

EVALUACIÓN DEL PERTE DE DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

Pedro Linares*

U. Pontificia Comillas, ICAI-IIT

Resumen

Este trabajo evalúa los primeros resultados disponibles del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de descarbonización industrial, uno de los instrumentos más poderosos de apoyo a la descarbonización industrial en España desplegados hasta la fecha. El PERTE ha concedido 530 millones de euros en ayudas, fundamentalmente subvenciones directas, a los principales sectores industriales de nuestro país, que deben ejecutarse antes de marzo de 2026. Desgraciadamente, no existe información disponible acerca de las tecnologías financiadas o la reducción de emisiones esperable, lo que imposibilita una valoración de su efectividad. En cualquier caso, si se realiza una evaluación *ex ante* de su diseño y la distribución de las ayudas concedidas.

Palabras clave: descarbonización, industria, políticas públicas.

Abstract

This paper assesses the first available results from the Industrial Decarbonization PERTE, one of the most powerful instruments deployed to date in Spain in support of industrial decarbonization. The instrument has awarded 530 million euro, through mostly investment subsidies, to the major industrial sectors in Spain. These investments must be done before March 2026. Unfortunately, there is not yet information available about the technologies supported or the emissions reductions expected, which does not allow for assessing its effectiveness. However, we do offer an *ex-ante* evaluation of its design and of the distribution of the subsidies awarded.

Keywords: decarbonization, industry, public policy.

JEL classification: L53, Q54.

I. LA COMPLEJIDAD DE LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

El Acuerdo de París, aprobado en 2015, compromete a la gran mayoría de los países del mundo a tratar de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), para así intentar mantener el incremento de temperaturas asociado al cambio climático por debajo de 2^o C (o, idealmente, por debajo de 1,5^o C) para 2100. Para ello, cada país está obligado a elaborar un plan de reducción de emisiones coherente con este objetivo. Tanto Europa como España han elaborado estos planes a medio y largo plazo, en ambos casos con el objetivo de lograr la neutralidad climática (1) en el horizonte de 2050. El sector industrial debe constituir necesariamente

una parte esencial de esos planes, ya que es uno de los principales sectores emisores de GEI, con un 24 por 100 de las emisiones globales, o un 34 por 100 si se incluyen las emisiones indirectas asociadas al uso de electricidad o calor (IPCC, 2022).

Sin embargo, la descarbonización de la industria presenta importantes retos tecnológicos y económicos. Si bien existen sectores industriales que utilizan energía en procesos de baja temperatura (por debajo de 200^o C), como por ejemplo la industria alimentaria, que podrían descarbonizarse de forma competitiva en los próximos años, otros sectores requieren utilizar energía a alta temperatura o tienen requisitos técnicos que hacen más compleja, y también menos viable económicamente, la sustitución

ción de los procesos actuales basados en el uso de combustibles fósiles. Esto a su vez presenta implicaciones en términos de competitividad, ya que la industria generalmente cuenta con cadenas de producción y comercio globales, y un aumento de costes en Europa o España en comparación con otras regiones no sujetas a estos objetivos de reducción puede suponer relocalizaciones, con las consecuentes pérdidas de empleo y renta, y también creando el fenómeno llamado “fuga de carbono”, por el cual las emisiones de GEI se desplazan a otros países, sin que el volumen total de estas emisiones se reduzca.

Esto ha llevado hasta ahora a Europa a proteger a la industria mediante la asignación gratuita de permisos de emisión (bajo el marco europeo de comercio de emisiones de CO₂, el EU ETS, European Union Emissions Trading System). Pero esta asignación gratuita también ha reducido la señal que ofrece el EU ETS para la descarbonización, una señal esencial si se quieren lograr estos objetivos de neutralidad climática en 2050 ya mencionados. Para tratar de reforzar este incentivo a la descarbonización, la Unión Europea tiene previsto reducir la asignación gratuita, y reforzar la protección a la industria europea frente a la fuga de emisiones mediante el conocido como Mecanismo de Ajuste en Frontera (o CBAM, por sus siglas en inglés), por el cual las importaciones también tendrían que pagar por sus emisiones de CO₂ embebidas. Con este mecanismo se nivelaría el terreno de juego dentro de Europa al menos (2), y las empresas europeas contarían con un incentivo claro para invertir en procesos menos emisores de GEI.

Desgraciadamente, este incentivo no está siendo suficiente para realizar estas inversiones. Por un lado, existen sectores para los que aún no se cuenta con tecnología descarbonizada comercialmente disponible. Por otro, la incertidumbre existente acerca de los precios de la energía, de los precios del CO₂, o de la disponibilidad tecnológica, hace que las empresas requieran incentivos adicionales, o medidas para reducir esta incertidumbre (Neuhoff *et al.*, 2019). En este contexto, la inversión en industria descarbonizada, y la contribución pública a la misma, se constituye como una apuesta estratégica no sólo para descarbonizar este sector, sino también para hacerlo más competitivo a futuro a

nivel global, dos aspectos que realmente deben ir siempre unidos: por un lado, una industria descarbonizada no competitiva terminará desapareciendo, llevándose con ella además el apoyo social necesario a la descarbonización; por otro, la descarbonización será con gran seguridad un factor esencial de competitividad de la industria en los mercados globales futuros.

En esta línea, la Comisión Europea ha creado el Fondo de Innovación europeo (EC, 2023), que concede ayudas a las empresas dispuestas a invertir en proyectos piloto de tecnologías no comerciales; otros Estados miembros han diseñado sus propios programas de apoyo.

Francia y Suecia, por ejemplo, han optado por programas de subvención a la inversión (similares al caso español, como se verá posteriormente). En el caso francés, el programa DECARB IND, en sus distintas convocatorias, financia actuaciones de ahorro energético, cambio de combustibles o materias primas, y captura de CO₂. Además, el Gobierno francés ha lanzado también una llamada para recibir propuestas de financiación para la descarbonización de grandes centros industriales (AO GPID), que cubre actuaciones similares, y concede ayudas durante quince años. Estos programas se encuadran en el Plan Francia 2030, un programa de cinco años, con 54.000 millones de euros de presupuesto. Suecia, por su parte, cuenta con el programa “Industrial Leap”, que apoya actuaciones como las francesas, y que cuenta con 125 millones de euros de presupuesto en 2025; y con el “Climate Leap”, un programa más general de reducción de emisiones también basado en subvenciones a la inversión.

Por su parte, Alemania (a través de sus Contratos por Diferencia de Carbono) y los Países Bajos (mediante su programa SDE+) distribuyen su apoyo fundamentalmente mediante apoyo al OPEX, y más específicamente hacia el diferencial de costes de producción de los procesos neutros en emisiones. La dotación del programa alemán, en su primera ronda, fue de 4.000 millones de euros, concediéndose 2.800 millones en contratos a quince años con las 15 empresas ganadoras de la subasta. La segunda ronda, prevista para 2026, cuenta con 5.000 millones de presupuesto.

En España, los fondos NextGenerationEU, canalizados a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), constituyen la principal oportunidad para materializar esta apuesta estratégica por la industria descarbonizada. En particular, mediante un nuevo mecanismo llamado Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), creados por el Gobierno de España para facilitar el acceso a los fondos del PRTR. Dichos proyectos pretenden impulsar y coordinar proyectos con gran capacidad de arrastre para el crecimiento económico, el empleo o la competitividad de la economía, y de carácter transversal entre Administraciones. En el caso de la industria, se han aprobado PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado, para el sector agroalimentario, para la industria naval o aeroespacial, la microelectrónica y semiconductores. Pero, para el caso que nos ocupa, es decir, la descarbonización industrial, el PERTE de referencia es el de descarbonización industrial, aprobado en Consejo de Ministros el 27 de diciembre de 2022.

En este artículo analizamos este PERTE y su implantación hasta el momento. Pero para ello consideramos necesario, en primer lugar, describir con más detalle el sector industrial en España, sus características en cuanto a consumo de energía y emisiones, y las alternativas disponibles para su descarbonización, ya que ello condiciona el tipo de apoyos necesarios. Posteriormente evaluaremos los resultados del PERTE de descarbonización industrial, ofreciendo algunas conclusiones y recomendaciones a futuro.

II. PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL EN ESPAÑA

La industria supone un 20,5 por 100 del consumo directo de energía en España, lo que se traduce en un 24 por 100 de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (sin incluir el refino de petróleo o la generación de electricidad), o, en términos absolutos, 52 MtCO₂ (todas ellas cifras de 2024, según Eurostat).

Las emisiones de GEI de la industria se han reducido en gran medida desde 2008, como se muestra en el gráfico 1, fundamentalmente en el sector de

los minerales no metálicos (cemento y materiales de construcción). También han experimentado reducciones significativas los metales básicos y la industria química.

