sean consistentes con los datos más recientes y consolidados. Es importante tener en cuenta estos posibles cambios del valor de referencia en 2019 a la hora de comparar la edición anterior del Observatorio (2020) con esta edición (2021).

iii Comentarios a la figura de Origen de las emisiones de CO₂ en el sector energético español, 2020:

- 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.

- 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, 2020:

1. 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.
2. 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.

3. 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 2015 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 PM2,5, 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. (2014). *Getting Energy Prices Right: From Principle to Practice*. Editado por el Fondo Monetario Internacional. ISBN: 9781484388570.



Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España

7 de abril de 2021