Consejo de la Unión Europea

Bruselas, 27 de febrero de 2025
(OR. en)

6600/25

ENER 39
COMPET 95

NOTA DE TRANSMISIÓN

De:	Por la secretaria general de la Comisión Europea, D.ª Martine DEPREZ, directora
Fecha de recepción:	26 de febrero de 2025
A:	D.ª Thérèse BLANCHET, secretaria general del Consejo de la Unión Europea
N.° doc. Ción.:	COM(2025) 74 final
Asunto:	INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO Situación en materia de competitividad de las tecnologías energéticas limpias

Adjunto se remite a las delegaciones el documento COM(2025) 74 final.

Adj.: COM(2025) 74 final

COMISIÓN
EUROPEA

Bruselas, 26.2.2025
COM(2025) 74 final

INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO

Situación en materia de competitividad de las tecnologías energéticas limpias

INFORME DE SITUACIÓN DE 2025 EN MATERIA DE COMPETITIVIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS LIMPIAS

Índice

Resumen **2**

1. Introducción **6**

2. Evaluación de la competitividad del sector de las energías limpias de la UE **8**

2.1. El contexto económico mundial y la competitividad del sector de las tecnologías de cero emisiones netas de la UE 8

2.1.1. Tendencias de los precios y costes de la energía 8

2.1.2. Apoyo a las tecnologías de cero emisiones netas en los mercados mundiales 11

2.2. Cadenas de valor de tecnologías de cero emisiones netas en la UE: oportunidades y desafíos para una industria limpia 14

2.2.1. Cadenas de suministro de la industria manufacturera 14

2.2.2. Descarbonización de las industrias de gran consumo de energía 16

2.2.3. Capital humano y capacidades 18

2.3. El panorama de la innovación en el sector de las energías limpias 20

2.3.1. Tendencias en materia de I+i 20

2.3.2. Tendencias de la inversión de capital riesgo 24

3. Evaluación de la competitividad de la UE en materia de tecnologías de cero emisiones netas 27

3.1. Energía solar fotovoltaica 27

3.2. Energía solar térmica 28

3.3. Energía eólica terrestre y marina 29

3.4. Energía oceánica 31

3.5. Baterías y almacenamiento de energía 32

3.6. Tecnologías de bombas de calor 34

3.7. Energía geotérmica 35

3.8. Tecnologías del hidrógeno: electrolizadores y pilas de combustible 36

3.9. Tecnologías de biogás y biometano sostenibles 39

3.10. Tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC) 40

3.11. Tecnologías de la red eléctrica: tendido eléctrico y transformadores 42

3.12. Tecnologías de energía nuclear de fisión 44

3.13. Energía hidroeléctrica 45

3.14. Combustibles alternativos sostenibles 46

3.15. Tecnologías de recuperación del calor industrial excedentario 48

4. Conclusiones **49**

RESUMEN

El **Informe de situación de 2025 en materia de competitividad de las tecnologías energéticas limpias** ofrece una instantánea de las tendencias y los retos de las tecnologías de cero emisiones netas y su fabricación en la Unión Europea (UE). Abarca, en primer lugar, una **parte horizontal sobre la competitividad del sector de las energías limpias de la UE**, seguida de un **análisis sectorial de quince tecnologías**. El presente Informe se basa en el informe Draghi y en la Brújula para la Competitividad y apoya la aplicación del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas como informe de seguimiento de dicho Reglamento. El Informe, adoptado junto con el Pacto por una Industria Limpia y el Plan de Acción para una Energía Asequible, respalda ambas iniciativas al proporcionar información sobre las tecnologías necesarias para descarbonizar la industria de la UE, reforzando al mismo tiempo su competitividad y reduciendo los costes de la energía.

Competitividad del sector de las energías limpias de la UE

Las tecnologías energéticas limpias siguen siendo muy competitivas en términos de costes en la UE, gracias a los bajos costes operativos. En 2024, las energías renovables generaron un nuevo máximo histórico del 48 % de la electricidad en la UE, frente al 45 % en 2023 y el 41 % en 2022.

Si bien la tasa de despliegue de las tecnologías energéticas limpias está aumentando de forma dinámica, la industria de cero emisiones netas de la UE se enfrenta a un entorno empresarial complejo y a una feroz competencia. Como enfatiza el informe Draghi, como líder en innovación en tecnologías limpias, la UE debe aprovechar las oportunidades económicas que representa el despliegue mundial de estas tecnologías. Al mismo tiempo, las políticas industriales y las restricciones que van surgiendo a la importación, como en Estados Unidos y China, tienen un impacto cada vez mayor en el entorno empresarial, las relaciones comerciales y las decisiones de inversión.

La UE alberga una industria manufacturera de tecnologías de cero emisiones netas diversificada, pero tiene dificultades para mantener las cuotas de mercado a escala mundial, en un panorama en el que China ha llegado a dominar la producción en sectores clave. En todas las tecnologías de cero emisiones netas, la UE sigue dependiendo de componentes tecnológicos específicos o de materias primas clave dentro de la cadena de suministro, lo que plantea retos para su resiliencia económica general y su autonomía estratégica. Esto está interrelacionado con los retos a los que se enfrenta la UE en las industrias de gran consumo de energía, que suministran metales y productos químicos a los fabricantes de tecnologías de cero emisiones netas.

Las tecnologías energéticas limpias proporcionan puestos de trabajo de alta calidad, pero persisten retos como la disponibilidad de trabajadores cualificados y el envejecimiento de la mano de obra. El empleo siguió creciendo en 2023 y los puestos de trabajo en el sector de las energías renovables en la UE alcanzaron los 1,8 millones. En el sector de las energías limpias en general, alrededor de una tercera parte de los puestos de trabajo se dedica a la fabricación de tecnologías de cero emisiones netas, lo que confirma la importancia social y económica de estas cadenas de valor.

La UE sigue estando bien situada en lo que respecta a las tecnologías energéticas limpias, pero, ante la fuerte competencia a escala mundial, su ventaja competitiva en innovación ha ido mermando en los últimos años. Los datos más recientes indican que la mitad de los Estados miembros que comunicaron datos aumentaron su gasto en investigación e innovación (I+i) en tecnologías energéticas en 2023. Si esta comunicación parcial resultara ser

representativa, se traduciría en un aumento del 9 % del apoyo a las prioridades de I+i de la Unión de la Energía. En general, la UE lidera el gasto público en I+i en tecnologías energéticas limpias a escala mundial. Sin embargo, la inversión privada en I+i, que sigue proporcionando más de tres cuartas partes de la financiación de I+i para tecnologías energéticas limpias en las principales economías, sigue siendo notablemente mayor en las principales economías asiáticas. Como se subraya en el informe Draghi y se reconoce en la Brújula para la Competitividad, son necesarios esfuerzos adicionales para garantizar que la UE siga figurando entre los líderes en I+i de tecnologías limpias y mejore su poco brillante rendimiento a la hora de introducir esta innovación en el mercado.

El acceso al capital riesgo sigue siendo un reto clave para la puesta en marcha y la expansión de las empresas de la UE en el sector de las tecnologías energéticas limpias. Para 2024, los datos iniciales indican que un entorno macroeconómico complicado contribuyó a un descenso significativo de las inversiones de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias en la UE, lo que supone un − 34 % en comparación con 2023. Esta caída está vinculada a una disminución de la actividad de capital riesgo y a un menor número de inversiones a gran escala, en comparación con 2023, año en el que se celebraron acuerdos a gran escala para instalaciones de fabricación de baterías y acero a base de hidrógeno. Estos acuerdos desempeñaron un papel importante a la hora de impulsar la inversión de capital riesgo de la UE en el sector hasta los 9 200 millones EUR en 2023 (+ 20 % en comparación con 2022). Al mismo tiempo, los datos provisionales indican que la participación de la UE en la inversión mundial de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias se mantuvo relativamente estable en 2024. La UE ocupó el segundo puesto a escala mundial en 2023, con una cuota del 28 %, situándose entre los Estados Unidos (30 %) y China (24 %).

Competitividad de la UE en tecnologías de cero emisiones netas

En 2024, la UE ocupó el segundo puesto, por detrás de China, en capacidad de energía solar fotovoltaica de nueva instalación. Los fabricantes de la UE operan en un entorno que presenta grandes desafíos y tienen dificultades para competir a escala mundial. La UE depende en gran medida de las importaciones fotovoltaicas procedentes de China, donde están situadas más del 90 % de las instalaciones mundiales de fabricación. Al mismo tiempo, la UE sigue desempeñando un papel importante en I+i para aplicaciones fotovoltaicas específicas.

La UE mantiene una fuerte capacidad de fabricación de tecnologías solares térmicas. La energía solar térmica es una tecnología madura, aunque en 2023 y 2024 continuó enfrentándose a retos para seguir el ritmo de otras soluciones renovables. Mientras que el mercado del calor solar térmico se contrajo en 2023, el segmento del calor para procesos industriales mostró un desarrollo prometedor, triplicándose año tras año en todo el mundo.

La UE sigue siendo altamente competitiva en el ámbito de la tecnología de energía eólica. Sin embargo, los agentes de la UE están sometidos a una presión cada vez mayor, sobre todo porque las empresas chinas ofrecen productos cada vez más competitivos a precios más bajos. En 2024, la UE representó cerca del 13 % de la capacidad mundial de fabricación de palas y góndolas de aerogeneradores y alrededor del 22 % de la fabricación de torres. En 2023, las empresas de la UE tenían una cuota de mercado cercana al 90 % del mercado europeo y al 23 % del mercado mundial, lo que supone una disminución de alrededor del 7 % en el mercado mundial en comparación con 2022.

2024 fue un año de una financiación y un interés sin precedentes por las tecnologías de energía oceánica. **Error! Bookmark not defined.**En 2024, se instalaron en Europea alrededor de 1 230 kW de nuevas capacidades de energía oceánica. Sin embargo, China lidera las invenciones de alto valor en este sector, por delante de la UE. Es necesario adoptar nuevas

medidas para aumentar la viabilidad económica de la energía oceánica, así como para introducir en el mercado tecnologías innovadoras de energía oceánica.

Los fabricantes de baterías de la UE se enfrentan a grandes dificultades en su camino para aumentar la capacidad de fabricación y las cuotas de mercado. China lidera la tecnología de baterías y, en 2024, representaba más del 85 % de la capacidad mundial de fabricación en activo, seguida por la UE en torno al 7 % y los Estados Unidos en torno al 5 %. Los fabricantes de la UE dependen en gran medida de China para los cátodos y los ánodos. Si se llevan a cabo los proyectos anunciados, la UE parece encaminada a cumplir sus objetivos de producción para 2030, con una cuota del 10 % (1 510 GWh) de las capacidades operativas mundiales de producción de baterías previstas para 2030. Los observadores prevén un exceso de suministro de celdas de baterías en los próximos años, lo que probablemente dará lugar a una feroz competencia mundial.

Los fabricantes de bombas de calor de la UE son líderes mundiales en soluciones innovadoras de gama alta para uso doméstico, así como en bombas de calor industriales. La capacidad de montaje final en la UE va por buen camino para satisfacer las necesidades de despliegue de la UE para 2030. Sin embargo, la industria de la UE sigue siendo muy dependiente de las importaciones de determinados componentes, como los compresores. Mientras que el déficit de la balanza comercial de la UE en la cadena de suministro se redujo en un tercio en 2023, las ventas de bombas de calor en la UE disminuyeron un 7,2 % ese mismo año, tras una década de crecimiento. Esta tendencia empeoró en 2024, con una caída de las ventas en Europa del 31 %, lo que pone de manifiesto la necesidad de que el sector recupere el impulso.

Las empresas de la UE desempeñan un papel importante en la instalación y el montaje final de las tecnologías de energía geotérmica desplegadas en la UE. Sin embargo, el mercado mundial de componentes clave está dominado por empresas que no pertenecen a la UE. Abordar retos sectoriales, como la disponibilidad de datos sobre el subsuelo, puede ayudar a la industria de la UE.

Las empresas europeas siguen desempeñando un papel importante en la fabricación de electrolizadores y se estima que, en 2024, proporcionaron alrededor de entre una tercera a una cuarta parte de la capacidad de fabricación mundial. Si bien la capacidad de electrólisis del hidrógeno sigue creciendo de forma activa en la UE, siguen existiendo retos en el desarrollo de un sector del hidrógeno a gran escala que garantice la disponibilidad de grandes cantidades de hidrógeno competitivo en términos de costes. Por otro lado, la UE se ha quedado rezagada en la fabricación de pilas de combustible.

La UE alberga empresas líderes a escala mundial en el ámbito de la producción de biogás y biometano y la fabricación de componentes. Europa presenta una industria madura del biogás y el biometano, principalmente para la generación de electricidad, con unos mercados cada vez mayores en los sectores del calor y el transporte. Casi el 50 % de la producción se encuentra en Europa, y Alemania por sí sola cubre el 20 % de la demanda mundial.

La UE está bien posicionada en lo que respecta a las tecnologías de captura de CO_2, pero se encuentra por detrás de los Estados Unidos y Canadá en materia de transporte y almacenamiento de CO_2. El número de proyectos de captura y almacenamiento de carbono (CAC) ha crecido rápidamente, tanto en todo el mundo como en Europa. Las medidas de la UE para ofrecer previsibilidad a los inversores y aumentar la visibilidad de la demanda y la oferta de almacenamiento son fundamentales a este respecto.

La UE cuenta desde hace mucho tiempo con algunos líderes tecnológicos y del mercado, tanto para líneas eléctricas como para transformadores. Se espera que, a corto y medio plazo, las empresas europeas se enfrenten a una presión cada vez mayor por parte de los competidores internacionales. La fabricación de equipos de red depende en gran medida del acceso a materias primas, como el cobre, el aluminio y el acero eléctrico de grano orientado, para las que los fabricantes de la UE están expuestos a la dependencia de las importaciones.

En el sector de la energía nuclear, la UE mantiene un proveedor activo de reactores, con una cuota de mercado mundial que, a principios de 2024, representaba el 5,3 % de los reactores en construcción. A medida que la flota de centrales nucleares de la UE y su mano de obra envejecen, son necesarios esfuerzos para revitalizar el sector. En 2024, se puso en marcha la Alianza Industrial Europea para Reactores Modulares Pequeños (SMR) con el objetivo de facilitar su despliegue y apoyar un ecosistema competitivo de la UE en esta tecnología emergente.

Aunque la industria de la energía hidroeléctrica de la UE sigue desempeñando un papel de liderazgo a escala mundial, en los últimos años ha perdido cuota de mercado en turbinas fabricadas y en otras piezas. Desde un máximo de 466 millones EUR en 2015, el excedente comercial de la UE se redujo sustancialmente a 213 millones EUR en 2023. Para mantener una industria manufacturera de componentes sólida en la UE, el mercado interior tendría que recibir apoyo con nuevas inversiones. Existe también un potencial todavía por explotar en la expansión de la energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo para contribuir a la flexibilidad de la red.