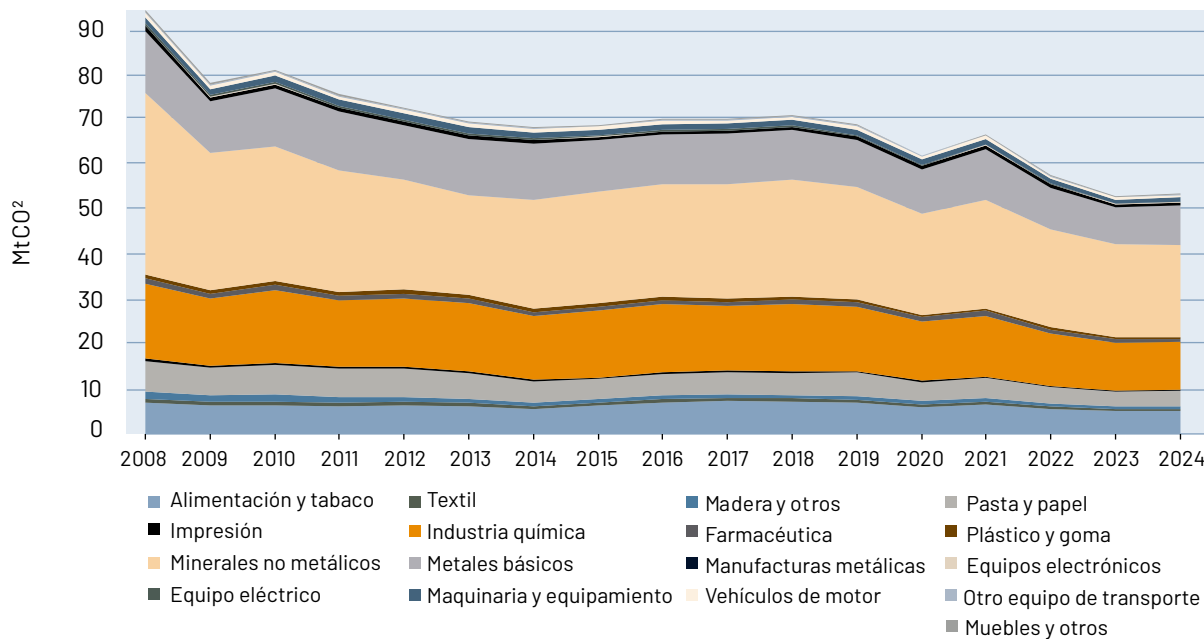
El gráfico 2 muestra la evolución del consumo de energía por sectores (y el gráfico 3 el consumo de las distintas fuentes energéticas para la industria). Puede observarse cómo la reducción de emisiones ha venido asociada a una reducción del consumo energético, fundamentalmente por la caída de la actividad (se observa claramente el “pinchazo” de la burbuja inmobiliaria). También ha habido cierta reducción por la sustitución de petróleo y derivados por fuentes renovables, pero el gas natural se ha mantenido como la primera fuente energética de uso industrial, sin cambios significativos en el período considerado, y absorbiendo gran parte de la reducción del petróleo y sus derivados.

En la actualidad, y a pesar de estas reducciones, más de la mitad del consumo energético y un 80% de las emisiones de la industria están asociados a la producción de materiales básicos, como el cemento o el acero, con procesos altamente intensivos en energía (lo que, por otra parte, resulta en un menor valor añadido).

Además, los procesos intensivos en energía suelen caracterizarse también por producir las llamadas “emisiones de proceso”, es decir, las asociadas a las reacciones químicas necesarias para obtener los productos (como el cemento, los metales o los fertilizantes) y que son independientes de la fuente energética utilizada (y, por tanto, no se reducen aunque se sustituyan los combustibles fósiles). El gráfico 5 muestra su relevancia para varios de estos productos.

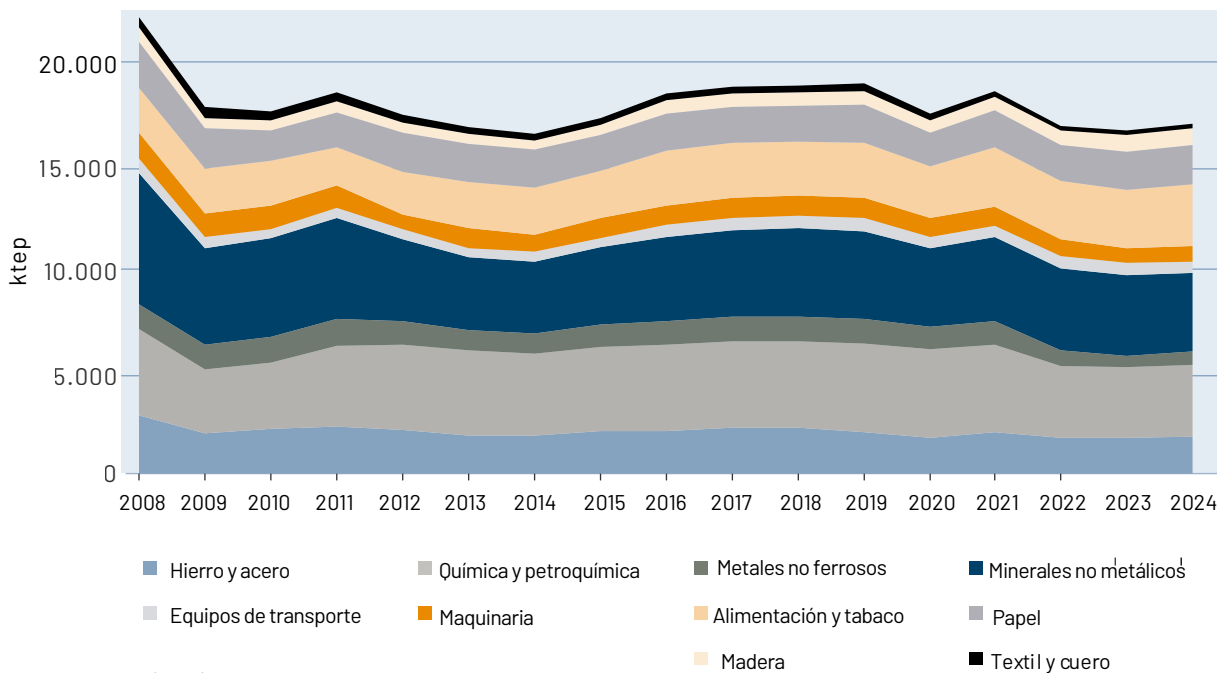
En general, la industria se puede dividir en dos grandes grupos desde el punto de vista de su consumo energético y sus emisiones: la industria que utiliza procesos de alta temperatura (por encima de 200-500° C), y la que no requiere temperaturas tan elevadas. Como se muestra en el gráfico 6, los procesos que requieren temperaturas más elevadas (color naranja intenso) son también los más intensivos en emisiones: los minerales no metálicos, la siderurgia (metales básicos), o la industria química.

GRÁFICO 1
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE LA INDUSTRIA EN ESPAÑA 2008 - 2024



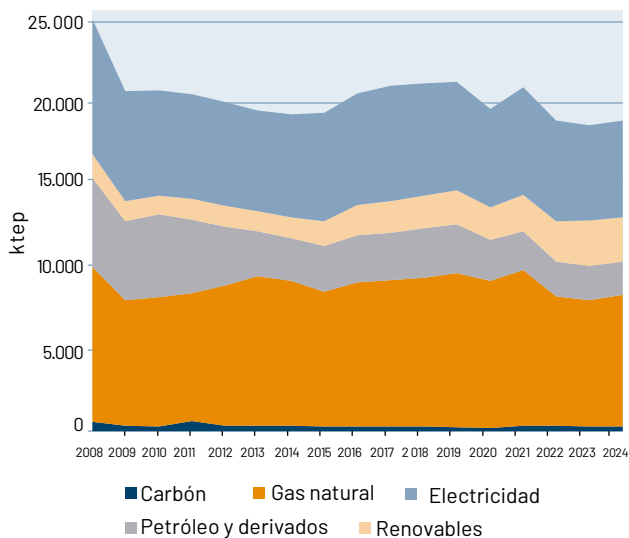
Fuente: Eurostat (2025).

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA INDUSTRIA EN ESPAÑA 2008 - 2024



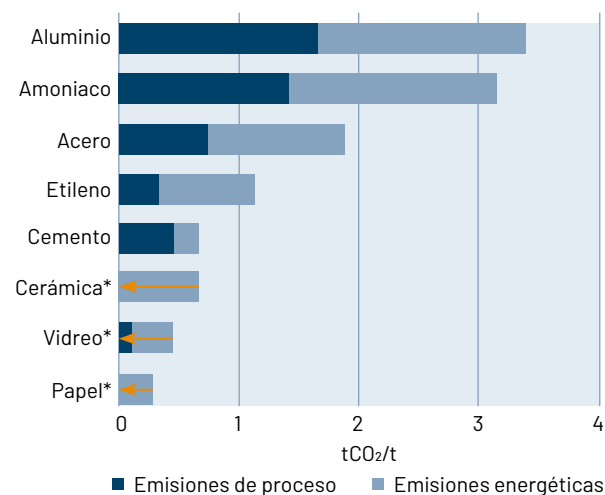
Fuente: Eurostat (2025).

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DE LAS FUENTES ENERGÉTICAS PARA LA INDUSTRIA



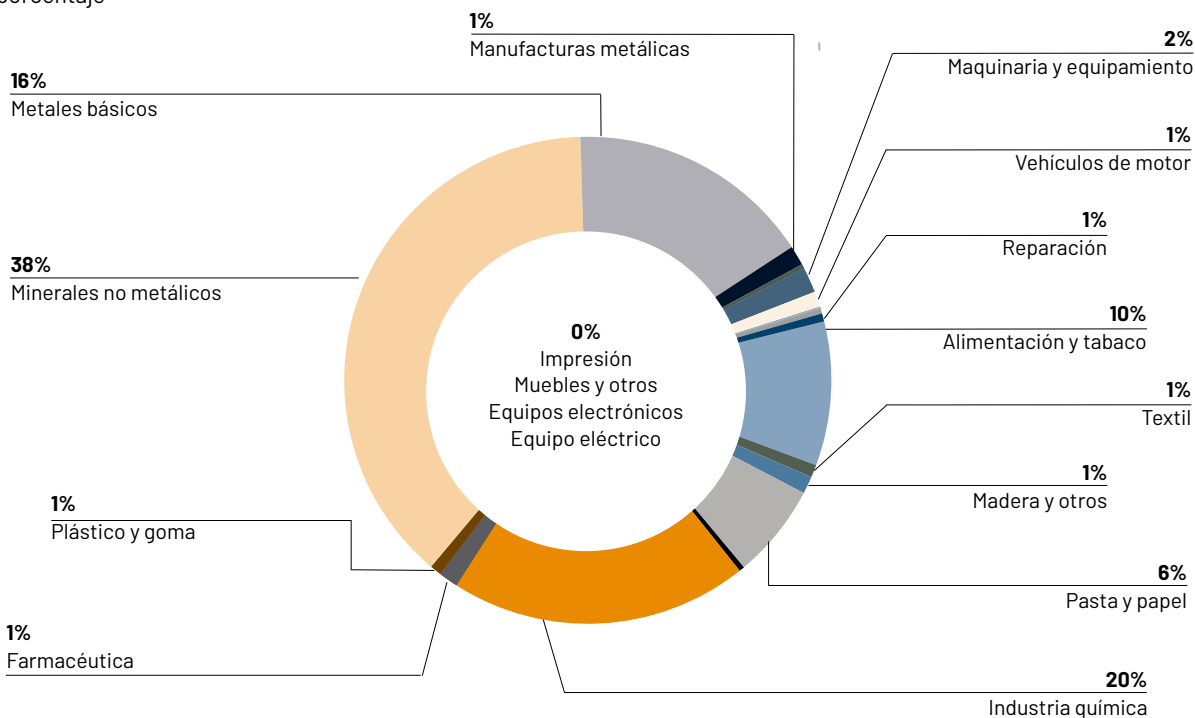
Fuente: Eurostat (2025).

GRÁFICO 5
EMISIONES DIRECTAS DE ORIGEN FÓSIL POR TONELADA DE PRODUCTO CON LA MEJOR TECNOLOGÍA DISPONIBLE Y FUENTES FÓSILES DE ENERGÍA CON RANGOS* PARA INDUSTRIAS CON VARIOS TIPOS DE PRODUCTOS



Fuente: Gerres (2022).

GRÁFICO 4
REPARTO DE EMISIONES DE GEI DE LA INDUSTRIA EN ESPAÑA EN 2024
En porcentaje



Fuente: Eurostat (2025).

GRÁFICO 6
PESO DEL CONSUMO ENERGÉTICO SEGÚN USO DE LA ENERGÍA POR SECTOR INDUSTRIAL EN 2021

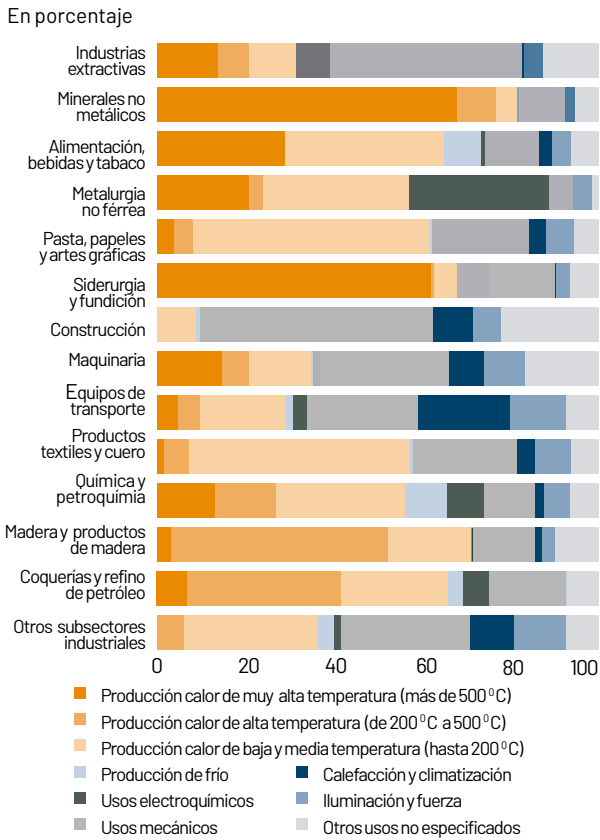


GRÁFICO 7
DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA INDUSTRIA EN ESPAÑA

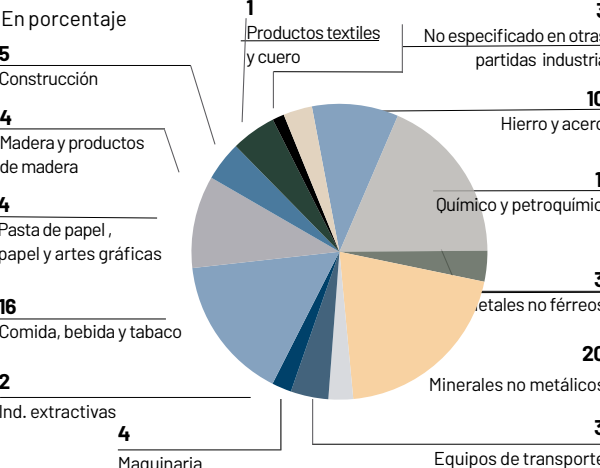
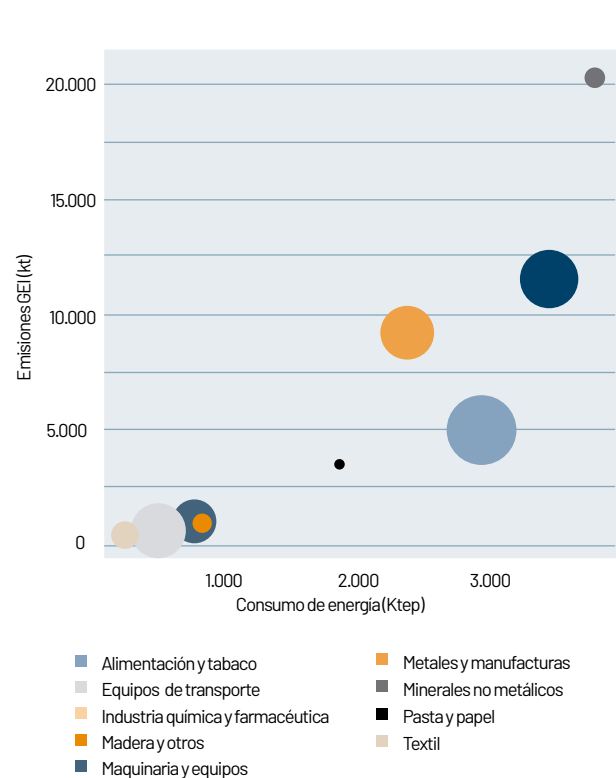


GRÁFICO 8
RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA, EMISIONES, Y VALOR AÑADIDO DE LOS SECTORES INDUSTRIALES



Sin embargo, desde el punto de vista de su impacto en el consumo energético, existen sectores industriales de gran relevancia a pesar de su menor intensidad energética o de emisiones: así, el gráfico 7 muestra cómo la industria de la alimentación supone un 16 por 100 del total, o sector de pasta y papel supone otro 10 por 100.