La UE es uno de los líderes en materia de innovación en el mercado emergente de los combustibles alternativos sostenibles para la aviación y el transporte marítimo. La capacidad de producción sigue siendo limitada y debe ampliarse, reduciendo al mismo tiempo los precios de estos combustibles.

El exceso de energía procedente de los procesos industriales en la UE podría convertirse en 150 TWh de electricidad al año utilizando centrales eléctricas de ciclo Rankine orgánico (CRO). Los fabricantes de la UE se encuentran entre los principales agentes del mercado mundial, pero existen obstáculos, como los largos períodos de amortización, para aumentar el despliegue en la UE.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías energéticas limpias son elementos de apoyo estratégico claves para que la UE alcance la neutralidad climática de aquí a 2050, refuerce la seguridad de su abastecimiento energético e impulse su competitividad. **En las últimas décadas, la UE ha desempeñado un papel central en el despliegue de tecnologías limpias**, como la energía solar y la eólica. En 2024, las fuentes de energía renovables alcanzaron el 48 % en el mix eléctrico de la UE. Esto subraya el aumento de la competitividad y la importancia económica de las tecnologías energéticas limpias en comparación con las fuentes de energía fósiles. Para alcanzar sus objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 y más allá, Europa tendrá que continuar en esa dirección e intensificar sus esfuerzos.

Al mismo tiempo, la industria de la UE se enfrenta a una presión cada vez mayor sobre su competitividad en materia de tecnologías de cero emisiones netas. El liderazgo en tecnología y en la fabricación de tecnologías que se han desarrollado en la UE se está desplazando cada vez más hacia otras economías importantes, como China y los Estados Unidos, que están ampliando sus capacidades de producción.

La política de la UE ha puesto su foco de atención en la competitividad, también en lo que respecta a las tecnologías de cero emisiones netas. Las conclusiones del Consejo Europeo de abril de 2024 instaban a la UE a ser más competitiva[1]. La nueva Brújula para la Competitividad establece un conjunto de medidas para reforzar la competitividad de la UE en los próximos años, apoyándose en las conclusiones del Informe anual sobre el mercado único y la competitividad y en el análisis en profundidad del informe Draghi[2]. El informe Draghi hace hincapié en las oportunidades económicas que las tecnologías limpias representan para la UE, como líder en innovación en tecnologías limpias[3]. Enumera los principales obstáculos que frenan la competitividad de la UE y pide una estrategia armonizada y específica que tenga en cuenta las diferencias entre las industrias. Tanto el informe Draghi como el informe Letta hacen referencia también a la importancia de reforzar, al mismo tiempo, el mercado único de la energía y las infraestructuras conexas para aprovechar el potencial de la UE en materia de energías renovables, con el objetivo de garantizar una energía segura y asequible para sus industrias[4].

Para apoyar la autonomía estratégica de la UE, garantizar su base industrial y mantener el potencial de innovación, **es fundamental que en Europea se fabriquen las tecnologías de cero emisiones netas de hoy y del mañana**. **El Pacto por una Industria Limpia es un nuevo plan rector para la prosperidad y la competitividad de la UE**[5]. Con el Pacto por una Industria Limpia, la Comisión mejorará el acceso de la industria de la UE a la financiación, los flujos de materiales y la mano de obra cualificada, al tiempo que crea nuevos mercados líderes y aumenta la resiliencia de las cadenas de valor. Simultáneamente, la Comisión emprenderá un esfuerzo de simplificación sin precedentes, reduciendo la carga que pesa sobre las empresas.

---

1 Consejo Europeo (2024), Conclusiones de la reunión extraordinaria del Consejo Europeo (17 y 18 de abril de 2024); Consejo Europeo (2024), Declaración de Budapest sobre el Nuevo Pacto para la Competitividad Europea (7 y 8 de noviembre de 2024).

2 COM(2025) 30 final y COM(2025) 26 final.

3 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

4 Enrico Letta, *Much more than a market* [«Mucho más que un mercado», documento en inglés], 2024.

5 **[ESPACIO RESERVADO PARA LA REFERENCIA AL PACTO POR UNA INDUSTRIA LIMPIA].**

Esto allanará el camino hacia industrias más competitivas y puestos de empleo de calidad, prestando especial atención a las tecnologías limpias y estratégicas.

El acceso a una energía asequible es un factor clave para la competitividad de la UE y el objetivo central del nuevo Plan de Acción para una Energía Asequible[6]. El Plan de Acción complementa al Pacto por una Industria Limpia, proponiendo medidas para reducir los costes de la energía para la industria, las empresas y los hogares, al tiempo que se agilizan las reformas estructurales necesarias. Se centra en el objetivo de acelerar la transición hacia una energía asequible, limpia y producida internamente, sobre la base de las tecnologías que contempla el presente Informe. El Plan de Acción tiene por objeto completar la Unión de la Energía y garantizar un mercado interior de la energía plenamente integrado y con las interconexiones físicas necesarias.

El presente Informe aporta seguimiento y asesoramiento basados en pruebas en relación con la competitividad de las tecnologías energéticas limpias y sus fabricantes en Europa. Tras su entrada en vigor en 2024, el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas refuerza aún más el papel del informe, al designarlo como principal herramienta de seguimiento de los avances de la UE en relación con los objetivos de producción establecidos en el Reglamento. Con dicho Reglamento, la UE pretende reforzar su capacidad de fabricación interna de tecnologías limpias clave y aumentar la competitividad y la resiliencia de su industria. El objetivo es reducir la dependencia de agentes externos logrando una capacidad de fabricación de al menos el 40 % de las necesidades anuales de despliegue de la UE de las tecnologías necesarias para conseguir sus objetivos climáticos y energéticos para 2030, así como alcanzar el 15 % de la producción mundial de aquí a 2040[7].

La parte I del Informe ofrece información general sobre cuestiones clave para la competitividad del sector de las tecnologías de cero emisiones netas de la UE en su conjunto, y abarca aspectos como los costes de la energía, la fabricación, la descarbonización industrial, las capacidades, las tendencias en las inversiones, la investigación y la innovación, así como el contexto mundial. La parte II describe la situación actual de la competitividad de la industria de la UE en quince tecnologías de cero emisiones netas, destacando las fortalezas y las debilidades de las correspondientes cadenas de valor.

Esta es la quinta edición de este Informe de situación en materia de competitividad, que se publica desde 2020 de conformidad con el artículo 35, apartado 1, letra m), del Reglamento sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima. El presente Informe se basa en datos del Observatorio de las Tecnologías Energéticas Limpias (CETO, por sus siglas en inglés)[8].

---

6 **[ESPACIO RESERVADO PARA LA REFERENCIA AL PLAN DE ACCIÓN PARA UNA ENERGÍA ASEQUIBLE].**

7 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, artículo 5.

8 Para más información e informes del CETO: Observatorio de las Tecnologías Energéticas Limpias.

2. EVALUACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS DE LA UE

2.1. El contexto económico mundial y la competitividad del sector de las tecnologías de cero emisiones netas de la UE

2.1.1. Tendencias de los precios y costes de la energía

La situación del mercado de la energía en la UE mejoró en 2023 y 2024. Los precios de la energía fueron significativamente inferiores a los de 2022, aunque se mantuvieron por encima de los niveles anteriores a la crisis, y notablemente superiores a los de las regiones competidoras. El aumento de la diversificación de las importaciones de gas y el aumento de las capacidades de generación de energía renovable, junto con un menor consumo, contribuyeron a reducir los precios al por mayor del gas y la electricidad.

Los precios al por mayor del gas en 2024 fueron inferiores a los de 2023 y muy inferiores a los precios observados en los primeros meses tras la invasión de Ucrania por parte de Rusia en 2022. Sin embargo, se mantuvieron por encima de los niveles anteriores a la crisis. En 2024, el precio medio al por mayor del gas se estabilizó en 34 EUR/MWh. Si bien los precios disminuyeron hasta niveles cercanos a los 30 EUR/MWh en el primer semestre del año, aumentaron de forma constante hasta situarse entre los 35 y los 45 EUR/MWh a finales de 2024 y volvieron a aumentar a principios de 2025.

En cuanto a la electricidad, 2024 también estuvo marcado por la continuación de los fundamentos positivos del mercado, lo que dio lugar a unos precios de la electricidad al por mayor más bajos. La bajada de los precios del gas, la moderación de la demanda y el aumento de la generación de energía renovable y nuclear contribuyeron a reducir los precios al por mayor de la electricidad en todos los mercados de la UE. El valor medio del índice de referencia de la energía europeo fue de 95 EUR/MWh en 2023, un 57 % menos que en 2022. En los tres primeros trimestres de 2024, la media cayó a 70 EUR/MWh, pero los precios aumentaron en el último trimestre. En conjunto, la media de 2024 se situó en 76 EUR/MWh. El consumo de electricidad en la UE en 2024 creció ligeramente (+ 2 %), y la demanda industrial se recuperó ligeramente.

Debido a la crisis energética, se repercutieron en los consumidores finales aumentos significativos de los precios de la electricidad al por mayor, en algunos casos con efecto retardado. Como consecuencia de ello, los precios al por menor de la electricidad para los hogares aumentaron en 2022 y parcialmente en 2023[9]. En consonancia con los esfuerzos de la UE, los Estados miembros han puesto en marcha medidas temporales para mitigar el impacto de los elevados precios en los consumidores. Sin embargo, los precios elevados siguieron siendo un problema, especialmente para los consumidores vulnerables. La evolución de los precios al por menor para los hogares en 2024 indica que los precios en toda la UE han caído ligeramente o siguen siendo comparables a los precios de 2023.

Los precios de la electricidad para los usuarios industriales disminuyeron significativamente en el primer semestre de 2024, en comparación con el mismo período de 2023. Esta disminución osciló entre el 13 y el 27 % (excluidos los impuestos) y entre el 6 y el 27 % (incluidos los impuestos no recuperables)[10] en diferentes bandas de consumo, lo que intensificó la tendencia a la baja iniciada en 2023. Sin embargo, la industria de la UE se enfrenta

[9] Eurostat (nrg_pc_204), consultado el 12.2.2025.
[10] Eurostat (nrg_pc_205), consultado el 12.2.2025.

actualmente a unos precios de la electricidad que son aproximadamente dos veces más elevados que los de los Estados Unidos o China, con una media de 0,16 EUR por kWh en 2024[11].

La proporción de energías renovables en el mix eléctrico de la UE aumentó hasta un nuevo máximo histórico del 48 % en 2024 (frente al 45 % en 2023 y el 41 % en 2022[12]), mientras que la proporción de combustibles fósiles disminuyó significativamente hasta el 24 % (frente al 28 % en 2023). La producción de energía eólica solar y marina registró un aumento significativo en 2024: la energía eólica marina aumentó un 17 % (+ 9 TWh), mientras que la generación de energía solar aumentó un 19 % (+ 37 TWh). La energía hidroeléctrica mejoró su producción en un 7 % (+ 22 TWh), la generación de energía eólica terrestre se mantuvo prácticamente estable (− 1 TWh) y la producción de energía nuclear aumentó un 5 % (+ 29 TWh) durante el mismo período[13]. Al mismo tiempo, la electrificación no ha ganado velocidad, y la electricidad como porcentaje del mix energético se ha mantenido estable, en torno al 20 % desde 2000[14].

El gráfico 1 presenta una visión general de los **costes normalizados de la electricidad en la UE**[15], estimados sobre la base de las características específicas de los sistemas eléctricos de cada Estado miembro en 2023. Los costes de inversión, así como los costes de explotación y mantenimiento, aumentaron en 2023 debido a la inflación, los mayores costes de los materiales y al aumento de los costes laborales. La elevada inflación y los altos tipos de interés desempeñaron un papel crucial a la hora de respaldar o retrasar las decisiones de inversión en 2023, tanto para los promotores de proyectos como para los fabricantes.

---

11 Eurostat, *Estadísticas de precios de la electricidad*. Nota: los precios se refieren a la banda de consumo ID, deduciendo las tasas recuperables.

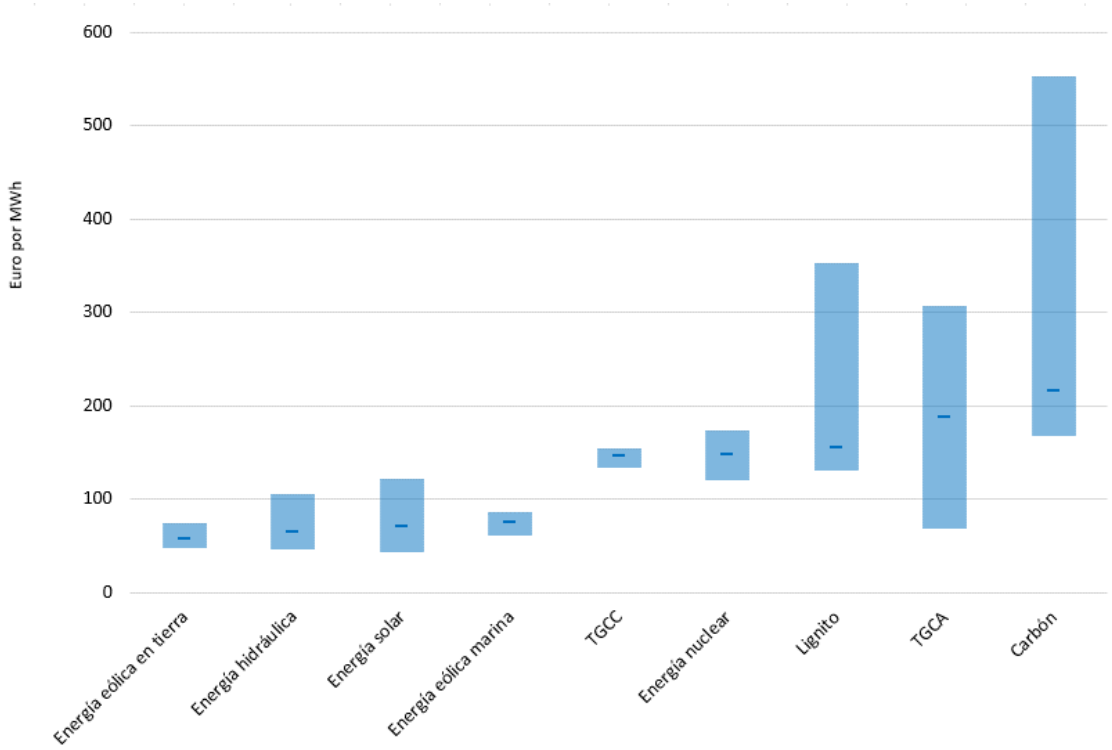
12 Datos de 2022 sobre la base de Eurostat.

13 Los datos de 2023 y 2024 del presente apartado se basan en la Plataforma de Transparencia de la REGRT de Electricidad.

14 COM(2025) 26 final.

15 Los costes normalizados de la electricidad son un método para comparar el coste medio de generar una unidad de electricidad (medido habitualmente en megavatios-hora o MWh) a lo largo de toda la vida útil de un activo o proyecto de generación de electricidad, teniendo en cuenta todos los costes asociados a la construcción y explotación de la central eléctrica [gastos de capital, costes de explotación y mantenimiento, costes de combustible (si procede), costes de financiación y costes de clausura (si procede)].