El gráfico 8 resume todo lo anterior, mostrando de forma sintética la relación existente, para los distintos sectores, entre su consumo de energía, emisiones de GEI, y su valor añadido bruto. Así, se puede observar cómo los minerales no metálicos son los más intensivos en consumo de energía y emisiones, para un valor añadido limitado; la industria química, los metales y la industria agroalimentaria, por su parte, tienen un peso significativo en la economía y un consumo de energía elevado, aunque un peso algo inferior en las emisiones. Otros sectores con

peso significativo en la economía, como los equipos de transporte o la maquinaria, resultan menos relevantes desde el punto de vista del consumo de energía y las emisiones.

Esta gran heterogeneidad se traduce también en una elevada diversidad de opciones tecnológicas para la descarbonización, que deberán combinarse en mayor o menor medida en función del tipo de industria. Estas opciones pueden agruparse en cuatro categorías principales (Gerres y Linares, 2024):

Tecnologías de mejora de eficiencia energética

La mejora de la eficiencia energética, es decir, de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de producto o de valor añadido, es siempre la primera opción a considerar para descarbonizar. En la industria, este tipo de soluciones incluye la mejora de la monitorización y gestión de procesos, la utilización más eficiente de los flujos de calor (incluyendo su reutilización) y el mejor aislamiento térmico para evitar pérdidas. Este tipo de tecnologías suele estar generalmente disponibles a nivel comercial, pero, o bien ya se encuentran implementadas por su rentabilidad, o bien logran ahorros marginales, por lo que no permiten una reducción de emisiones significativa (ni evidentemente tampoco la descarbonización por sí mismas).

Sustitución de combustibles

El instrumento más potente para la descarbonización industrial es la sustitución de combustibles fósiles por vectores energéticos descarbonizados, como la electricidad renovable, la biomasa, los gases renovables o los combustibles sintéticos bajos en carbono. Sin embargo, y salvo excepciones (como el uso del biometano como alternativa al gas natural o los hornos de cemento), esta sustitución requiere un cambio tecnológico significativo no sólo dentro de la propia industria, sino también en la infraestructura de suministro (por ejemplo, al requerir sustituir la red de gas natural por red eléctrica). La disponibilidad comercial de las tecnologías que permiten utilizar vectores descarbonizados depende del sector industrial. Por ejemplo, las bombas de calor industrial (eléctricas) se encuentran ya en fase precomercial, mientras que otras como los hornos

cerámicos eléctricos o el uso de hidrógeno para producir acero verde están aún en fase experimental.

Tecnologías para filtrar emisiones

La tecnología más relevante a este respecto es la captura y almacenamiento o uso de CO₂ (CCUS), aunque también existen otras que pueden reducir las emisiones de otros GEI como los óxidos de nitrógeno o el metano. En general, estas tecnologías están razonablemente desarrolladas en cuanto a la captura, aunque no tanto en cuanto al uso o almacenamiento. Además, siempre implican un gasto energético, y muchas no son capaces de capturar todo el GEI. Sin embargo, pueden ser la única opción para las emisiones de proceso (no evitables con la mejora o sustitución energética).

Sustitución de materias primas

Algunas emisiones de proceso pueden también reducirse utilizando materias primas alternativas con menor contenido en carbono. En general esta sustitución no es sencilla, ya que afecta también a las características del producto final. Además, se halla aún en fases iniciales de demostración.

En cualquier caso, y al menos en el momento actual, todas estas alternativas son más caras que el uso de fósiles, especialmente en el caso de los sectores más intensivos en energía. Este mayor coste puede en ocasiones venir asociado a la inversión, cuando es preciso realizar cambios en los equipos o procesos industriales; o a la operación, si el vector energético descarbonizado es más caro que la alternativa fósil, o si la captura de emisiones supone un mayor consumo de energía.

A medio plazo, y en función del coste de los combustibles fósiles (en particular el gas natural), del precio del CO₂, y del coste de la electricidad renovable (también determinante en general del coste de los gases renovables), esta situación podría invertirse y la alternativa descarbonizada sería potencialmente más competitiva que la fósil. Dependiendo del proceso y de la evolución de costes citada, el momento para esta mayor competitividad se situará en la década de 2030 o de 2040. Hasta entonces, será preciso apoyar esta transformación, al menos para conseguir desarrollar las tecnologías necesarias a

nivel comercial, o bien para asegurar que el precio de CO₂ se incorpore en su totalidad. Estos deberían ser los principales determinantes para las políticas de apoyo que se diseñen.

III. EL PERTE DE DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

El PERTE para la descarbonización industrial fue aprobado por el Consejo de Ministros el 27 de diciembre de 2022. Sus objetivos, según la información ofrecida por el Gobierno, son los siguientes(3):

- Descarbonización de los procesos de producción. Según las estimaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, se prevé una reducción de las emisiones que podría alcanzar los 13 millones de toneladas de CO₂ eq al año (es decir, un 25 por 100 de las emisiones actuales).
- Mejora de la eficiencia energética, mediante la incorporación en las industrias de las mejores tecnologías disponibles y la implantación de sistemas de gestión energética.
- Mejora de la competitividad del sector manufacturero.
- Promover la seguridad energética de España mediante la reducción del consumo de gas natural.
- Fomentar el uso de energías renovables para reducir las emisiones de GEI y mejorar la seguridad energética.
- Fomentar la mejora del medio ambiente apoyando la utilización de los subproductos y la valorización de los residuos para integrarlos en otros procesos con el fin de reducir el impacto medioambiental de los productos a lo largo de su ciclo de vida.
- Creación de empleo de alto valor añadido. Según el Gobierno, las inversiones en descarbonización y modernización de la industria manufacturera impulsadas a través de este PERTE permitirán incrementar la competitividad del sector en alrededor de un 10 por 100 y supondrán la creación de unos 8.000 empleos.

Para lograr estos objetivos, el PERTE considera cuatro medidas o líneas:

- Línea 1 de Ayudas de actuación integral para la descarbonización de la industria manufacturera. Esta línea, la más generalista, cuenta con un presupuesto de 800 millones de euros para subvenciones y 1.500 millones de euros para préstamos, lo que suma un total de 999,8 millones de euros en ayudas equivalentes.
- Línea 2 de Ayudas autorizadas por la Comisión Europea a empresas manufactureras participantes en el Proyecto de interés Común Europeo (en adelante, IPCEI), sobre la cadena industrial del hidrógeno de origen renovable, con una financiación pública de 450 millones de euros en forma de subvención a ejecutar en el año 2023.
- Línea 3 de Estudio y evaluación del desarrollo de un Fondo de apoyo a los contratos por diferencias de carbono y realización de un proyecto piloto, que contará con una financiación pública de 100 millones de euros para desarrollar un proyecto piloto.
- Línea 4 de Apoyo al desarrollo de nuevas instalaciones manufactureras altamente eficientes y descarbonizadas, con un presupuesto de 140 millones de euros.

A continuación describimos cada una de las líneas y sus resultados hasta el momento.

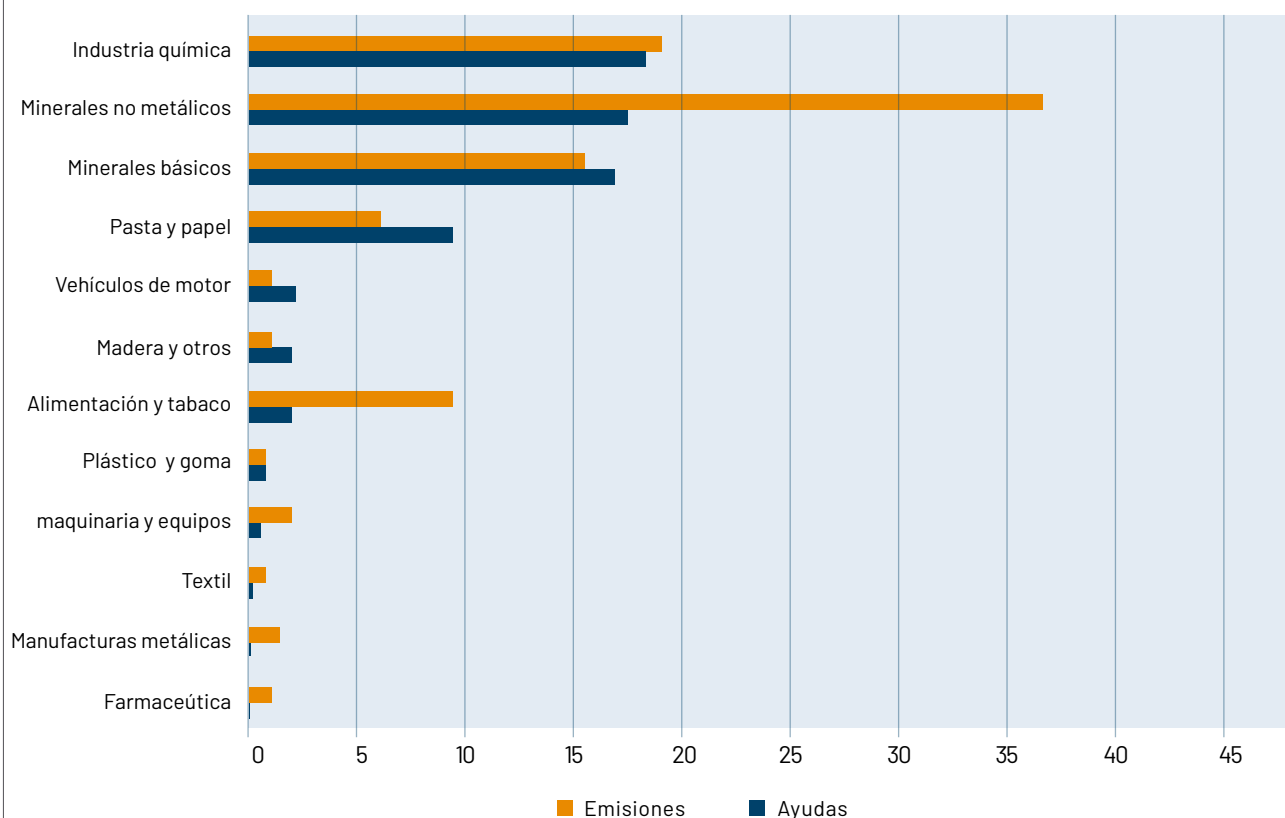
1. Línea 1 de Ayudas de actuación integral para la descarbonización de la industria manufacturera

Esta línea de ayudas está regulada por la Orden ITU/1434/2023, de 26 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras de ayudas de actuación integral para la descarbonización de la industria manufacturera como parte del PERTE de descarbonización industrial en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y por la que se realiza la convocatoria anticipada del año 2024.

Las ayudas, que pueden ser de hasta el 80 por 100 del presupuesto de gastos subvencionables y articularse tanto mediante subvención directa como mediante préstamo, se conceden a proyectos de los siguientes tipos: de reducción de emisiones directas de la instalación industrial; de mejora sustancial de la eficiencia energética; de instalación de energías renovables para autoconsumo; o de I+D+i para des-

GRÁFICO 9

RELACIÓN ENTRE EL % DE EMISIONES DE CADA SECTOR Y EL % DE AYUDAS PERCIBIDAS



Fuente: Elaboración propia.

carbonización industrial. La reducción de emisiones directas comprende la sustitución de fuentes de energía, la gestión energética integral, la reducción del uso de recursos naturales (fundamentalmente por utilización de subproductos o residuos), o la captura y almacenamiento de carbono (con numerosas restricciones, entre las que destaca la fundamental: que no se puede aplicar si la fuente energética es un combustible fósil). A este respecto, es interesante señalar que los proyectos financiables deben cumplir el principio de “no hacer daño significativo” (DNSH), excluyéndose expresamente aquellos que utilicen combustibles fósiles, los vertederos o sistemas de tratamiento de residuos, o aquellos que no consigan reducir sus emisiones por debajo de la referencia europea para el sector en cuestión.

El presupuesto mínimo financiable es de 1 millón de euros, y se requieren garantías de entre el 15 por

100 y el 30 por 100 del presupuesto. Deben ejecutarse antes del 31 de marzo de 2026. Además, las ayudas deben solicitarse antes del comienzo de los trabajos, y solo se concederán por el coste adicional con respecto a la alternativa fósil.

Las ayudas se conceden en régimen de concurrencia no competitiva, según el Ministerio por la dificultad de articular la competencia en un sector muy heterogéneo y con alternativas de descarbonización muy diversas, que impiden establecer criterios previos de valoración para comparar. El presupuesto es de 499.800 millones de euros para subvenciones, y una cantidad similar para préstamos.

Hasta el cierre de este documento (diciembre de 2025) se han concedido 448 millones de euros de ayuda equivalente (4). Se han concedido 447,807 millones de euros en subvenciones y entregas

dinerarias sin contraprestación (es decir, aproximadamente un 90 por 100 del presupuesto) y 2 millones de euros en préstamos (por una ayuda equivalente de 239.106 euros), una cantidad evidentemente muy inferior a la presupuestada. El total de ayudas concedidas ha sido de 168.

La heterogeneidad en el volumen de las ayudas ha sido muy elevada: se han concedido tres ayudas por 30 millones de euros cada una, pero también se han concedido ayudas por apenas 3.973 euros. La ayuda media ha sido de 2,7 millones de euros, mientras que la ayuda mediana ha sido de 886.100 euros, lo que deja ver la asimetría de la distribución, con multitud de ayudas de muy pequeño importe.

En cuanto a los sectores beneficiados, destacan cuatro, con aproximadamente un 18-19 por 100 cada uno de las ayudas recibidas: industria química, minerales no metálicos, acero y derivados, y suministro de energía. La industria del papel, por su parte, recibe un 10 por 100 de las ayudas.

Estos cinco sectores coinciden en gran medida con los mayores emisores de la industria en España (véase el gráfico 9), aunque con matices: el sector de los minerales no metálicos, que suponía un 38 por 100 de las emisiones, recibe un 22 por 100 de las ayudas (descontando el suministro de energía); el de los metales recibe una cuota de ayudas algo superior a su cuota de emisiones, y el de la pasta y papel dobla su cuota hasta el 12 por 100.

Sin embargo, llama la atención la ausencia de ayudas en otros sectores menos intensivos en energía y emisiones, pero con mayor consumo de energía agregado, como es la industria de la alimentación, que sólo recibe el 1 por 100 de las ayudas (frente a un 10 por 100 de emisiones); o sectores estratégicos para la economía, como la industria de la automoción, que solo recibe un 3 por 100 (en este caso más que sus emisiones, que suponen un 1 por 100). A este respecto, es preciso mencionar que la industria agroalimentaria cuenta con su propio PERTE agroalimentario, que, en su eje 1 requiere actuaciones de ahorro energético, aunque sin especificar un mínimo de ahorro. Además, estas actuaciones deben combinarse con inversiones en automatización y sensorización, gestión ambiental, y trazabilidad y

seguridad alimentaria. Además, los proyectos deben presentarse bajo la forma de agrupaciones (lo que evidentemente hace más compleja la presentación), y lo que quizá explique que solo se hayan concedido 160 millones de los 510 disponibles. Desgraciadamente, no se puede saber a qué objetivos responden las ayudas y por tanto en qué medida se han destinado al ahorro de energía.

El sector de la automoción, por su parte, cuenta con el PERTE VEC, que busca crear el ecosistema necesario para desarrollar y fabricar vehículos eléctricos y conectados a la red. Esto evidentemente no tiene ninguna relación con la descarbonización de la industria de fabricación de automóviles en sí misma.

Es interesante también observar cómo un 60 por 100 de las ayudas han beneficiado a grandes empresas (sociedades anónimas) mientras que el 30 por 100 restante han ido a sociedades de responsabilidad limitada o cooperativas, en principio de menor entidad. Esto, de alguna manera, puede reflejar la complejidad asociada a la solicitud de las ayudas, o las garantías necesarias, que pueden haber retraído a las empresas de menor tamaño y con menos recursos.

También resulta conveniente observar la distribución temporal de las ayudas: las primeras no se concedieron hasta octubre de 2024 (recordemos que el PERTE se aprobó en diciembre de 2022, aunque la orden con las bases reguladoras se publicó en enero de 2024). En el año 2024 se aprobaron ayudas por 211 millones de euros (algo menos del 50 por 100 del importe concedido hasta ahora), y en 2025 se concedieron 237 millones de euros. Es decir, más del 50 por 100 de las ayudas otorgadas se producen con menos de dos años para su ejecución.

Finalmente, hay dos elementos que serían los más significativos para poder evaluar la efectividad del PERTE: la reducción de emisiones realmente lograda y el tipo de tecnologías o proyectos subvencionadas. Sobre lo segundo, desgraciadamente no existe información pública disponible. Sobre lo primero, será necesario esperar al menos a 2027 para, una vez ejecutadas las inversiones, conocer su verdadero impacto en las emisiones reales de la industria.