Gráfico 1: *Visión general de los costes normalizados de la electricidad correspondientes al parque tecnológico en 2023. Las líneas en azul oscuro designan la mediana y las barras de color azul claro muestran un intervalo de ± 25 % en toda la UE, poniendo de relieve las diferencias entre los Estados miembros.*



Fuente: simulación del modelo METIS del JRC[16].

A pesar del aumento de estos costes, los parques tecnológicos con bajos costes variables (en particular los costes operativos, por ejemplo, el mantenimiento y los costes del combustible), como las fuentes de energía renovables, por ejemplo, la energía eólica terrestre y la solar, siguen siendo más competitivos en comparación con las tecnologías de generación con costes variables elevados, como las fuentes de energía fósiles, por ejemplo, el gas y el carbón, a las que afectan los costes del combustible. En general, las energías renovables siguen siendo muy competitivas en términos de costes en la UE.

El valor de los costes normalizados de la electricidad de una tecnología determinada se ve influido, entre otras cosas, por la relación entre el volumen anual de generación de la tecnología y su capacidad instalada. Cuanto menor sea la utilización de una tecnología, mayor será el valor de los costes normalizados de la electricidad. Por este motivo, las tecnologías convencionales, como el lignito, las turbinas de gas de ciclo abierto y el carbón, que han tenido menor generación en algunos Estados miembros, están experimentando mayores diferenciales al alza en sus valores de costes normalizados de la electricidad. En cambio, el diferencial de los costes normalizados de la electricidad para una tecnología como las turbinas de gas de ciclo

16 De conformidad con: Gasparella, A., Koolen, D. y Zucker, A., *The Merit Order and Price Setting Dynamics in European Electricity Markets* [«La orden de mérito y la dinámica de fijación de precios en los mercados europeos de la electricidad», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2023. Cálculo basado en los costes anualizados para el año 2023. Inversiones en activos fijos y gastos de explotación basados en el escenario de referencia PRIMES del objetivo climático para 2040, anualizados por vida útil técnica y coste medio ponderado del capital. Los costes anualizados se normalizan utilizando factores de capacidad derivados del modelo METIS. Los costes variables se basan en los precios de las materias primas de 2023, los costes de explotación variables y el resultado en la simulación del METIS.

combinado (TGCC) para el gas natural sigue siendo muy reducido, ya que la tasa de utilización de las centrales de TGCC es elevada en la mayoría de los Estados miembros.

En términos de costes, las fuentes de energía renovables siguen siendo las tecnologías más competitivas, si bien las TGCC se han convertido en la tecnología térmica más competitiva. Esta tendencia se explica en parte por la fuerte caída de los precios del gas natural en comparación con el año anterior. Además, mientras que en 2022 se produjo un cambio significativo de combustible entre el gas y el carbón debido a la fluctuación de los precios, en 2023 la atención se desplazó más hacia los efectos del aumento de los costes fijos en todas las tecnologías.

A lo largo de la última década, los costes normalizados de la electricidad para diversas tecnologías de generación en Europa han evolucionado significativamente debido a varios factores clave. Los avances tecnológicos han dado lugar a un aumento de la eficiencia y la capacidad, en particular en el sector de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, lo que ha hecho que los costes se abaraten sustancialmente. Las economías de escala, especialmente con proyectos de mayor envergadura y producción en masa, han reducido aún más los costes de las energías renovables. El apoyo procedente de las políticas, en particular las subvenciones, los incentivos fiscales y la tarificación del carbono, ha fomentado la adopción de fuentes de energía más limpias, aumentando al mismo tiempo los costes asociados a los combustibles fósiles como el carbón y el gas natural. La mejora de las cadenas de suministro y los procesos de fabricación ha aumentado la competitividad general de las tecnologías renovables. Estas influencias combinadas han transformado el panorama energético, haciendo que las energías renovables sean más rentables y reduciendo la dependencia de las fuentes de energía tradicionales.

El informe Draghi ha destacado la energía como motor clave para la competitividad de la UE y ha propuesto una combinación de medidas para abordar las causas de los elevados precios de la energía en la UE, con el objetivo de permitir que los beneficios de la descarbonización de la energía lleguen a los usuarios finales[17]. La energía ocupa un lugar preponderante en el nuevo Pacto por una Industria Limpia y, con el Plan de Acción para una Energía Asequible, la Comisión presenta medidas concretas para reducir los costes de la energía para los hogares y la industria.

2.1.2. Apoyo a las tecnologías de cero emisiones netas en los mercados mundiales

La nueva dinámica geopolítica y una fase marcada tanto por los elevados tipos de interés como por la inflación han cambiado el entorno empresarial de las tecnologías de cero emisiones netas a lo largo de los últimos años. Se prevé que el mercado mundial de tecnologías clave de cero emisiones netas fabricadas en serie casi se triplique de aquí a 2035 y alcance un valor anual de alrededor de 1,9 billones EUR[18]. En la carrera por aumentar la capacidad manufacturera para que satisfaga la demanda prevista, sigue siendo crucial garantizar que la industria de la UE sea competitiva y capaz de desempeñar su papel en el suministro de tecnologías para la transición energética en Europa y a escala mundial. Al mismo tiempo, la incertidumbre constituye un reto

---

17 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

18 Agencia Internacional de la Energía, *Energy Technology Perspectives* [«Perspectivas de la tecnología energética», documento en inglés], 2024. Estimaciones del mercado mundial para la energía solar fotovoltaica, la energía eólica, los vehículos eléctricos, las baterías, los electrolizadores y las bombas de calor. El informe se refiere a 2 billones USD, convertidos en EUR a finales de 2024.

para la inversión a largo plazo, en particular en instalaciones de fabricación o producción. Para que la UE y sus industrias estén en posición de competir por cuotas de mercado en 2030 y años posteriores, las decisiones que se adopten y se lleven a la práctica en estos momentos serán decisivas. Los retrasos en el aumento de la capacidad de fabricación de cero emisiones netas pueden afectar a la competitividad de la UE en las próximas décadas. Si bien la electrificación acelerada reducirá la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, serán necesarias unas cadenas de valor resilientes para las tecnologías de cero emisiones netas, como la energía eólica o las baterías, a fin de evitar nuevas dependencias[19].

En respuesta a las crisis recientes y como estrategia de apoyo a las empresas en la transición energética, se han introducido políticas industriales para aumentar la fabricación de tecnologías energéticas limpias en todo el mundo, en particular en países como Canadá, China, Corea del Sur, Estados Unidos, India y Japón. Con la adopción de la Ley de Reducción de la Inflación, los Estados Unidos ofrecieron subvenciones para apoyar la instalación de tecnologías avanzadas y créditos fiscales para la inversión en instalaciones de fabricación para la producción de equipos energéticos limpios (con un total estimado de 461 000 millones EUR[20], de los cuales el 60 % está destinado al sector de la energía). Al mismo tiempo, China se ha convertido en un productor predominante de muchas tecnologías de cero emisiones netas y está liderando el apoyo a las tecnologías limpias a través de una economía centrada en las inversiones[21]. Si se tiene en cuenta específicamente el sector de la energía solar, más del 90 % de las instalaciones de fabricación están situadas en China[22].

Además, las restricciones a la importación en los Estados Unidos y en otros países están aumentando la presión sobre los fabricantes de la UE en sus mercados nacionales. Por otro lado, el aumento de las capacidades de fabricación a escala mundial, que actualmente se espera que, en el caso de determinadas tecnologías, pueda superar las capacidades de despliegue, plantea el peligro de un exceso de capacidad. Esta evolución podría causar graves daños a segmentos de la industria manufacturera de la UE, en particular las tecnologías de cero emisiones netas. Las previsiones para 2025 indican que persistirá el exceso de capacidad mundial en las principales tecnologías energéticas limpias, sobre todo en todas las cadenas de valor de las baterías y la energía solar, así como en las góndolas para los aerogeneradores[23].

Las estimaciones sugieren que las subvenciones totales de China oscilan entre tres y nueve veces las de otros países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), como los Estados Unidos o Alemania[24]. La UE ha concluido una investigación antisubvención sobre las importaciones de vehículos eléctricos de batería procedentes de China, que dio lugar a la imposición de derechos compensatorios sobre dichas importaciones[25]. Para evaluar la magnitud y el alcance de las subvenciones y la conformidad con las normas del comercio internacional, deben considerarse otros canales de apoyo gubernamental. La UE también

---

19 Comisión Europea, *2025 Annual Single Market and Competitiveness Report* [«Informe anual de 2025 sobre el mercado único y la competitividad», documento en inglés], véase el ICR 18 sobre la electrificación.

20 Con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

21 *Strategic perspectives, Competing in the new zero-carbon industrial era* [«Competir en la nueva era industrial sin emisiones de carbono», documento en inglés], 2023.

22 Para más información, véase el siguiente apartado en relación con la energía solar fotovoltaica.

23 BloombergNEF, *Trade & Supply Chains: 10 Things to Watch in 2025* [«Comercio y cadenas de suministro: diez cosas a considerar en 2025», documento en inglés], 2025.

24 Instituto Kiel para la Economía Mundial, *Foul Play? On the Scale and Scope of Industrial Subsidies in China* [«¿Juego sucio? Consideraciones sobre la magnitud y el alcance de las subvenciones industriales en China», documento en inglés], 2024.

25 DO L, 2024/2754, 29.10.2024.

colaborará con socios comerciales internacionales y solicitará la asistencia de instituciones internacionales como la OCDE y la Agencia Internacional de la Energía (AIE) para el seguimiento de la situación.

Para que la transición energética mundial tenga éxito, será necesario compartir las oportunidades y beneficios económicos a lo largo de la cadena de valor. A este respecto, las asociaciones mundiales y unas condiciones de competencia equitativas serán esenciales para lograr la resiliencia y la autonomía estratégica de la UE. La actual iniciativa europea Global Gateway promueve la inversión en países no pertenecientes a la UE en ámbitos clave para la Unión y su doble transición ecológica y digital. Global Gateway tiene por objeto movilizar hasta 300 000 millones EUR en inversiones[26]. La negociación, la celebración y la aplicación de acuerdos comerciales ambiciosos contribuirán a ampliar el acceso al mercado y a fomentar la resiliencia económica[27]. Además, las asociaciones de comercio e inversión limpios pueden complementar los acuerdos comerciales y apoyar los esfuerzos de descarbonización en la UE y en el extranjero, si se adaptan a los intereses empresariales de la UE y sus socios comerciales en el sector de las energías limpias.

En la UE, acelerar la descarbonización y la transición hacia una energía limpia ha sido un punto central en el Pacto Verde Europeo y las consiguientes medidas de actuación, como el paquete de medidas «Objetivo 55» y el Plan Industrial del Pacto Verde. La UE cuenta con un marco sólido que fomenta las tecnologías de cero emisiones netas y combina el apoyo a la I+i, incentivos económicos como la tarificación del carbono en el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE) e instrumentos reglamentarios como la Directiva sobre fuentes de energía renovables y el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas. El Mecanismo de Recuperación y Resiliencia proporcionó un presupuesto de 650 000 millones EUR para apoyar las reformas e inversiones emprendidas por los Estados miembros, con un porcentaje de al menos el 37 % de medidas ecológicas en los planes nacionales de recuperación y resiliencia. Además, los fondos de la política de cohesión de la UE procedentes del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), el Fondo de Cohesión, el Fondo de Transición Justa e Interreg aportan casi 120 000 millones EUR de inversión en medidas ecológicas (con un coste total de inversión superior a los 166 000 millones EUR). Esto representa una contribución media del 40 % de estos fondos a la acción por el clima, contribución que va mucho más allá de los compromisos reglamentarios mínimos[28]. Por otro lado, REPowerEU desempeñó un papel clave a la hora de reducir rápidamente la dependencia de los combustibles fósiles rusos y de acelerar la transición ecológica.

La Plataforma de Tecnologías Estratégicas para Europa («STEP», por sus siglas en inglés) fue creada por la UE para apoyar a la industria europea e impulsar la inversión en tecnologías críticas en Europa, en particular las tecnologías energéticas limpias. A través de una combinación de incentivos financieros y medidas para facilitar la financiación de proyectos, STEP está movilizando financiación en apoyo de tecnologías críticas en el marco de los programas y fondos existentes de la UE, en particular los fondos de la política de cohesión, InvestEU, Horizonte Europa, el Fondo Europeo de Defensa, el Fondo de Innovación del RCDE de la UE y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. Además, hasta 2024, el Clúster 5 (Clima, Energía y Movilidad) del programa Horizonte Europa proporcionó más de 3 000 millones EUR para apoyar la investigación y la innovación en tecnologías energéticas limpias.

---

26 Para más información, véase: https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway_es.

27 COM(2025) 30 final.

28 Para más información, véase: *Exploring investments 2021-2027 – Cohesion policy support to climate action* [«Explorar las inversiones de 2021-2027 – Apoyo de la política de cohesión a la acción por el clima», sitio web en inglés].

2.2. Cadenas de valor de tecnologías de cero emisiones netas en la UE: oportunidades y desafíos para una industria limpia

2.2.1. Cadenas de suministro de la industria manufacturera

En los últimos años, la UE ha tomado medidas para aumentar su capacidad de fabricación de tecnologías de cero emisiones netas, con el objetivo de reducir las dependencias estratégicas y aumentar la resiliencia de la UE, contribuyendo al mismo tiempo a los objetivos de la UE en materia de energía y clima.

Aunque la UE está redoblando sus esfuerzos, se enfrenta a fuertes dificultades por parte de los competidores mundiales. En los últimos años, a pesar de las fortalezas de la UE en aspectos como la investigación y la innovación, la mano de obra cualificada y las normas reglamentarias, su posición en la fabricación de tecnologías de cero emisiones netas se ha deteriorado a escala mundial. La UE mantiene una sólida base de fabricación en determinadas tecnologías de cero emisiones netas, como la energía eólica y los electrolizadores, mientras que otras partes del mundo dominan cada vez más determinadas cadenas de valor, como la energía solar fotovoltaica y las baterías. Los retos consisten no solo en la dependencia de determinadas tecnologías de cero emisiones netas en sí, sino también de componentes tecnológicos específicos de la cadena de suministro. Por ejemplo, la UE está bien posicionada en la fabricación de bombas de calor hidráulicas y sigue siendo su principal productor, pero China suministra la mayoría de las válvulas de cuatro vías y compresores[29]. Por otro lado, la UE sigue dependiendo en gran medida de una serie de materias primas fundamentales esenciales para la fabricación de una serie de tecnologías de cero emisiones netas.