2. Línea 2 de Ayudas autorizadas por la Comisión Europea a empresas manufactureras participantes en el Proyecto de interés común europeo sobre la cadena industrial del hidrógeno de origen renovable

Esta línea solo tenía un beneficiario: la instalación siderúrgica de Arcelor Mittal en Gijón, donde estaba previsto reconvertir los altos hornos actuales en una instalación de producción de acero primario con reducción directa por hidrógeno y horno de arco eléctrico. La convocatoria se publicó en el Real Decreto 251/2023, de 4 de abril, por el que se regulaba la concesión directa de subvenciones a la empresa ArcelorMittal España S.A. para la ejecución del proyecto Hidrógeno circular DRI, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Sin embargo, la ayuda fue rechazada por la empresa en noviembre de 2024, al suspender sus planes para producir acero verde en España (5) (y en otros países europeos). Sólo queda pues esperar a que la empresa replantee esta posición, o, en caso contrario, reutilizar estos fondos para otro tipo de ayudas.

3. Línea 3 de Estudio y evaluación del desarrollo de un Fondo de apoyo a los contratos por diferencias de carbono y realización de un proyecto piloto

Los Contratos por Diferencias de Carbono son contratos que aseguran un precio cierto para los permisos de emisión de CO₂ vendidos por instalaciones industriales que o bien reducen sus emisiones, o bien capturan CO₂. Permiten estabilizar uno de los flujos de ingresos de una industria en proceso de descarbonización. Y, en algunos casos, también pueden incorporar un apoyo explícito a través de un precio de referencia mayor que el esperado en el mercado de CO₂. Por todo ello, tienen un gran interés potencial como instrumento de ayuda a la descarbonización, y así lo están promoviendo ya varios países europeos (como Alemania, que ya ha implantado la primera ronda de ayudas basadas en estos contratos) o incluso la Comisión Europea para el Fondo de Innovación.

Su diseño presenta distintas complejidades, desde la posible indexación o no a otros elementos

de precio, o la organización de las subastas por las que se concede en casi todas las propuestas, y por ello su utilización debe plantearse siempre tras un estudio previo como el que plantea el Ministerio, y que aún no ha concluido. Gerres y Linares (2022) ofrecen más detalles tanto sobre este instrumento como sobre su utilización en otros países.

En cualquier caso, el presupuesto asignado a esta línea es de 100 millones de euros. Habrá que esperar a conocer cómo se utiliza: si como cobertura del riesgo de precio del CO₂, o para vehicular otro tipo de subvenciones como en el caso alemán.

4. Línea 4 de Apoyo al desarrollo de nuevas instalaciones manufactureras altamente eficientes y descarbonizadas

Las ayudas comprendidas en esta línea se regulan por la Orden ITU/831/2024, de 2 de agosto, por la que se establecen las bases reguladoras de ayudas para el desarrollo de instalaciones manufactureras altamente eficientes y descarbonizadas. Estas ayudas se conceden a nuevas instalaciones industriales –ya sean plantas completas o líneas de producción en instalaciones existentes– altamente eficientes y descarbonizadas, asociadas con los sectores de minerales no metálicos, metales, pasta y papel, y química (es decir, entre los mayores emisores de la industria española). La reducción de emisiones mínima a lograr es de 5 kt de CO₂ equivalente al año.

Los medios para lograr esta reducción comprenden la investigación industrial y desarrollo experimental, los proyectos de innovación en materia de organización y procesos, la inversión para descarbonización con carácter innovador, o las inversiones en ahorro energético con carácter innovador. También se financia la inversión en fuentes renovables para el autoconsumo de energía directamente utilizada por proyectos industriales, o estudios ambientales. Al igual que en el caso de la línea 1, se excluyen los proyectos que incumplan el principio DNSH, los relacionados con combustibles fósiles, los que no consigan reducir emisiones por debajo del nivel de referencia europeo, o los relacionados con el tratamiento de residuos (salvo excepciones).

CUADRO N.º1

AYUDAS CONCEDIDAS POR LA LÍNEA 4 A DICIEMBRE DE 2025

EMPRESA	SECTOR DE ACTIVIDAD	FECHA DE CONCESIÓN	IMPORTE (EUROS)
B19454990	Producción de acero verde	11 agosto 2025	60.000.000,00
B01904663	Instalaciones de biomasa y energía solar	11 agosto 2025	9.994.480,64
A48008833	Producción de fertilizantes	11 agosto 2025	4.141.225,00
A08031544	Pasta y papel	11 agosto 2025	9.637.140,80

Fuente: <https://www.infosubvenciones.es/bdnstrans/GE/es/convocatorias/779286/concesione>

Las ayudas, que deben solicitarse antes de comenzar los trabajos, pueden llegar hasta un 80 por 100 del gasto financiable (calculado de nuevo como la diferencia con el proyecto convencional), con un máximo de 35 millones de euros según su tipología. El presupuesto mínimo es de 10 millones de euros, y debe ejecutarse antes del 31 de marzo de 2026, exigiéndose unas garantías de al menos el 10 por 100 de la ayuda.

Esta línea ha concedido hasta diciembre de 2025 83,7 millones de euros (un 60 por 100 del presupuesto total de 140 millones de euros). Se han concedido cuatro ayudas, a los proyectos del cuadro n.º 1.

Puede observarse cómo el proyecto de una instalación de producción de acero verde en Puertollano se ha llevado el 72 por 100 de las ayudas en esta categoría, mientras que el resto ha recibido importes inferiores. Los sectores de minerales no metálicos o de la industria química no han recibido ayudas aún.

De nuevo, no es posible conocer el objeto de las ayudas o los proyectos financiados, al no estar esta información disponible públicamente. Tampoco la estimación de las emisiones evitadas por los proyectos.

IV. DISCUSIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente, desgraciadamente no es posible evaluar el PERTE de descarbonización industrial en cuanto a su efecto

en la reducción de emisiones, al no haberse ejecutado aún muchas de las inversiones previstas. Tampoco podemos analizar el tipo de proyectos subvencionados, al no estar esta información disponible públicamente. Limitamos pues nuestra evaluación a los datos públicos disponibles, y también al diseño mismo de las convocatorias de ayudas.

Comenzamos por quizá la mayor limitación que presenta el PERTE, y que realmente viene impuesta por la Comisión Europea: la necesidad de ejecutar las inversiones antes del 31 de agosto de 2026 (que se traslada a marzo de 2026 en el caso del PERTE de descarbonización industrial). Como ya se ha comentado, muchas de las tecnologías necesarias para descarbonizar la industria no están disponibles aún con carácter comercial, y, por tanto no parece viable desplegarlas dentro de este plazo.

A este respecto, también es preocupante observar cómo más de la mitad de las ayudas de la línea 1, y todas las ayudas de la línea 4, se concedieron con menos de dos años para su ejecución: esto limita las inversiones a aquellas que pueden realizarse de forma rápida, y por tanto excluye las verdaderamente transformadoras de procesos. Por ejemplo: ¿Será posible realmente construir, en las condiciones establecidas, una planta de producción de acero verde tal como la financiada en la línea 4 en este plazo? Cabe mencionar, en este sentido, que la nueva convocatoria activada en enero de 2026 para la Línea 1 trata de corregir esta cuestión, estableciendo un plazo de 60 meses desde la resolución

de la concesión correspondiente para ejecutar las inversiones y gastos aprobados (6).

Cabría esperar pues, con estas limitaciones, que las inversiones se hubieran concentrado en aquellas actuaciones que, de acuerdo con el desarrollo tecnológico, parecen factibles (aunque no necesariamente viables económicamente) a corto y medio plazo. Como ya hemos mencionado, desgraciadamente no es posible conocer si las ayudas se han dirigido a alguna de estas vías, más que indirectamente. Pero sí podemos identificar en teoría varias barreras para implantarlas asociadas al diseño del instrumento, en particular en lo que se refiere al balance de los sobrecostes asociados entre inversión y operación.

–**Actuaciones de mejora de la eficiencia energética:** estas inversiones pueden lograr reducciones de emisiones de entre un 6 y un 11 por 100 según los sectores. Esto podría ser suficiente en el caso de algunos sectores, como el cemento o el acero, para situarse por debajo del nivel de emisiones de referencia europeo (uno de los requisitos para acceder a las ayudas). En cambio, en otros sectores la distancia a la referencia europea es mayor, y difícilmente podría cubrirse con mejoras en eficiencia. Estas actuaciones son particularmente adecuadas además si las ayudas se articulan como subvenciones a la inversión, ya que su sobrecoste está asociado precisamente a las inversiones, lográndose posteriormente una reducción en los costes de operación.

–**Instalación de bombas de calor con electricidad renovable:** esta tecnología comienza a estar disponible a nivel comercial, para procesos de baja temperatura. Por tanto, hubiera sido esperable observar ayudas para estos proyectos, fundamentalmente en el sector alimentario y otras instalaciones no intensivas en energía. Además, en general, estas industrias son las que más derechos de emisión necesitan adquirir, al estar más alejadas de la referencia europea (Gerres y Linares, 2024). Sin embargo, y como ya se ha mencionado, este sector ha recibido un pequeño porcentaje de las ayudas (7). Parece pues que no ha sido posible, por otras razones, aprovechar este potencial. También hay otros sectores,

como el químico, o el de los metales no ferrosos, en el que estas bombas de calor de relativamente baja temperatura podrían tener aplicación, cubriendo una parte significativa de su demanda. De nuevo, las subvenciones permitirían reducir el sobrecoste en la inversión de esta tecnología, aprovechando posteriormente la muy superior eficiencia de la misma para reducir los costes de operación.

–**Uso de electricidad renovable para hornos de arco eléctrico:** esta es posiblemente una de las actuaciones más rápidas de implementar, ya que no implica absolutamente ninguna necesidad de inversión. Ahora bien, precisamente por ello, no está claro que haya podido acogerse a estas ayudas, salvo cuando la electricidad renovable se produzca en régimen de autoconsumo, algo que por otra parte asegura la adicionalidad de la energía renovable.

–**Sustitución de gas natural por hidrógeno o biometano:** el biometano, al ser perfectamente equivalente al gas natural de origen fósil, es una vía de descarbonización relativamente sencilla, ya que no requiere sustituir equipos o modificar procesos. El obstáculo está en el mayor coste del biometano, un mayor coste que puede ser mitigado en parte si hay ayudas a la inversión en los equipos de tratamiento de residuos necesarios para producirlo, pero no en gran medida, ya que el mayor sobrecoste del biometano está asociado a la operación y no a la inversión. Más aún el caso del hidrógeno, que además sí requiere modificar procesos salvo que se utilice en mezclas con el gas natural. Por tanto, estas actuaciones no parecen especialmente adaptadas al régimen de ayudas propuesto.

–**Captura de CO₂:** esta tecnología ya cuenta con opciones casi comerciales aplicables al sector del cemento. En principio, y al ser emisiones de proceso, deberían estar permitidas por las convocatorias actuales.

Como se puede observar, el articular las ayudas como subvenciones directas o préstamos condiciona el tipo de actuación a realizar, y también los resultados esperados.

En primer lugar, dirige las actuaciones hacia aquellas más intensivas en inversión (astos de capital, CAPEX) que en operación (OPEX), alterando, pues, la competitividad económica total de las alternativas para la descarbonización. De hecho, otras políticas de apoyo como el Fondo de Innovación Europeo o el sistema de Contratos por Diferencia de Carbono alemán, ya tienen en cuenta esta cuestión, e incluyen el apoyo al OPEX en su diseño (como hemos visto, el Estado francés ha optado, en cambio, por una vía similar a la española).

A este respecto, hubiera sido quizá más interesante, al menos para algunos sectores, utilizar otro vehículo para transferir la ayuda, como el citado Contrato por Diferencias de Carbono con un diseño similar al alemán, es decir, que incluyera una prima por encima del precio de mercado de CO₂. Este contrato permite apoyar no solo el CAPEX sino también el OPEX, y, por tanto, permite tratar de forma equivalente las distintas alternativas de descarbonización, e incluso ser indexado al precio de los combustibles o las materias primas, reduciendo también el riesgo (y el desembolso público). Es cierto que este contrato solo tiene sentido para los sectores con un volumen significativo de asignación gratuita de derechos de emisión, que son los que estarán sujetos al contrato, y también para aquellos sujetos a niveles de referencia específicos por unidad de producto (8) (como el acero o el cemento). Pero son precisamente estos sectores los que más requieren ayudas para descarbonizarse, al estar las tecnologías limpias más lejos de la competitividad económica, y también los que requieren más apoyos al OPEX (Chiappinelli *et al.*, 2021). El PERTE de descarbonización industrial plantea en su línea 3 únicamente el estudio de esta cuestión, y además con un presupuesto muy limitado, muy inferior al previsto para las inversiones. Sería deseable, pues, desarrollar este instrumento, y ampliar su presupuesto.

En el caso de los sectores de baja intensidad energética, y sujetos al nivel de referencia de emisiones alternativo (basado en la combustión de fósiles), como hemos mencionado la subvención a la inversión (por ejemplo, para la instalación de bombas de calor) sí tiene sentido en principio. Sin embargo, y como ya se ha observado, estos sectores

no han sido apenas beneficiados con ayudas. Cabe preguntarse, pues, si han existido barreras adicionales que les han impedido acceder a las ayudas.

Otro problema de las subvenciones es que pueden incurrir en el efecto conocido como “*fre-riding*”: puede haber agentes que hubieran realizado la inversión en cualquier caso, y para los que la ayuda pública por tanto no supone un nivel adicional de descarbonización. Este fenómeno es bien conocido en la literatura, fundamentalmente en el caso de los hogares (e.g. Linares y Labandeira, 2010), y resulta en un desperdicio de los fondos públicos. Es cierto que el riesgo de que ocurra es mayor cuando la inversión en cuestión está más cercana a la competitividad económica, algo que en principio no sucede para muchas de las tecnologías necesarias para la descarbonización, pero aun así no parece haber provisiones en las convocatorias para tratar de evitar este efecto.

Los préstamos, también disponibles en gran volumen en la convocatoria, hubieran podido mitigar alguno de los efectos mencionados anteriormente, ya que suponen un mayor nivel de compromiso por parte del receptor. Sin embargo, y como se ha observado en los resultados, no han sido apenas utilizados, posiblemente por la aversión al riesgo de los agentes, muy relevante en un contexto de alta incertidumbre sobre la demanda industrial o los precios de los combustibles.

También resulta llamativo el hecho de que la opción escogida para la línea 1, la que más presupuesto distribuye, haya sido la de concurrencia no competitiva. Como ya se ha explicado, el Ministerio consideró que la heterogeneidad de los agentes y la dificultad de establecer criterios previos de valoración para comparar las propuestas hacían recomendable el uso de la concurrencia no competitiva. Sin embargo, precisamente en un PERTE orientado a la descarbonización, un criterio razonable para valorar las propuestas hubiera sido el precio equivalente por tonelada de GEI evitada.

Una subasta o concurrencia competitiva con un criterio principal como el coste por tonelada de GEI evitada (como en el caso alemán u holandés) hubiera permitido asignar con mayor eficiencia los

fondos públicos orientados a la descarbonización, sin que esto hubiera supuesto necesariamente una mayor complejidad administrativa. La subasta en cualquier caso debería haber sido “*pay-as-bid*” para tratar de minimizar las rentas extraordinarias generadas por la elevada heterogeneidad de los costes de reducción de los distintos sectores (9). Otra opción para tratar de reducir esta heterogeneidad hubiera sido sectorializar la subasta, pero esto presenta un riesgo muy elevado de falta de competitividad, al existir sectores con muy pocos agentes, sobre todo en los ámbitos más emisores.

En cualquier caso, hay que señalar que, al menos hasta el momento, el presupuesto no se ha agotado en su totalidad, por lo que, *ex post*, no puede decirse que una subasta hubiera resultado necesariamente en una mayor eficiencia.

Finalmente, cabe valorar también si el importe de las ayudas es suficiente para lograr la descarbonización industrial en España. Gerres y Linares (2024), en una estimación relativamente optimista, indican un rango de inversión necesaria entre 150 y 900 €/kW de calor producido. Esto se traduciría en cifras entre 3.000 y 17.000 millones de euros para lograr la descarbonización completa de la industria. Los 530 millones de euros concedidos están muy por debajo de estas cantidades (y, por supuesto, muy por debajo de los importes concedidos en Alemania o Francia), y, aunque su capacidad de movilización de inversión privada podría aumentar la inversión real (de nuevo, no está disponible la información sobre el porcentaje de ayudas concedidas sobre el presupuesto de la inversión total), en cualquier caso no parece que sólo con este instrumento vaya a lograrse la deseada descarbonización.