La inversión mundial en fabricación de tecnologías limpias aumentó rápidamente hasta 2023. En 2024, la inversión se mantuvo en un nivel similar, con 129 000 millones EUR (133 000 millones EUR en 2023)[30]. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la UE y los Estados Unidos pudieron aumentar su cuota combinada de inversión mundial en fabricación de tecnologías limpias hasta el 16 % en 2023 (frente al 11 % en 2022)[31]. Al mismo tiempo, China sigue manteniendo un liderazgo significativo en la inversión en la industria manufacturera. En 2024, se estima que China representó el 81 % de la inversión mundial en la cadena de suministro de tecnologías limpias[32].

Los costes de fabricación en la UE y los Estados Unidos siguen siendo estructuralmente más elevados que en China. Los costes de fabricación de módulos solares fotovoltaicos son entre un 35 y un 65 % más bajos en China que en la UE y los Estados Unidos[33]. Los componentes de aerogeneradores terrestres cuestan alrededor de 355/kW EUR en China, mientras que en la

---

29 Véase la sección sobre la tecnología de las bombas de calor en el capítulo 3 del presente Informe.

30 BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025* [«Tendencias de inversión en la transición energética en 2025», documento en inglés], 2025. Los datos abarcan la fabricación de piezas clave de las baterías (incluidas minas y refinerías), la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y la cadena de suministro del hidrógeno. Conversión con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

31 Agencia Internacional de la Energía (AIE), *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

32 BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025* [«Tendencias de inversión en la transición energética en 2025», documento en inglés], 2025. Los datos abarcan la fabricación de piezas clave de las baterías (incluidas minas y refinerías), la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y la cadena de suministro del hidrógeno.

33 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

UE y los Estados Unidos los costes oscilan entre los 448-485/kW EUR[34]. Por su parte, el montaje final de las bombas de calor en la UE y los Estados Unidos cuesta aproximadamente el doble que en China[35].

Varios factores contribuyen a estas disparidades de costes, como los elevados precios de la energía, las perturbaciones de la cadena de suministro, la inflación monetaria, el aumento de los tipos de interés, la intensa competencia en el mercado, diversos programas de subvenciones y la incertidumbre sobre la demanda futura. Un análisis reciente de la AIE muestra que China sigue siendo la ubicación más rentable para la inversión de capital en instalaciones de fabricación, y que los costes en la UE y los Estados Unidos son entre un 70 y un 195 % más elevados por unidad de capacidad de producción[36]. Si bien los retos para reforzar la capacidad de fabricación de la UE son sustanciales, la UE, como uno de los mercados clave para el desarrollo y la implantación de tecnologías de cero emisiones netas, conserva un gran potencial para aprovechar las oportunidades económicas que ofrece la transición energética mundial.

La fabricación de cero emisiones netas está repartida por muchas regiones de la UE, cada una de ellas con distintas especializaciones. Si bien la cuota de la UE en la fabricación mundial de energía solar fotovoltaica ha ido disminuyendo en los últimos años, Alemania, Italia, España, Francia y Austria mantienen centros de producción. Por lo que se refiere a la energía eólica, si bien la producción de componentes está distribuida por toda la UE, los principales fabricantes de aerogeneradores se concentran en Dinamarca y Alemania, complementados con la correspondiente capacidad de fabricación de torres en España. La fabricación de baterías de la UE está en fase de desarrollo, con producción en Polonia, Alemania, Hungría, Francia, Suecia y otros Estados miembros. En cuanto al hidrógeno, más de la mitad de la fabricación de electrolizadores de la UE se concentra en Alemania, con capacidades adicionales en Dinamarca, España, Portugal, Italia y Francia. Por lo que respecta a las bombas de calor, Alemania, Suecia, Finlandia y Dinamarca se encuentran entre los países con una fabricación relevante. En el sector de la energía geotérmica, Italia lidera la fabricación, con una producción relevante también en Alemania y Francia. Italia también desempeña un papel destacado en la producción de cables en la UE, seguida de Suecia, Alemania, Francia, Polonia y Dinamarca. La UE también es uno de los principales productores de biogás y biometano, con su correspondiente fabricación, en particular en Alemania e Italia, así como en Chequia, España y Polonia, para los componentes pertinentes[37].

La UE adoptó el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas para reducir su dependencia de las importaciones de tecnologías de cero emisiones netas, reforzar la resiliencia de la cadena de valor y crear una sólida base de fabricación interna. El objetivo es establecer un marco regulador para garantizar el acceso de la UE a un suministro seguro y sostenible de tecnologías de cero emisiones netas, en particular mediante el aumento de la capacidad de fabricación de estas tecnologías y sus cadenas de suministro.

Además, los Estados miembros están adoptando cada vez más políticas específicas que promueven la producción de tecnologías de cero emisiones netas. Estos marcos políticos y

---

34 Con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

35 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

36 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

37 Ecorys, *The Net-Zero manufacturing landscape across Member States – Final Report* [«El panorama de la industria manufacturera de cero emisiones netas en los Estados miembros. Informe final», documento en inglés], 2025. Lista no exhaustiva de ejemplos.

jurídicos nacionales para las tecnologías de cero emisiones netas incluyen una combinación de sistemas de incentivos, impuestos, políticas fiscales y políticas en materia de capacidades y educación. Muchas de estas estrategias nacionales se centran en tecnologías específicas en lugar de en tecnologías de cero emisiones netas en general. Un estudio reciente concluye que la mayoría de las políticas definidas en los Estados miembros se centran en los electrolizadores y las pilas de combustible, seguidos de las baterías y las tecnologías de almacenamiento, la energía eólica y la energía solar fotovoltaica. Por ejemplo, Alemania y España cuentan con estrategias específicas para las tecnologías del hidrógeno, mientras que Irlanda y Polonia cuentan con estrategias sectoriales para la tecnología de la energía eólica[38].

Uno de los retos para la producción generalizada de tecnologías de cero emisiones netas es la concesión de autorizaciones a los centros de fabricación, que se aborda ampliamente en el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas. Las normas varían de un país a otro, lo que puede afectar al calendario de implantación de estas tecnologías. Sin embargo, los Estados miembros están avanzando hacia soluciones como la digitalización, creando ventanillas únicas y dando prioridad a los proyectos ecológicos. Algunos ejemplos de ello son el desarrollo por parte de Italia de ventanillas únicas para las actividades empresariales, la priorización temporal por parte de Finlandia de los proyectos de transición ecológica y la clasificación de determinados proyectos como inversiones prioritarias por parte de Hungría. La Ley de industria verde de Francia también tiene por objeto reducir los plazos de concesión de autorizaciones con procedimientos paralelos de tramitación y procedimientos acelerados para proyectos estratégicos[39].

El informe Draghi subraya la necesidad de mantener y reforzar la fabricación de tecnologías limpias en la UE para poder aprovechar las oportunidades de crecimiento que ofrece un mercado cada vez mayor tanto dentro como fuera de la UE, apoyándose en los sólidos fundamentos de la UE en materia de innovación y fabricación. Además, el informe señala varios retos a los que se enfrentan los fabricantes de la UE en lo que respecta a estas tecnologías para expandirse y competir, y propone varias medidas para apoyar la competitividad de la UE en este ámbito. Entre sus propuestas, el informe destaca el papel crucial de una aplicación plena y rápida del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas para apoyar la fabricación[40].

El Pacto por una Industria Limpia establece un enfoque de la descarbonización impulsado por la competitividad, destinado a hacer que la UE se perciba como un lugar atractivo para la fabricación, en particular para las industrias de gran consumo de energía y las tecnologías limpias. Además, el futuro Fondo Europeo de Competitividad contribuirá a garantizar que las tecnologías estratégicas, en particular las tecnologías limpias, se desarrollen y fabriquen en la UE[41].

2.2.2. Descarbonización de las industrias de gran consumo de energía

Desde metales como el acero y el aluminio hasta los productos químicos, los materiales producidos por las industrias de gran consumo de energía son estratégicos para la economía de la UE, en particular como base para el diseño y la fabricación de tecnologías de cero emisiones

---

38 *Ibid.*

39 *Ibid.*

40 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

41 Orientaciones políticas para la próxima Comisión Europea 2024-2029.

netas. La construcción de la torre de un aerogenerador requiere acero para la torre y sus cimientos, aluminio para la góndola y las palas, así como revestimientos químicos especializados para ellas. Al mismo tiempo, las tecnologías de cero emisiones netas, desde las fuentes de energía renovables hasta la producción de hidrógeno, la eficiencia energética y las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, están permitiendo la descarbonización de las industrias de gran consumo de energía. Esto ilustra hasta qué punto los productos industriales de gran consumo de energía son esenciales para las cadenas de valor de cero emisiones netas y viceversa.

Por lo tanto, el aumento de la autonomía estratégica de la UE requiere un enfoque basado en la cadena de valor que tenga en cuenta todos los componentes y materiales esenciales de las tecnologías de cero emisiones netas. El Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas reconoce la importancia de las tecnologías industriales transformadoras para descarbonizar la producción de materiales básicos, como el acero, el aluminio, los metales no ferrosos, los productos químicos y el cemento e incluye el apoyo a los proyectos de descarbonización de la industria de gran consumo de energía que forman parte de la cadena de suministro de una tecnología de cero emisiones netas[42]. Estos proyectos se benefician, en concreto, de una concesión de autorizaciones acelerada. Además, la UE está apoyando la transición de los combustibles fósiles a las fuentes de energía renovables y con bajas emisiones de carbono, en particular a través de la electrificación eficiente desde el punto de vista energético, por ejemplo, utilizando bombas de calor para recuperar el calor de los gases de escape y reutilizarlo.

Las industrias de gran consumo de energía representan más de la mitad del consumo de energía de la industria de la UE[43] y son las más afectadas por el aumento estructural de los precios de la energía en la UE en comparación con otras economías importantes. A pesar de los esfuerzos realizados en el marco de REPowerEU, la producción de las industrias de gran consumo de energía de la UE ha disminuido entre el 10 y el 15 % desde 2021[44]. Al mismo tiempo, las industrias de gran consumo de energía representan una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. Su descarbonización es fundamental para lograr la neutralidad climática, pero requiere grandes inversiones, lo que pone aún más presión sobre las empresas de la UE. En general, esto ejerce una fuerte presión sobre la competitividad de las industrias de gran consumo de energía de la UE, en comparación con los países que disfrutan de precios de la energía más bajos y cuyo programa de descarbonización es menos ambicioso. La pérdida de producción en productos industriales clave debido a esta presión debilitaría las cadenas de suministro de la UE en las tecnologías de cero emisiones netas, aumentaría la dependencia de las importaciones y reduciría la prosperidad.

El informe Draghi destaca la importancia de las industrias de gran consumo de energía para la economía de la UE y el gran reto al que se enfrentan al tener que invertir en descarbonización, al tiempo que deben afrontar el aumento de los precios de las emisiones de carbono y competir en los mercados mundiales. A este respecto, el informe señala la falta de unas condiciones de competencia equitativas, especialmente en lo que se refiere a las empresas que se benefician de subvenciones elevadas en países como China, que está ampliando rápidamente su producción. Sobre la base de este análisis, el informe Draghi sugiere que se preste un apoyo coordinado a las industrias de gran consumo de energía de la UE en su transición, desde la

---

42 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, artículo 2, apartado 3.

43 Véase: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/energy-intensive-industries_es.

44 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

concesión de autorizaciones hasta la ayuda financiera, en particular mediante la creación de demanda de productos ecológicos con el fin de ofrecer un argumento comercial claro para las inversiones en producción limpia. Al mismo tiempo, en el informe se recomienda que se igualen las condiciones con la competencia internacional, sobre la base, por ejemplo, del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (MAFC) de la UE[45].

El Pacto por una Industria Limpia hace especial hincapié en el apoyo a la industria de la UE y su competitividad en el camino hacia la descarbonización. En particular, la Comisión propondrá una Ley de Aceleración de la Descarbonización Industrial para apoyar a las industrias en proceso de transición mediante la creación de mercados líderes para los productos limpios y la aceleración de los procesos de planificación, licitación y concesión de autorizaciones para la construcción o transformación de plantas de fabricación, prestando especial atención a las industrias de gran consumo de energía. La nueva Brújula para la Competitividad prevé planes de acción a medida para los sectores de gran consumo de energía, como el acero, los metales y los productos químicos, que constituyen la columna vertebral del sistema europeo de fabricación. Asimismo, la Brújula para la Competitividad propone acciones sobre facilitadores transversales de la competitividad, en particular en relación con la simplificación del marco regulador y la reducción de la carga normativa para la industria de la UE.

2.2.3. Capital humano y capacidades

Una mano de obra cualificada es un pilar fundamental de la capacidad de la UE para diseñar, fabricar, construir, conectar y mantener tecnologías e infraestructuras energéticas limpias. Según el último informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el empleo en el sector de las energías renovables alcanzó cerca de los 1,8 millones puestos de trabajo en la UE en 2023[46]. Los datos de las asociaciones industriales muestran que a finales de 2023 trabajaban en el sector de la energía solar de la UE unas 826 000 personas (con 362 000 puestos de trabajo directos), lo que supone un crecimiento del 27 % en el número de puestos de trabajo en el sector solar desde 2022, y el 5 % de los puestos de trabajo procedían de la industria manufacturera[47]. En el sector de las bombas de calor, el número de puestos de trabajo directos se aproximó a los 170 000 ese mismo año, con un 39 % en la industria manufacturera[48]. Sin embargo, las tendencias negativas en 2024 y posteriormente podrían afectar al mercado laboral del sector. En este sentido, cabe señalar el papel que desempeñan las tecnologías energéticas limpias en el segmento manufacturero, que representa aproximadamente un tercio de los puestos de trabajo en el sector de la energía limpia en general. Esto subraya el importante papel de las tecnologías de cero emisiones netas y su fabricación también en lo que respecta al empleo.

Aunque la situación mejoró ligeramente en 2024, la escasez de mano de obra sigue siendo motivo de preocupación. En el tercer trimestre de 2024, la tasa de vacantes de empleo en el

---

45 *Ibid.*

46 IRENA y OIT (Organización Internacional del Trabajo), *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*, [«Energías renovables y puestos de trabajo: informe anual de 2024», documento en inglés], 2024.

47 Solar Power Europe, *EU Solar Jobs Report 2024 – a solar workforce ready for stronger growth* [«Informe sobre el empleo en el sector solar en 2024: una mano de obra solar preparada para un crecimiento más fuerte», documento en inglés], 2024.

48 European Heat Pump Association, *European Heat Pump Market and Statistics Report 2024* [«Informe de 2024 sobre el mercado europeo de las bombas de calor y sus estadísticas», documento en inglés], 2024.

sector del suministro energético era del 1,6 %, mientras que la tasa global de la economía de la UE era del 2,3 %[49]. Por otro lado, el porcentaje de empresas que informaron de una escasez de mano de obra en el sector de la fabricación de equipos eléctricos disminuyó de un 20 % en el último trimestre de 2023 a un 15 % en el último trimestre de 2024[50]. A este respecto, un factor clave que puede agravar la escasez estructural de mano de obra en los próximos años es el envejecimiento de la población activa en muchos Estados miembros[51].