En resumen: ¿son razonables los objetivos planteados por el Gobierno en su formulación del PERTE de descarbonización industrial? Hemos de decir que, si bien el PERTE es un primer paso en la dirección adecuada, las limitaciones señaladas anteriormente hacen cuestionable el atribuir a este instrumento el logro de la reducción de emisiones prevista (recordemos, un 25 por 100 de las emisiones actuales (10) , más aún si se abandona el proyecto financiado en la Línea 2, y si se considera que muchas de las actuaciones más sencillas a corto

plazo (como el despliegue de bombas de calor en la industria alimentaria) no parecen haberse financiado, al menos desde este PERTE. Sí es previsible que muchas de las ayudas contribuyan a mejorar la eficiencia energética (ya que estas inversiones son más asequibles y comercialmente disponibles), pero no a reducir de forma significativa el consumo de gas natural y por tanto a mejorar la seguridad energética española. A este respecto, recordemos que el uso de energía renovable, salvo que vaya asociada al autoconsumo dedicado o a PPA's específicos, no necesariamente aumenta el consumo de este tipo de energía. Finalmente, la mejora de la competitividad y la creación de empleo asociada requerirían no sólo el uso de tecnologías descarbonizadas, sino también asegurarse de que son competitivas en coste, algo que también requiere innovación exportable.

V. CONCLUSIONES

La industria es uno de los sectores clave en la transición hacia una economía descarbonizada, tanto por su peso sobre las emisiones totales como por su impacto en las cadenas de valor. Por otra parte, es un sector particularmente sensible, dada la interconexión global de estas cadenas de valor, que hace que los impactos de la descarbonización en los costes se repercutan en gran medida en la competitividad industrial, y por tanto, en la creación de renta y empleo.

Esto hace que sea necesario diseñar cuidadosamente las políticas de descarbonización, de forma que aseguren, o incluso promuevan, una mayor competitividad industrial a futuro, y que además lo hagan en un contexto global. Es preciso desarrollar políticas industriales inteligentes y verdes (Rodrik, 2014), que apuesten por la innovación y la descarbonización como palancas para lograr empleo de calidad.

En este contexto, el PERTE de descarbonización industrial se ha constituido en la gran apuesta de la política industrial en España para los próximos años. La disponibilidad de los fondos NextGeneration EU supone una gran oportunidad para apoyar la transformación del tejido industrial español en un sector innovador y libre de emisiones de GEI, y el PERTE ha tratado de hacerlo mediante la trans-

ferencia de un volumen significativo de ayudas, superior a los 500 millones de euros, concedidos mayoritariamente bajo la forma de subvenciones directas, y en general, en régimen de concurrencia no competitiva.

Será necesario esperar unos años, hasta que se materialicen las inversiones previstas, para evaluar la efectividad del PERTE en términos de reducción de emisiones y de competitividad. Pero una primera valoración *ex ante* permite identificar algunas limitaciones evidentes del mecanismo. Por un lado, los plazos tan estrechos que se manejan para ejecutar las inversiones (en parte impuestos por la normativa europea) junto con la falta de disponibilidad tecnológica competitiva para algunos sectores hacen cuestionable lograr avances significativos en la reducción de emisiones. Por otra parte, el articular las ayudas mediante subvenciones a la inversión, y no como ayudas al coste de operación, también limita innecesariamente las opciones para la descarbonización de los distintos sectores. Finalmente, los resultados de las primeras convocatorias muestran asimetrías en las ayudas difícilmente entendibles entre los principales sectores industriales emisores de GEI en España.

En cualquier caso, es necesario reiterar que esta evaluación del PERTE de descarbonización industrial es por naturaleza incompleta y en algunos casos conjetural. Sería imprescindible realizar esta evaluación de forma completa y rigurosa una vez se hayan ejecutado y estén operativas las inversiones, para poder determinar la efectividad de las ayudas en términos de descarbonización de la industria en España, y la eficiencia en términos de apoyo público por tonelada de GEI evitada.

Y también es preciso subrayar que incluso un mecanismo de ayudas bien diseñado sigue necesitando complementos para desarrollar esta política industrial inteligente de la que hablábamos antes, más aún en un contexto en el que los fondos europeos llegan a su fin, y en el que la disponibilidad fiscal española no es equivalente a la de otros estados miembros como Alemania o Francia que también buscan posicionar a su industria ante el futuro. El replanteamiento de las estrategias e infraestructuras de apoyo e impulso a la innovación tecnológica en la industria, el acceso a una energía renovable

competitiva, o la creación de mercados o estándares para productos industriales descarbonizados, como por ejemplo a través de la compra pública verde (Chiappinelli *et al.*, 2019), deben ser elementos también centrales en la política industrial española si nuestro país quiere aprovechar las evidentes oportunidades que ofrece la transición energética, y mitigar los riesgos que también conlleva.

NOTAS

(*) Instituto de Investigación Tecnológica, Universidad Pontificia Comillas, Alberto Aguilera 23, 28015 Madrid, Spain; MIT-CEEPR and EPRG, U. Cambridge. E-mail: pedro.linares@comillas.edu

- (1) Es decir, lograr que las emisiones netas, esto es, la suma de las emisiones realmente efectuadas y las capturas de las mismas por medios naturales o artificiales, sean nulas.
- (2) La situación en los mercados no europeos es más compleja: ya que al no poder eximir del ETS a las empresas europeas exportadoras, su competitividad en estos mercados sigue resultando afectada.
- (3) Evidentemente, estos objetivos tienden a ser optimistas. En la sección 4 se discute la razonabilidad de los mismos.
- (4) <https://www.infosubvenciones.es/bdnstrans/GE/es/convocatorias/735612>
- (5) <https://corporate.arcelormittal.com/media/press-releases/arcelormittal-provides-update-on-its-european-decarbonization-plans>
- (6) Esto ha requerido trasladar las ayudas a la Sociedad Estatal de Promoción Industrial y Desarrollo Empresarial (BOE-B-2026-295), siguiendo la recomendación de la Comunicación de la Comisión Europea: "Next Generation EU - The road to 2026" (COM(2025) 310 final/2 de junio de 2025 que plantea algunas posibilidades para extender el plazo de ejecución, transfiriendo los fondos a un instrumento gestionado de forma independiente (también del Gobierno) para promover la inversión privada.
- (7) Salvo que hayan podido ser financiadas por el PERTE Agroalimentario, véase comentario al respecto.

- (8) Una salvedad a tener en cuenta es que, si las transformaciones comentadas se produjeran a escala europea, también bajaría el nivel de emisiones de referencia, y por tanto la asignación gratuita y el ingreso a percibir por la venta de derechos.
- (9) Algo que hubiera requerido, evidentemente, una auditoría de costes, al igual que bajo la alternativa de concurrencia no competitiva, para evitar que los agentes pujaran el coste máximo previsto para así maximizar sus ingresos.
- (10) Como en todas estas cuestiones, la identificación del contrafactual es clave a este respecto: es previsible que el avance de las bombas de calor y la electrificación de procesos pueda lograr un porcentaje significativo de reducción de emisiones de la industria a 2030, pero no necesariamente asociado a las ayudas a la inversión del PERTE.

BIBLIOGRAFÍA

- Chiappinelli, O., Gerres, T., Neuhoff, K., Lettow, F., de Coninck, H., Felsmann, B., Joltreau, E., Khandekar, G., Linares, P. y Richstein, J. (2021).** A green COVID-19 recovery of the EU basic materials sector: identifying potentials, barriers and policy solutions. *Climate Policy*, 21, 1328–1346.
- Chiappinelli, O., Gruner, F. y Weber, G. (2019).** Green Public Procurement: Climate provisions in public tenders can help reduce German carbon emissions. *DIW Weekly Report*, 9, 433–441.
- Collado, N. y Linares, P. (2025).** El impacto del mecanismo de ajuste de carbono en frontera: evidencia disponible y retos futuros. *Cuadernos de Energía*, n.º 79, 49 – 55.
- EC. (2023).** [WWW Document]. URL https://climate.ec.europa.eu/eu-action/funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund_en (accessed 8.2.23)
- EUROSTAT. (2025).** *Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_ainah_r2/default/table?lang=en
- Gerres, T. y Linares, P. (2022).** *Carbon Contracts for Differences (CCfDs) in a European context*. The Greens/EFA, Climate Strategies, London.
- Gerres, T. y Linares, P. (2024).** *Perspectivas para la transformación industrial hacia una economía verde*. Fundación Naturgy.
- IPCC. (2022).** Sixth Assessment Report, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. The Working Group III contribution.
- Linares, P. y Labandeira, X.:** Energy efficiency: Economics and policy. *Journal of Economic Surveys*, 24(3), 573 – 592.
- MITERD. (2024).** *Balance energético de España 1990-2024*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/balances/Publicaciones/Documents/balance_2024_2/Balance%20Energetico%20Espa%C3%B1a%201990_2024_v3.ods
- Neuhoff, K., Chiappinelli, O., Gerres, T., Haussner, M., Ismer, R., May, N., Pirlot, A. y Richstein, J. (2019).** *Building blocks for a climate-neutral European industrial sector*. Climate Strategies, London.
- Rodrik, D. (2014).** *Green Industrial Policy*. *Oxford Review of Economic Policy*. 30(3): 469–491.