Varias políticas e iniciativas a distintos niveles ya están ayudando a hacer frente a la escasez de mano de obra y de personal cualificado, pero deben seguir realizándose esfuerzos. Los Estados miembros conceden un gran valor al reciclaje profesional y a la reasignación de trabajadores entre profesiones, sectores y regiones. En la medida de lo posible, los objetivos y las medidas en materia de capacidades forman parte de la política de investigación, innovación y competitividad de los planes nacionales integrados de energía y clima[52]. A nivel de la UE, tras el Año Europeo de las Competencias 2023, la Agenda de Capacidades Europea ha seguido siendo un ámbito prioritario. El Plan de Acción sobre la escasez de mano de obra y de personal cualificado en la UE de 2024 establece nuevas medidas para que la UE, los Estados miembros y los interlocutores sociales apoyen la capacitación y el reciclaje profesional, especialmente en los sectores afectados por la doble transición ecológica y digital[53]. Se han creado tres asociaciones a gran escala en el marco del Pacto por las Capacidades (sobre energías renovables marinas, energías renovables terrestres y digitalización de la energía) y tres academias de capacidades de cero emisiones netas (la Academia Europea de Baterías en 2022, la Academia Solar Europea en junio de 2024 y la Academia Europea de Materias Primas en diciembre de 2024) para hacer frente a la escasez de capacidades específicas en sectores clave de las tecnologías energéticas limpias. Además, están previstas otras academias relacionadas con la tecnología eólica y el hidrógeno.

Por lo tanto, una industria de las energías limpias competitiva y la transición energética requieren unos esfuerzos de coordinación entre el sector público y el privado significativos, reforzados y específicos para atraer, mejorar y reciclar las capacidades de los trabajadores a fin de disponer de mano de obra suficiente. Será necesario un esfuerzo continuo para aumentar la proporción de mujeres que trabajan en el desarrollo, la fabricación y la implantación de tecnologías energéticas limpias, atraer a los jóvenes a profesiones relacionadas con la energía y desarrollar reservas de talentos en energías limpias. En la Brújula para la Competitividad, la Comisión subraya la necesidad de nuevas medidas para abordar las carencias en materia de capacidades y mano de obra, y las esboza, a fin de apoyar a las industrias a las que se dirige la Brújula. Esto incluirá la creación de una Unión de las Competencias, así como un enfoque renovado en relación con la financiación de las capacidades en el presupuesto de la UE que se centre en los sectores que participan en la doble transición ecológica y digital. Estas medidas serán de especial importancia para las tecnologías energéticas limpias y el éxito de la transición energética.

---

49 Eurostat (jvs_q_nace2), consultado el 13.2.2025.

50 Comisión Europea, DG ECFIN, base de datos de encuestas a empresas y consumidores, datos por subsectores. El código «NACE 27. Fabricación de material y equipo eléctrico» se utiliza como referencia para la industria manufacturera de las energías renovables, ya que muchas tecnologías energéticas limpias entran en esta categoría.

51 AIE, *World Energy Employment* [«Empleo en el sector energético mundial», documento en inglés], 2024; Cedefop, *Electroengineering workers: skills opportunities and challenges* [«Trabajadores de la electroingeniería: oportunidades y retos en materia de capacidades», documento en inglés], 2023.

52 Informes de los planes nacionales integrados de energía y clima de los Estados miembros, en los que se facilitó información.

53 COM(2024) 131 final.

2.3. El panorama de la innovación en el sector de las energías limpias

2.3.1. Tendencias en materia de I+i

Históricamente, la UE ha perseguido y alcanzado la excelencia científica y técnica en tecnologías energéticas limpias, lo que también se ha traducido en éxito en el mercado gracias a la ventaja de ser pionera. Sin embargo, esta ventaja competitiva se ha ido diluyendo en los últimos años. Ya sea mediante el avance en I+i, el uso de mercados cautivos para la transferencia de tecnología o el aprendizaje basado en la experiencia, otras economías están alcanzando o superando a la UE en la capacidad de innovar, con efectos asociados en la competitividad. Esta es la razón por la que cerrar la brecha de innovación es uno de los tres pilares de la Brújula para la Competitividad, que establece medidas para reforzar los resultados de la UE en materia de innovación.

Al mismo tiempo, la UE sigue teniendo una sólida base en tecnologías energéticas limpias, ámbito en el que en muchos sectores sigue estando bien situada. Sin embargo, la UE se está quedando rezagada con respecto a los Estados Unidos y China en los ámbitos digitales, tanto en general como cuando estos están relacionados con las tecnologías limpias[54]. Teniendo en cuenta la importancia horizontal de la digitalización en todas las tecnologías, esto también repercute en la competitividad de la UE.

Si se considera el gasto en I+i en tecnologías energéticas limpias como proporción del PIB en las principales economías, la UE muestra un alto nivel de I+i pública, pero esto contrasta con los niveles relativamente bajos de gasto en I+i privada. Los datos más recientes disponibles muestran que la mitad de los Estados miembros que ya han comunicado cifras de 2023[55] han aumentado su gasto público en I+i. Si esta comunicación parcial resultara representativa, daría lugar, en igualdad de condiciones, a un aumento adicional de 700 millones EUR (un 9 %) para apoyar las prioridades de I+i de la Unión de la Energía[56].

La inversión pública en investigación e innovación en las prioridades de I+i de la Unión de la Energía ha aumentado de forma constante, y las cifras comunicadas por los Estados miembros en 2022 fueron un 23 % superiores a las de 2021[57]. Aproximadamente la mitad de los Estados miembros que han facilitado datos[58] aumentaron su inversión pública en I+i en las prioridades de la Unión de la Energía en 2022, en comparación con 2021. Complementada con fondos de la UE, la inversión pública declarada en 2022 superó los 9 000 millones EUR. Según las cifras y estimaciones para China y los Estados Unidos, la UE lidera el gasto público en I+i en

---

54 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Science, research and innovation performance of the EU, 2024: a competitive Europe for a sustainable future* [«Resultados en materia de ciencia, investigación e innovación de la UE en 2024: una Europa competitiva para un futuro sostenible», publicación en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

55 No se dispone de información oportuna, sólida y comparable sobre las tendencias en I+i en materia de tecnologías energéticas limpias. Esto se debe, en parte, al desfase temporal inherente a determinadas estadísticas, pero también a que no siempre existe una definición clara de los ámbitos tecnológicos en cuestión, que a menudo se extienden a ámbitos temáticos más amplios, como la energía, el transporte o el entorno construido. La fragmentación en la presentación de informes dificulta obtener una imagen coherente y es uno de los ámbitos que requieren atención para mejorar el seguimiento y la coordinación en materia de I+i. Véase también SWD(2023) 646 final.

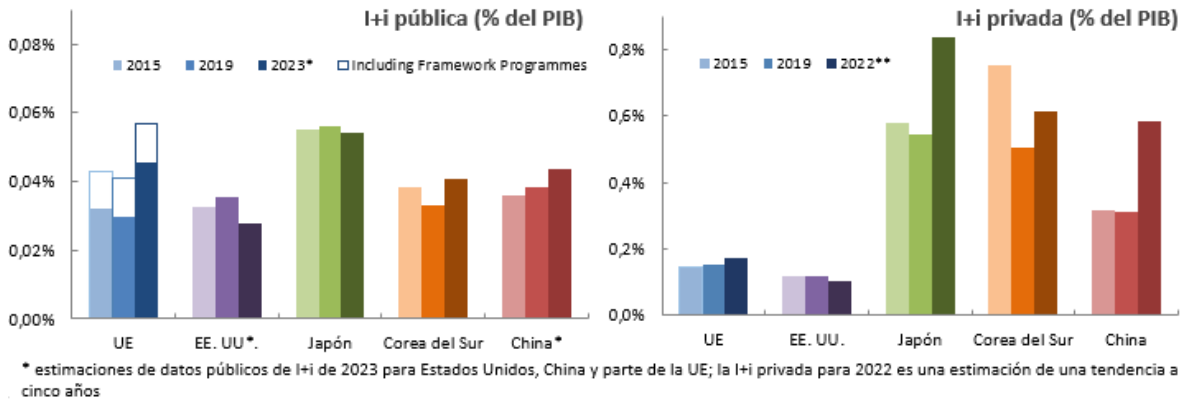
56 COM(2015) 80 final.

57 Una parte significativa del aumento en 2021 y 2022 se debió a un cambio en la presentación de informes por parte de España y a revisiones por parte de Francia. Estos dos Estados miembros representaron 1 000 millones EUR adicionales de inversión en I+D en 2022. Francia también representa gran parte del aumento de 2023. Fuente: AIE, *Energy Technology RD&D Budgets - Database documentation* [«Presupuestos de I+D+i en tecnología energética – Documentación de la base de datos», documento en inglés], 2024.

58 Veintidós Estados miembros son miembros de la AIE: AT, BE, CZ, DE, DK, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, NL, PL, PT, SE, SK (EL y LU no informan, IT está todavía pendiente). Para 2022, BE, DE, EE, ES, FR, LT, IE, PL, PT y FI notificaron un aumento a la AIE para 2022. Hasta la fecha, AT, BE, FR, LT, IE y SK han notificado un aumento para 2023.

tecnologías energéticas limpias entre las principales economías, tanto en términos absolutos como en porcentaje del PIB (0,057 %, seguida de Japón con un 0,055 %).

Gráfico 2: *Inversiones públicas y privadas en I+i destinadas a las prioridades de I+i de la Unión de la Energía en las principales economías como porcentaje del PIB*



Fuente: JRC sobre la base de la AIE[59], Mission Innovation[60], análisis propio[61].

Los últimos aumentos significan que la inversión de los Estados miembros, a partir de 2021, ha superado el máximo observado hace una década, antes de los efectos de la recesión económica, tanto en términos nominales como al tener en cuenta la inflación. Durante el mismo período se ha producido un cambio notable en la proporción de inversión pública en I+i en las prioridades de I+i de la Unión de la Energía. La seguridad nuclear solía ser el ámbito más destacado, y atraía casi un tercio de la inversión pública en I+i; en los últimos años, el transporte sostenible ha atraído una proporción similar, centrándose en las tecnologías de las baterías y el hidrógeno.

Las inversiones públicas de los Estados miembros se complementan con fondos de la UE. El Programa Marco de I+i de la UE, Horizonte Europa, sigue apoyando las tecnologías energéticas limpias y su competitividad. Por ejemplo, el Clúster 5 (Clima, Energía y Movilidad) de Horizonte Europa invirtió alrededor de 320 millones EUR para I+i en energía solar fotovoltaica, 70 millones EUR en energía geotérmica y más de 230 millones EUR para el progreso de las tecnologías avanzadas en el ámbito de los combustibles alternativos sostenibles para la aviación y el transporte marítimo entre 2021 y 2024. Horizonte Europa también incluye esfuerzos para impulsar las inversiones privadas a través de asociaciones europeas, como la Clean Hydrogen Partnership (Asociación para un Hidrógeno Limpio), BATT4EU y la Solar PV Partnership (Asociación para la Energía Solar Fotovoltaica).

---

59 Adaptado de: AIE, IEA energy technology RD&D budgets database [«Base de datos de presupuestos para I+D+i en tecnología energética de la AIE», documento en inglés], 2024. Estimaciones de datos de I+i pública de EE. UU., sobre la base de la AIE y de Myslikova, Z., Gallagher, K. S., Zhang, F., Narassimhan, E., Oh S., y Chi, K., Global Public Energy RD&D Expenditures Database, 2024.

60 Mission Innovation, *Country Highlights*, 2020. Estimación de la I+i pública para China, sobre la base de las observaciones de años anteriores y de fuentes adicionales.

61 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, datos de investigación e innovación del sistema de información del Plan EETE [página web en inglés]; la I+i privada es una estimación de la tendencia a cinco años.

La inversión privada sigue proporcionando la mayoría (más de tres cuartas partes) de la financiación para I+i en tecnologías energéticas limpias tanto en la UE como en todas las principales economías, y la inversión como porcentaje del PIB sigue siendo significativamente superior en las principales economías asiáticas que en la UE y los Estados Unidos. La mayor parte de la inversión privada en I+i en tecnologías energéticas limpias en la UE se destina a tecnologías de transporte sostenibles. El sector del automóvil representa la mayor proporción de la inversión industrial en I+D de la UE y lidera la inversión industrial en I+D del sector del automóvil a escala mundial, invirtiendo ocho veces más que la industria energética (tecnologías limpias y de otro tipo)[62]. Casi una cuarta parte de las actividades de innovación del sector se dirigen a tecnologías más sostenibles, de entre las cuales, por ejemplo, más de una tercera parte se dedica a la electromovilidad (en particular, las baterías)[63].

El informe Draghi hace hincapié en el papel clave de la innovación en el aumento de la productividad, al tiempo que subraya la necesidad de hacer un esfuerzo colectivo para eliminar los obstáculos a la innovación y colmar la brecha con China y los Estados Unidos en lo que respecta a tecnologías clave. En este sentido, el informe subraya que la ventaja de la UE en el ámbito de las tecnologías ecológicas está cada vez más sometida a presión[64]. Al mismo tiempo, el análisis de los principales inversores de la UE en I+D muestra una disminución de los rendimientos de la inversión en este ámbito, lo que sugiere que fomentar más la inversión puede ser, por sí sola, una medida insuficiente si no se abordan otros factores, como la retención del talento[65]. En 2024, el grupo de expertos independientes presidido por Manuel Heitor definió una serie de medidas que la UE puede adoptar para garantizar el liderazgo en I+D y el apoyo a la competitividad en un panorama tecnológico en rápida evolución. Estas van desde el aumento de la financiación y la redefinición de las colaboraciones hasta la reestructuración de las políticas e instrumentos de I+i[66]. El seguimiento continuo de nuestro rendimiento en I+i y de nuestro posicionamiento competitivo ayudará a poner en práctica los cambios y a evaluar el efecto según sea necesario.

Aunque la UE sigue obteniendo buenos resultados, China lidera cada vez más los resultados en investigación sobre tecnologías limpias. En lo que respecta a publicaciones científicas, la UE está más especializada que los Estados Unidos, pero se estanca por detrás de China en materia de transporte inteligente, ecológico e integrado y de energía segura, limpia y eficiente. No obstante, sigue liderando en términos de especialización, cuando los resultados científicos se agrupan en el ámbito del Objetivo de Desarrollo Sostenible para una energía asequible y no contaminante[67].

---

62 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, *2024 EU industrial R&D investment scoreboard* [«Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE en 2024», documento en inglés], 2024.

63 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, *2023 EU industrial R&D investment scoreboard* [«Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE en 2023», documento en inglés], 2023.

64 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

65 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, *2024 EU industrial R&D investment scoreboard* [«Cuadro de indicadores de inversión en I+D industrial de la UE en 2024», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

66 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Align, act, accelerate: research, technology and innovation to boost European competitiveness* [«Alinear, actuar, acelerar: investigación, tecnología e innovación para impulsar la competitividad europea», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

67 *Ibid*.

En 2011, alcanzó su punto máximo la proporción de solicitudes de patentes para la protección de tecnologías de mitigación del cambio climático en todas las invenciones. En paralelo a la ralentización de la actividad de patentes «verdes» desde entonces, han aumentado las solicitudes de marcas comerciales conexas, lo que indica un cambio de énfasis hacia la implantación y el despliegue en lugar de en la investigación y la innovación[68]. La UE sigue liderando la producción mundial de solicitudes de patentes de alto valor[69] en las prioridades de I+i de la Unión de la Energía para las energías renovables (29 %) y la eficiencia energética (23 %). Ocupa el segundo lugar por detrás de Japón en transporte sostenible y, por detrás de los Estados Unidos, en captura, almacenamiento y utilización de carbono y seguridad nuclear, pero no ha recuperado posiciones en sistemas inteligentes. China, tras haber dedicado varios años a adaptar solicitudes a su mercado nacional, se ha centrado cada vez más en la protección internacional de las innovaciones en el ámbito de las energías limpias. Ya lidera las solicitudes de patentes de alto valor para sistemas inteligentes (33 %) y está mejorando en todos los demás ámbitos. No obstante, la UE ha mantenido de forma constante una especialización superior a la media mundial en energías renovables, transporte sostenible y captura, almacenamiento y utilización de carbono. La UE también conserva una ventaja de especialización en varias tecnologías, como la energía eólica, el hidrógeno para el transporte y la bioenergía.

Con el Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE), el principal instrumento para aplicar la dimensión de la investigación, la innovación y la competitividad de la Unión de la Energía, los Estados miembros y la Comisión están trabajando juntos y en estrecha colaboración con la industria y las instituciones de investigación para establecer programas conjuntos de investigación e innovación en tecnologías de cero emisiones netas. Tras la revisión del Plan EETE en 2023[70], el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas reforzó aún más el papel del Plan EETE y su grupo director para ayudar a apoyar el desarrollo de tecnologías energéticas limpias, eficientes y competitivas en términos de costes mediante la coordinación y la colaboración[71].

En 2023 y 2024, los trabajos en el marco del Plan EETE mostraron un progreso constante. Como reflejo de los fuertes vínculos temáticos entre los grupos de trabajo del Plan EETE, se ha intensificado el trabajo colaborativo en el marco del Plan, y 2024 fue el año en el que se registró el mayor número de colaboraciones entre los grupos de trabajo desde el inicio del Plan. Por ejemplo, se ha establecido una estrecha colaboración entre el grupo dedicado a los sistemas energéticos y el grupo dedicado al uso sostenible y eficiente de la energía en la industria. Los grupos de trabajo del Plan EETE siguen actualizando y revisando sus planes de aplicación de tecnologías específicas. Por ejemplo, en el ámbito de las tecnologías de corriente continua (CC), en 2024 se publicó un nuevo plan de aplicación de CC de baja tensión con el objetivo de desarrollar y hacer demostraciones de microrredes de CC de baja tensión en edificios y plantas industriales. El informe de situación del Plan EETE de 2024[72] pone de relieve con mayor detalle

---

68 Cervantes, M. *et al.*, *Driving low-carbon innovations for climate neutrality* [«Impulsar las innovaciones con bajas emisiones de carbono para alcanzar la neutralidad climática», documento en inglés], OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, n.º 143, 2023.

69 JRC sobre la base de todas las solicitudes incluidas en la edición de primavera de 2024 de PATSTAT de la EPO. Resultados notificados para los tres últimos años con estadísticas completas (2018-2020) para evitar la distorsión de las tendencias debido al desfase de los datos. Para más información, véase: Indicadores basados en patentes: conceptos principales y disponibilidad de datos [página web en inglés].

70 COM(2023) 634 final.

71 DO L, 2024/1735, 28.6.2024.

72 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Kuzov, T., Letout, S., Georgakaki, A., Volt, S., Tumara, D., Martínez Castilla, G., Lauritzen, A., Sobczak, A., Paunescu, G., Fromentin, M., Degiorgis, E., Volkanovski, A. y Tzimas, E., *SET plan progress report* [«Informe de situación del Plan EETE», documento en inglés], 2024.

la evolución reciente, en particular, por ejemplo, la visión desarrollada en el marco del Plan para el sector geotérmico de aquí a 2050.

En su nueva Brújula para la Competitividad, la Comisión ha hecho hincapié en la necesidad de situar la investigación e innovación, como motor clave de la competitividad, en el centro de la economía de la UE. Entre las medidas para cerrar la brecha de innovación, la Comisión presentará una Ley del Espacio Europeo de Investigación para reforzar la inversión en I+D y elevarla hasta el objetivo del 3 % del PIB. Por otro lado, se ampliarán el Consejo Europeo de Investigación y el Consejo Europeo de Innovación[73].

2.3.2. Tendencias de la inversión de capital riesgo

La financiación de las empresas de energía limpia es clave para fomentar la resiliencia energética y la soberanía tecnológica de la UE. El capital riesgo, que ocupa un lugar central en el ecosistema que financia a las empresas emergentes y en expansión innovadoras, desempeña un papel crucial a la hora de garantizar que la UE aproveche las oportunidades industriales que ofrecen las tecnologías energéticas limpias emergentes.

El desarrollo de la inversión de capital riesgo en el sector de las energías limpias de la UE atestigua la labor emprendida por la UE para desarrollar su industria de capital riesgo, movilizar a los inversores públicos para colmar grandes déficits de financiación y atraer a otros financiadores, como los inversores corporativos e institucionales. La UE tiene la mayor proporción relativa de capital riesgo proporcionada por las administraciones públicas (en comparación con el capital riesgo total)[74], lo que ilustra el importante papel de las inversiones públicas en comparación con las privadas.

En 2023 y 2024 se presenta un panorama desigual, que muestra tanto oportunidades como retos para la UE. En 2023, en un contexto de contracción mundial de la financiación de capital riesgo, la UE demostró su capacidad para atraer acuerdos estratégicos de crecimiento para instalaciones de fabricación a gran escala de baterías y acero a base de hidrógeno. Estos acuerdos excepcionales impulsaron el crecimiento de la inversión de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias en la UE, que alcanzó los 9 200 millones EUR en 2023 (+ 20 % en comparación con 2022)[75].

En 2024, un entorno macroeconómico persistentemente adverso dio lugar a una reducción de la actividad de negociación y a una disminución significativa de la inversión total de capital riesgo de la UE. Esta fuerte caída (− 34 % en comparación con 2023) puso de manifiesto una dependencia notable de unos pocos acuerdos a gran escala (más de 1 000 millones EUR en financiación de riesgo). En 2023, tres empresas obtuvieron estos importes, lo que en conjunto representó el 43 % de la inversión total de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias en

---

73 Orientaciones políticas para la próxima Comisión Europea 2024-2029, COM(2025) 30 final.

74 Comisión Europea, *Science, research and innovation performance of the EU – A competitive Europe for a sustainable future* [«Resultados en materia de ciencia, investigación e innovación de la UE: una Europa competitiva para un futuro sostenible», publicación en inglés], 2024.

75 Selección del JRC sobre la base de verticales de PitchBook e investigaciones en profundidad llevadas a cabo para el CETO y el cuadro europeo de indicadores de competitividad de la industria climáticamente neutra. Para más información, véase Comisión Europea: JRC, Georgakaki, A., Taylor, N., Ince, E., Koukoufikis, G., Kuokkanen, A., Kuzov, T., Letout, S., Mountraki, A., Murauskaite-Bull, I., Mancini, L., Miletic, M., Pennington, D., Ozdemir, E. y Terça, G., CETO, *Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union* [«Análisis estratégico general de las tecnologías energéticas limpias en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

la UE. Entre ellas, el caso del fabricante sueco de baterías Northvolt, que se acogió a la protección frente a la insolvencia en noviembre de 2024, pone de relieve el reto que supone ampliar rápidamente la fabricación. Esta dependencia de grandes acuerdos fue aún más acentuada en 2024, con una sola operación de este tipo, que ascendía a 2 400 millones EUR y representaba por sí sola el 39 % de la inversión de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias en la UE[76].

Debido a estos importantes acuerdos, 2023 marcó la brecha de inversión más estrecha entre la UE, donde aumentó la proporción de tecnologías energéticas limpias en la inversión total de capital riesgo de la UE, y los Estados Unidos y China, donde la inversión de capital riesgo disminuyó. Así pues, la UE representó el 28 % (una proporción en crecimiento) de la inversión mundial de capital riesgo en tecnologías energéticas limpias en 2023 y se situó entre los Estados Unidos (30 %) y China (24 %). Esta proporción se mantuvo relativamente estable en 2024.

En general, el acceso a la financiación sigue siendo un obstáculo importante para la mayoría de las empresas de la UE que desarrollan y fabrican tecnologías energéticas limpias. Habrá que replicar los casos de éxito, en particular en tecnologías en las que la UE aún está rezagada.

Paralelamente, la inversión de capital riesgo en tecnologías solares fotovoltaicas aumentó en la UE, representando el 20 % de la inversión mundial total entre 2021 y 2023. Sin embargo, esta inversión benefició principalmente a los integradores de soluciones solares y no contribuyó al desarrollo de una producción nacional de módulos solares. Las empresas chinas recaudaron 2,7 veces más inversión de capital riesgo que sus homólogas de la UE, la mayor parte de la cual benefició a empresas en expansión que desarrollaban y fabricaban nuevos tipos de células y módulos solares.

La UE también representó el 15 % de la inversión mundial de capital riesgo en tecnologías relacionadas con el hidrógeno entre 2021 y 2023. Sin embargo, su posición se ha visto debilitada por la disminución de la inversión de capital riesgo en 2023 y por una serie de acuerdos de gran envergadura en los que participaron fabricantes chinos de pilas de combustible en 2021 y 2022, y fabricantes estadounidenses de electrolizadores en 2023. En 2023, las empresas emergentes estadounidenses que desarrollaban tecnologías de electrolizadores realizaron grandes avances, obteniendo ocho veces más financiación de capital riesgo que sus competidores de la UE, con el objetivo de aumentar sus capacidades de fabricación, reducir los costes de producción y abordar los mercados extranjeros.

Las empresas emergentes norteamericanas prevalecen tradicionalmente en todas las demás tecnologías de cero emisiones netas y han atraído la mayor parte de la inversión de capital riesgo relacionada. Este es el caso de la captura, almacenamiento y utilización de carbono, la energía solar de concentración, la energía geotérmica, la energía hidroeléctrica, la energía nuclear, los combustibles renovables de origen no biológico y las tecnologías de combustibles alternativos sostenibles, ámbitos en los que la UE tiene sistemáticamente un porcentaje bajo de la inversión total de capital riesgo realizada en todo el mundo.

Sin embargo, la UE ha desarrollado una base importante de sociedades que se dedican a la bioenergía, la recarga de vehículos eléctricos, las bombas de calor, el almacenamiento innovador de energía y las tecnologías oceánicas, solares térmicas y eólicas. En conjunto, estas representaron el 18,5 % (del que la recarga de vehículos eléctricos representó la mitad) de la inversión de capital riesgo en tecnologías de cero emisiones netas en la UE entre 2021 y 2023. En 2023, la UE representó la mayor parte de las inversiones totales a escala mundial en cada

[76] Basado en PitchBook, datos parciales de 2024 extraídos en enero de 2025, sobre la base de la selección del JRC para el CETO.

una de estas tecnologías, a la par que los Estados Unidos. A pesar del aumento de los niveles de inversión desde 2021, las empresas de la UE que desarrollan estas tecnologías y componentes siguen careciendo de acuerdos más amplios que les permitan obtener una ventaja competitiva y apoyar el despliegue de estas tecnologías a escala.

Existen varios instrumentos de financiación de la UE que fomentan la inversión innovadora en tecnologías limpias, como el Fondo de Innovación, InvestEU y la rama de inversión de capital riesgo del Consejo Europeo de Innovación (CEI), el Fondo del CEI. La Plataforma de Tecnología Estratégica para Europa (STEP, por sus siglas en inglés), que entró en vigor en 2024, apoya las inversiones en empresas emergentes, pymes y pequeñas empresas de mediana capitalización de la UE que desarrollan y fabrican tecnologías energéticas limpias esenciales[77].

Liberar todo el potencial del ecosistema empresarial de la UE relacionado con las energías limpias requiere eliminar las barreras a la inversión y lograr una intervención pública específica[78]. El informe Draghi señala un mercado de capital riesgo poco desarrollado como uno de los obstáculos a las tecnologías limpias en la UE e insta a que se estimule la inversión privada[79]. Como sugiere el informe, aumentar la inversión en tecnologías energéticas limpias implica impulsar y racionalizar el presupuesto de la UE y establecer regímenes de financiación para apoyar las inversiones privadas y de mayor riesgo en empresas innovadoras, de modo que puedan ampliarse las empresas estratégicas o los proyectos de transición a largo plazo de la UE.

Las orientaciones políticas de la Comisión reconocen la necesidad de adoptar nuevas medidas en materia de inversión pública y reducción del riesgo del capital privado. Es especialmente importante facilitar la financiación de empresas de rápido crecimiento por parte de los bancos, los inversores y el capital riesgo. Sobre la base del informe Letta[80], la Comisión propondrá una Unión Europea de Ahorros e Inversiones, que incluya los mercados bancarios y de capitales[81]. Desarrollar los mercados bancarios y de capitales de la UE es un requisito previo esencial para liberar fuentes adicionales de financiación, fomentar la inversión transfronteriza y hacer que las empresas en expansión sean más atractivas para los inversores mediante la mejora de sus opciones de salida.

A fin de garantizar que la financiación fluya en la medida necesaria para abordar el déficit de inversión de la UE, las tecnologías energéticas limpias tendrán que considerarse una prioridad estratégica. A este respecto, la Comisión ha anunciado un Fondo Europeo de Competitividad en el próximo marco financiero plurianual, destinado a desbloquear las inversiones en tecnologías limpias y estratégicas. Mediante una Estrategia específica de la UE para las empresas emergentes y en expansión se abordarán los obstáculos que impiden la aparición de nuevas empresas y su expansión[82].

---

77 DO L, 2024/795, 29.2.2024. Para más información, véase: https://strategic-technologies.europa.eu.

78 Banco Europeo de Inversiones, *The scale-up gap* [«La brecha de la ampliación», documento en inglés], 2024.

79 Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [«El futuro de la competitividad europea», documento en inglés], 2024.

80 Enrico Letta, *Much more than a market* [«Mucho más que un mercado», documento en inglés], 2024.

81 Para más información, véase: Convocatoria de datos sobre la Unión Europea de Ahorros e Inversiones.

82 COM(2025) 30 final.

3. EVALUACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD DE LA UE EN MATERIA DE TECNOLOGÍAS DE CERO EMISIONES NETAS

3.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la tecnología de producción de electricidad a partir de fuentes renovables de mayor crecimiento. En 2024, la UE estaba en vías de alcanzar el objetivo de la Estrategia de Energía Solar de la UE de 600 GWac (~720 GWp) de capacidad fotovoltaica instalada de aquí a 2030[83]. Según los datos preliminares de 2024, el crecimiento anual se ha ralentizado, pero las instalaciones han seguido creciendo de forma sustancial, pasando de más de 56 GWp en 2023 a 63 GWp en 2024. En ambos años, la UE ocupó el segundo puesto, por detrás de China (374 GWp en 2024), en cuanto a despliegue, seguida por los Estados Unidos (45 GWp en 2024)[84]. Los costes de generación de electricidad fotovoltaica son ahora inferiores a los de las alternativas basadas en combustibles fósiles en la mayoría de los países[85].

El Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas se refiere al objetivo de la Alianza Europea de la Industria Solar Fotovoltaica de alcanzar 30 GWp de capacidad anual de fabricación de energía solar fotovoltaica en toda la cadena de valor a más tardar en 2025[86]. Este objetivo ya se ha superado para los inversores (82 GWp en 2023[87]) y está cerca de alcanzarse para el polisilicio (29 GWp en 2024). Sin embargo, la situación es diferente para otras partes de la cadena de valor. La capacidad actual de fabricación del sector fotovoltaico de la UE de lingotes y obleas es inferior a 1 GWp, mientras que en el caso de las células y de los módulos la cifra es inferior a 3 GWp[88], con indicaciones de que la producción real en 2023 fue de alrededor de 2 GWp en el caso de los módulos[89]. En general, la UE depende en gran medida de las importaciones fotovoltaicas procedentes de China, donde se encuentran más del 91 % de las instalaciones de fabricación en activo. En cambio, la UE, los Estados Unidos y la India cuentan con una cuota correspondiente del 1 %[90].

Se calcula que el coste de producir un módulo fotovoltaico es aproximadamente un 60 % superior en la UE que en China[91]. Estas diferencias se deben a los mayores costes de la inversión, la mano de obra y la energía, así como a las menores escalas de producción y a la falta de integración vertical. Otros retos para los fabricantes europeos son los elevados niveles de existencias y el exceso de oferta procedente de China, lo que provocó una fuerte caída de los precios de los módulos en el mercado al contado, que disminuyeron más del 25 % interanual hasta situarse en 0,105 EUR/Wp en enero de 2025[92]. Aunque esto impulsa el despliegue, ejerce

---

83 COM(2022) 221 final.

84 Jaeger-Waldau, A., *Snapshot of Photovoltaics* [«Instantánea de la energía fotovoltaica», documento en inglés], 2025 (de próxima publicación).

85 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

86 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, considerando 16.

87 Solar Power Europe, *Inverter Explained 2.0* [El inversor explicado 2.0», documento en inglés], junio de 2024.

88 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., *et al.*, *Photovoltaics in the European Union* «La energía fotovoltaica en la Unión Europea», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

89 ESMC, Carta a la Comisión Europea, enero de 2024.

90 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., *et al.*, *Photovoltaics in the European Union* [«La energía fotovoltaica en la Unión Europea», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

91 AIE, *Renewables 2023 - Analysis and forecast to 2028* [«Energías renovables en 2023: análisis y previsiones para 2028», documento en inglés], 2024.

92 PV Exchange, *Solar Market Analysis January 2025 – PV module prices at crossroads* [«Análisis del mercado solar: enero de 2025 – Los precios de los módulos fotovoltaicos en la encrucijada», documento en inglés], 2025.

una gran presión sobre los fabricantes. Las instalaciones de producción de células y módulos registran bajos índices medios de utilización de alrededor del 50 % a escala mundial[93].

En general, los fabricantes fotovoltaicos de la UE tienen dificultades para competir a escala mundial, en particular en los que respecta a los precios. La concentración de la capacidad de fabricación fotovoltaica en un único país, China, crea riesgos para la resiliencia de la cadena de valor y la estabilidad de los precios[94]. La UE sigue desempeñando un papel importante en la investigación y la innovación en el ámbito de la energía solar fotovoltaica, especialmente en lo que respecta a aplicaciones específicas como la energía fotovoltaica integrada en los edificios, la agricultura, las infraestructuras o los vehículos[95].

Para que la UE gane competitividad en la fabricación de energía fotovoltaica, tendría que ampliar las tecnologías innovadoras en fábricas de gran tamaño a escala de gigavatios, integradas a lo largo de toda la cadena de valor. Con la Carta Solar Europea[96], firmada en abril de 2024, la Comisión, veintitrés Estados miembros y representantes de la industria se comprometieron a llevar a cabo una serie de acciones voluntarias en apoyo del sector de la fabricación de energía fotovoltaica de la UE.

3.2. Energía solar térmica

La Estrategia de Energía Solar de la UE[97] estableció el objetivo de triplicar la demanda de calor solar entre 2022 y 2030. Sin embargo, el sector ha realizado avances limitados hasta la fecha y se ha enfrentado a varios retos en 2023 y 2024. Las inversiones se ralentizaron debido a la competencia de la energía fotovoltaica y las bombas de calor como solución renovable alternativa y al efecto de un gas más barato y de cambios en los incentivos al despliegue[98]. La UE añadió 1,3 GWth de capacidad de calor térmico solar en 2023, un 24 % menos que en 2022. El consiguiente aumento neto del 1,3 % de la capacidad (incluido el desmantelamiento de sistemas más antiguos) está muy por debajo de la tasa necesaria para triplicar la capacidad de aquí a 2030[99].

El mercado mundial también experimentó una recesión, con 21 GWth de nuevas instalaciones en 2023, frente a 23 GWth en 2022[100]. Un dato más alentador es que el segmento del calor de procesos industriales se triplicó en todo el mundo año tras año hasta alcanzar una capacidad total de 0,95 GWth en 2023. Esto incluía la nueva central de calor solar de concentración más grande de la UE (30 MWth con 68 MWh de almacenamiento) en España. En cuanto a la energía solar de concentración, no se ha producido ningún aumento de la capacidad de generación de la UE, que se mantiene prácticamente sin cambios desde 2013 (2,30 GW, casi toda en

---

93 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

94 *European Solar Charter* [«Carta de la energía solar europea», documento en inglés], 2024.

95 Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., *et al.*, *Photovoltaics in the European Union* [«La energía fotovoltaica en la Unión Europea», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2024.

96 *European Solar Charter* [«Carta de la energía solar europea», documento en inglés], 2024.

97 COM(2022) 221.

98 EurObserv'ER, *Solar thermal and concentrated solar power barometer* [«Barómetro sobre la energía solar térmica y la energía solar de concentración», documento en inglés], 2024.

99 *Ibid*.

100 Weiss, W. y Spörk-Dür, M., *Solar Heat Worldwide* [«Calor solar a escala mundial», documento en inglés], 2024.

España)[101]. Mientras tanto, China se ha convertido en el principal desarrollador de energía solar de concentración a escala mundial, con 1 GW de nueva capacidad operativa y otros 2 GW en desarrollo[102].

La UE cuenta con un fuerte sector de fabricación de calentadores de agua solares térmicos y anteriormente se estimaba que cubría hasta el 90 % de la demanda interna, muy por encima del valor de referencia de fabricación del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas. A pesar de que el sector ha experimentado una consolidación en la última década, especialmente en Alemania y España, sigue contando con una amplia gama de agentes que ofrecen diversos productos. Los fabricantes griegos de sistemas por termosifón han podido aprovechar el fuerte crecimiento del mercado, también con importantes exportaciones[103]. Varias empresas de la UE están entrando en el mercado de centrales a gran escala de calefacción urbana y de calor solar térmico industrial, que se espera que crezca significativamente en la próxima década. Los datos comerciales de los calentadores de agua solares y no eléctricos muestran un crecimiento significativo de las importaciones, aunque la UE mantuvo una balanza comercial global positiva de 27 millones EUR en 2023[104].

La tecnología solar térmica es una opción de descarbonización madura, pero queda por ver si puede establecer una cuota de mercado significativa. En la actualidad, la energía solar térmica solo cubre el 0,9 % de la demanda mundial de consumo de energía térmica[105]. El coste normalizado del calor solar puede ser competitivo con las fuentes convencionales, especialmente en zonas con buenos recursos solares. Sin embargo, la tecnología solar térmica a menudo se instala en un sistema con otra fuente de calor, mientras que las bombas de calor pueden ofrecer soluciones autónomas para muchas aplicaciones. La energía solar térmica se beneficiaría de unos esfuerzos coordinados y unas hojas de ruta claras para dirigir el crecimiento hacia la consecución del objetivo de 2030.

Las empresas de la UE se encuentran en buena posición como proveedores de tecnología, pero es necesario seguir trabajando en la normalización y en el desarrollo de una red de instaladores con experiencia en soluciones rentables, en particular la hibridación con otras tecnologías renovables. En el caso de la energía solar de concentración, cualquier nuevo florecimiento del mercado de la UE dependerá en gran medida de la propuesta de España de añadir 2,5 GW de aquí a 2030[106]. También en este caso, la normalización en el diseño y la fabricación sería fundamental para lograr unos niveles de costes competitivos.

3.3. Energía eólica terrestre y marina

La UE está a la vanguardia de la industria de la energía eólica en todo el mundo y hasta ahora ha ocupado una posición sólida. Sin embargo, su competitividad está cada vez más sometida a la presión que ejerce China. La energía eólica desempeña un papel central en la transición

---

101 Eurostat (nrg_inf_epcrw), consultado el 12.2.2025, y Comisión Europea, JRC, Carlsson, J., Taylor, N., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Schmitz, A. y Gea Bermúdez, J., CETO, *Solar Thermal Energy in the European Union* [«Energía solar térmica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

102 REN21, *Renewables 2024 Global Status Report Collection: Energy Supply* [«Informe sobre el estado mundial de las energías renovables en 2024: suministro de energía», documento en inglés], 2024.

103 Barómetro de 2023 sobre la energía solar térmica y la energía solar de concentración de EurObserv'ER.

104 CETO, *Solar Thermal Energy in the European Union* [«Energía solar térmica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

105 AIE, *Renewables 2023* [«Energías renovables en 2023», documento en inglés], 2024.

106 Gobierno de España, Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC). Actualización 2023-2030, 2024.

energética de la UE, con 219 GW de capacidad total de energía eólica instalada en un 2023, el 91 % en tierra y un 9 % en alta mar[107]. En 2023, se instalaron 16,8 GW de nueva capacidad, de los cuales el 83 % se instaló en instalaciones eólicas terrestres y el 17 % en alta mar[108]. Esta evolución marca un ritmo de instalación más rápido (la instalación combinada en 2022 fue de 15,5 GW), y convierte a 2023 en un año récord en cuanto a instalación anual. Las cifras preliminares para 2024 muestran que la UE ha instalado 13,6 GW adicionales de capacidad de energía eólica, de los cuales 10,7 GW en tierra y 2,9 GW en alta mar[109].

Con el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas, la UE fija como objetivo una capacidad de fabricación de energía eólica de al menos 36 GW de aquí a 2030[110]. En 2024, la UE representó el 12,6 % de la fabricación de palas en todo el mundo (~25 GW), el 12,5 % del montaje de góndolas a escala mundial (~35 GW) y el 21,8 % de la fabricación de torres (~38 GW)[111]. En 2023, las empresas de la UE suministraron más de 27 GW de aerogeneradores en todo el mundo[112]. Sin embargo, la cuota de mercado mundial de los fabricantes de la UE se redujo en 2023 al 23 %, frente al 30 % del año anterior, mientras que los fabricantes chinos aumentaron su cuota del 46 al 55 %. En el mercado europeo, las empresas de la UE siguen dominando con una cuota de mercado del 89 % en 2023. Será necesario aumentar la capacidad de fabricación de la UE para satisfacer la demanda futura sobre la base del aumento previsto de la tasa de instalaciones. Esto es crucial para reducir los gastos de capital de las nuevas instalaciones, garantizar que la oferta satisfaga la demanda a precios competitivos y evitar cuellos de botella o aumentos de costes.

Los principales retos para las empresas de la UE están relacionados, en particular, con la intensa competencia de China. Los fabricantes chinos pueden ofrecer precios mucho más bajos que sus competidores europeos, y los aerogeneradores exportados desde China son aproximadamente un 32 % más baratos que los de sus competidores[113], en un contexto en el que el precio de los aerogeneradores y sus componentes aumentó en torno a un 26 % en todo el mundo en comparación con los niveles anteriores a la pandemia[114]. Esto podría crear unas condiciones de competencia desiguales para las empresas de la UE y obstaculizar su futura competitividad en el mercado mundial.

A medida que mejoraba el entorno macroeconómico, las inversiones en energía eólica empezaron a repuntar[115], con una inversión récord de 48 000 millones EUR en 2023 en la UE (frente a una inversión inferior a 20 000 millones EUR en 2022). En 2023, la energía eólica terrestre se mantuvo en un nivel de inversión comparable al de 2022, en torno a los 18 000

---

107 Eurostat (nrg_inf_epcrw), consultado el 12.2.2025.
108 Eurostat (nrg_inf_epc), consultado el 12.2.2025.
109 JRC sobre la base de GWEC y Rystad, 2025.
110 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, considerando 16.
111 JRC sobre la base de BloombergNEF y Rystad.
112 Comisión Europea, JRC, Mc Govern, L., Tapoglou, E., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermúdez, J., Schmitz, A. y Grabowska, M., CETO, *Wind Energy in the European Union* [«Energía eólica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.
113 BloombergNEF, *Wind Turbine Price Index 2H 2024* [«Índice de precios de los aerogeneradores 2.º semestre de 2024», documento en inglés], 27 de diciembre de 2024.
114 BloombergNEF, *Rising costs dampen the outlook for offshore wind* [«El aumento de los costes frena las perspectivas de la eólica marina, documento en inglés], 3 de julio de 2024.
115 Informe de Rystad y WindEurope*: Rebound in wind energy financing in 2023 shows that the right policies attract investors* [«El repunte de la financiación de la energía eólica en 2023 demuestra que las políticas adecuadas atraen a los inversores», página web en inglés], 21 de marzo de 2024.

millones EUR, mientras que la energía eólica marina aumentó de 400 millones EUR invertidos en 2022 a 30 000 millones EUR en 2023.

La industria eólica mundial depende en gran medida de cadenas de suministro complejas, que pueden ser vulnerables a las perturbaciones, las tensiones comerciales y la escasez de materias primas fundamentales. La necesidad de materiales como el cobre y el acero es significativa, ya que se utilizan en diversos componentes de los aerogeneradores, como los generadores, las torres, las palas y las cajas de engranajes. Es especialmente preocupante la fuerte dependencia de las tierras raras chinas[116], que son fundamentales para producir imanes permanentes para los aerogeneradores. También existen vulnerabilidades en relación con los componentes y subcomponentes, como los generadores, lo que aumenta el riesgo de perturbaciones en la cadena de suministro. El abastecimiento tanto de materiales como de componentes se puede concentrar en unos pocos países, lo que puede crear riesgos para la cadena de suministro debido a las dependencias geopolíticas, subrayando la necesidad de unas cadenas de suministro diversificadas y resilientes para apoyar el crecimiento de la industria eólica.

Con el Plan de Acción Europeo sobre la Energía Eólica, la Comisión ha propuesto medidas para apoyar la competitividad de la industria de la fabricación eólica de la UE[117]. Una de las iniciativas conexas, la Carta Eólica de la UE[118], se firmó en diciembre de 2023. La Carta reúne a veintiséis Estados miembros que se han comprometido a apoyar al sector eólico de la UE mediante, entre otras cosas, la ampliación de las capacidades de fabricación en la UE y la mejora y simplificación del proceso de subasta y de concesión de autorizaciones. Tendrán que mantenerse los esfuerzos existentes para apoyar el despliegue, en particular una concesión de autorizaciones más rápida, la visibilidad de la cartera de proyectos y las inversiones en la red, a fin de garantizar que las inversiones en futuros parques eólicos sigan siendo atractivas y que la industria eólica de la UE pueda beneficiarse de las oportunidades que ofrece la expansión mundial de la energía eólica.

3.4. Energía oceánica

La energía oceánica incluye varias tecnologías, entre las cuales las más avanzadas son la energía mareomotriz (o de las mareas) y la energía undimotriz (o de las olas). Aunque algunas de estas tecnologías han alcanzado altos niveles de preparación tecnológica, todavía no se han desplegado a escala industrial las tecnologías de energía oceánica.

La UE lidera el desarrollo de las tecnologías de energía oceánica, en particular en la energía mareomotriz y undimotriz. Sin embargo, se enfrenta a la creciente competencia de otras economías importantes, como los Estados Unidos y China. Los Estados Unidos han invertido 546 millones EUR[119] en energía oceánica en los últimos cinco años. En 2023 y 2024, el mercado experimentó una financiación y un interés sin precedentes. Los datos provisionales de 2024 muestran que en ese año se instalaron en Europa al menos 1 230 kW de nuevas capacidades de energía oceánica[120]. En la UE, se instalaron 878 kW en 2022 y 250 KW en

116 Comisión Europea, Dirección General de Mercado Interior, Industria, Emprendimiento y Pymes, Grohol, M. y Veeh, C., *Study on the critical raw materials for the EU 2023:final report* [«Estudio sobre las materias primas críticas para la UE de 2023: informe final», publicación en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2023.

117 COM(2023) 669 final.

118 *Carta Eólica de la UE*, 2023.

119 Con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

120 Datos preliminares de Ocean Energy Europe.

2023[121]. Las ayudas económicas nacionales (por ejemplo, contratos por diferencia o tarifas reguladas), así como la financiación nacional y de la UE fueron los principales motores a lo largo de 2023 y 2024 para atraer inversión privada e impulsar el desarrollo de estos proyectos en Europa. Los representantes de la industria esperan una cartera de proyectos que represente 165 MW en quince parques piloto y precomerciales[122]. Entre los Estados miembros, Francia, Dinamarca y los Países Bajos tienen la mayoría de la capacidad instalada acumulada en lo que respecta a la energía mareomotriz, mientras que Portugal y España lideran el despliegue de dispositivos de energía undimotriz.

La industria de la UE está desempeñando un papel de liderazgo en el desarrollo del sector con el 41 % de los desarrolladores de energía mareomotriz y el 52 % de los desarrolladores de energía undimotriz establecidos en la UE[123]. La fabricación de cajas de engranajes, generadores y sistemas de control es principalmente europea, y se estima que los proyectos proporcionan al menos 415 puestos de trabajo equivalentes a jornada completa en la UE. A nivel mundial, la UE posee el 20 % de las invenciones de alto valor, en segundo lugar tan solo por detrás de China (32 %)[124].

El principal reto sigue siendo el elevado coste del capital, que ralentiza la inversión y el despliegue, con un efecto en cadena sobre la industrialización. El Plan EETE establece objetivos a este respecto, con la intención de reducir los costes de producción a 0,10 EUR/kWh de aquí a 2030 para la energía mareomotriz y a 0,15 EUR/kWh para 2030 para la energía undimotriz[125]. Esto debe lograrse, en particular, mediante subastas dedicadas a tecnologías específicas para construir parques piloto y precomerciales, de los que todavía carecen algunos Estados miembros. La ejecución de la cartera de proyectos y el logro de este objetivo requieren instrumentos para reducir el riesgo de las inversiones. Estos instrumentos de reducción del riesgo podrían incluir garantías de préstamo para los primeros parques precomerciales a fin de reducir el coste del capital, atraer inversores y acelerar los despliegues. Esto desbloqueará economías de escala y reducirá aún más los costes, como ya se ha experimentado con las energías renovables establecidas.

3.5. Baterías y almacenamiento de energía

La ambición de Europa de liderar la transición mundial hacia una energía limpia depende de su capacidad para desarrollar, producir e integrar tecnologías avanzadas de baterías con rapidez y a escala. El Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas hace referencia al objetivo de alcanzar una capacidad de fabricación de baterías de la UE de al menos 550 GWh de aquí a 2030[126].

---

121 Eurostat (nrg_inf_epc), consultado el 12.2.2025.

122 ETIP Ocean, *Strategic Research and Innovation Agenda for Ocean Energy* [«Agenda estratégica de investigación e innovación para la energía oceánica», documento en inglés], 2024.

123 Comisión Europea,, JRC, Tapoglou, E., Mc Govern, L., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermúdez, J., Schmitz, A. y Grabowska, M., CETO, *Wind Energy in the European Union* [«Energía eólica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

124 CETO, *Ocean Energy in the European Union* [«Energía oceánica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

125 Plan EETE, *Ocean energy implementation plan* [«Plan de ejecución sobre la energía oceánica», documento en inglés], 2021; CETO, *Ocean Energy in the European Union* [«Energía oceánica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

126 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, considerando 16.

A principios de 2024, la UE parecía estar en vías de lograr sus objetivos para 2030. Sin embargo, la empresa sueca Northvolt se acogió a la protección frente a la insolvencia en noviembre de 2024. Las estimaciones sugieren que alrededor de 616 GWh de capacidad de fabricación prevista en Europa se cancelaron, retrasaron o recortaron, lo que podría poner en peligro los objetivos para 2030[127]. Como consecuencia de ello, la cuota de la UE en la producción mundial de baterías operativas del 7 % en 2024 es inferior a las estimaciones anteriores. Al mismo tiempo, se espera que la producción mundial general se multiplique casi por cinco en los próximos cinco años, y la cuota prevista del 10 % de la producción mundial en la UE cubriría plenamente las necesidades previstas de la Unión en 2030, si llegara a materializarse[128].

La producción de células en la UE se enfrenta a riesgos críticos en la cadena de suministro, en particular debido a la elevada dependencia de cátodos y ánodos procedentes de China, y a unos costes de producción más elevados, normalmente entre un 70 y un 130 % más por unidad de capacidad de producción que en China[129]. El aumento del exceso de producción mundial de células y la caída de la demanda de vehículos eléctricos dieron lugar a que los centros de producción europeos funcionaran por debajo de su capacidad o detuvieran o aplazaran las líneas de producción, como la planta de Volkswagen Salzgitter (solo 20 GWh en lugar de 40 GWh)[130]. Para 2030, las previsiones prevén un exceso de oferta global de celdas de baterías. Además, las medidas comerciales de protección van en aumento, en particular, por ejemplo, los aranceles estadounidenses sobre los vehículos eléctricos chinos. Una nueva escalada de las tensiones comerciales podría inflar los costes e influir en las decisiones de contratación pública de la cadena de suministro de las baterías[131]. En la UE, la Comisión concluyó una investigación antisubvención sobre las importaciones de vehículos eléctricos de batería procedentes de China en 2024, lo que dio lugar a derechos compensatorios sobre los vehículos importados[132].

La capacidad del sistema mundial de almacenamiento de energía con baterías a escala de la red alcanzó los 168 GWh en 2024, lo que supone un aumento sustancial con respecto a los 96,1 GWh desplegados en 2023[133]. China representó el 67 % del despliegue de sistemas de almacenamiento de energía con baterías a escala mundial, seguida por los Estados Unidos y Canadá, con Europa actualmente a la zaga. El almacenamiento de energía «tras el contador» alcanzó los 40 GWh en todo el mundo en 2024. De aquí a 2035, se espera que las aplicaciones estacionarias representen el 16 % de las baterías desplegadas en todo el mundo, frente al 6 % de 2020[134]. La mayoría de los principales proveedores de baterías para sistemas de almacenamiento de energía con baterías tienen su sede en Asia.

---

127 BloombergNEF, *Northvolt Collapse Underscores Importance of Supply Chains* [«La quiebra de Northvolt pone de relieve la importancia de las cadenas de suministro», documento en inglés], 2024.

128 237 GWh de capacidad de producción en la UE frente a una capacidad de producción mundial de 3 347 GWh en 2024 y una capacidad de producción estimada de 1 510 GWh en la UE en comparación con una capacidad de producción mundial de 14 903 GWh en 2030, sobre la base de BloombergNEF, consultado el 20.2.2025.

129 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

130 Reuters, *Volkswagen's German battery plant to stay at half capacity amid cost pressures* «La fábrica alemana de baterías de Volkswagen se mantendrá a la mitad de su capacidad ante la presión de los costes», documento en inglés], 2024.

131 BloombergNEF, *Energy Storage:10 Things to Watch in 2025* [«Almacenamiento de energía: diez cosas a tener en cuenta en 2025», documento en inglés], 2025.

132 DO L, 2024/2754, 29.10.2024.

133 Energy Storage News, *Global BESS deployments soared 53% in 2024* [«Los despliegues mundiales de sistemas de almacenamiento de energía con baterías se dispararon un 53 % en 2024», publicación en inglés], 2025.

134 Sobre la base de BloombergNEF, enero de 2025.

Para mantenerse al día con sus competidores, la UE debe desplegar capacidad de producción con más rapidez y crear cadenas de valor fiables, invertir más en I+D para nuevas tecnologías de baterías y abordar las lagunas críticas en su cadena de valor a través de soluciones alternativas.

3.6. Tecnologías de bombas de calor

Los fabricantes de conjuntos finales de bombas de calor situados en la UE se encuentran entre los líderes mundiales en soluciones hidráulicas de gama alta para uso residencial, mientras que las empresas chinas dominan el mercado de los aparatos para acondicionamiento de aire reversible aire-aire[135]. Los fabricantes de la UE han anunciado más de 30 GWth de ampliaciones de la capacidad de montaje final a lo largo de esta década, frente a una capacidad existente de alrededor de 24 GWth en 2023. Con estas ampliaciones previstas, la industria de la UE está cerca de satisfacer las necesidades de despliegue de la UE para 2030 de aproximadamente 60 GWth que indica la Agencia Internacional de la Energía[136]. Si bien la UE está en vías de cumplir el objetivo del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas de al menos 31 GWth de capacidad de fabricación para el montaje final de bombas de calor, las empresas de la UE no tienen actualmente una posición demasiado sólida en la fabricación de determinados componentes.

El déficit de la balanza comercial de la UE en bombas de calor hidráulicas se redujo un tercio en 2023, debido a una disminución del 13 % de las importaciones y a un aumento del 14 % de las exportaciones[137]. Al mismo tiempo, las ventas de bombas de calor en la UE disminuyeron un 7,2 % en 2023 en comparación con 2022, tras una década de crecimiento constante[138]. Esta tendencia continuó en 2024, ya que las ventas en Europa disminuyeron un 31 % en comparación con 2023[139]. Esto dio lugar a una reducción del tiempo de trabajo y al recorte de puestos de trabajo en el sector, así como a incertidumbres para las decisiones de inversión en el sector manufacturero. El crecimiento de la capacidad de fabricación de la UE también se ralentizó en 2023[140]. Para invertir esta tendencia, la industria pide objetivos ambiciosos de la UE para la descarbonización de la calefacción de espacios, marcos estratégicos nacionales estables a largo plazo y una relación de precios favorable entre la electricidad y el gas[141].

---

135 Datos COMEXT/COMTRADE para el código SA 841861 – Bombas de calor; excepto las máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire de la partida: exportación de la UE al mundo: 3 837 millones EUR, de los cuales 603 millones EUR fuera de la UE; China exporta a todo el mundo 971 millones EUR. Y datos COMEXT/COMTRADE para el código SA 841581 – Máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire: exportación de la UE al mundo: 782 millones EUR, de los cuales 177 millones EUR fuera de la UE; China exporta a todo el mundo 549 millones EUR.

136 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024. Escenario de cero emisiones netas de aquí a 2050; alcance: bombas de calor para calefacción de espacios y agua caliente en edificios residenciales y comerciales, aparatos para acondicionamiento de aire reversible incluidos cuando se utilicen como equipo principal de calefacción.

137 SA 841861 – Bombas de calor (excepto las máquinas y aparatos para acondicionamiento de aire de la partida). Para más información, véase: Comisión Europea, JRC, Toleikyte, A., Lecomte, E., Volt, J., Lyons, L., Roca Reina, J.C., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Wegener, M. y Schmitz, A., CETO, *Heat Pumps in the European Union* [«Bombas de calor en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

138 Asociación Europea de Bombas de Calor (EHPA), Informe de mercado de 2024, limitado a AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, SE y SK. Incluye principalmente bombas de calor para la calefacción de espacios y agua caliente sanitaria.

139 BloombergNEF, Europe's Heat Pump Market Collapse Triggers Spending Dip, 2025.

140 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

141 EHPA, *EU Heat Pump Accelerator* [«Acelerador de bombas de calor de la UE», documento en inglés], 2023.

Se calcula que la fase final de montaje de las bombas de calor cuesta entre unos 184 y 230 EUR/kW[142] en Europa y los Estados Unidos en la actualidad, aproximadamente el doble del coste estimado para China. Dado que los componentes representan el 75 % del coste final, los fabricantes integrados verticalmente son más competitivos[143]. La industria de la UE sigue dependiendo en gran medida de las importaciones de componentes, como compresores, intercambiadores de calor, válvulas y refrigerantes. Para reforzar la competitividad y la resiliencia en la fabricación de bombas de calor residenciales, sería necesaria una mayor diversificación del suministro y unas cadenas de valor de la UE más sólidas para reducir estas dependencias.

Por lo que se refiere a las **bombas de calor industriales**, los fabricantes de la UE han asumido un papel de liderazgo mundial y abarcan toda la cadena de suministro[144]. Según la Agencia Internacional de la Energía, aproximadamente el 30 % de la demanda industrial de calor hasta 400 °C debe cubrirse con bombas de calor industriales hasta 2050, y la mitad de dicho porcentaje de aquí a 2030[145]. Las bombas de calor industriales también tienen el potencial de suplir las necesidades de calor por debajo de 200 °C, lo que representa el 37 % de las necesidades industriales de calor[146], con aplicaciones existentes en los sectores de los alimentos y las bebidas y el papel y la pasta de papel.

Para seguir desarrollando las bombas de calor industriales, se necesitan proyectos de I+D para ampliar la gama de aplicaciones e incorporar tecnologías lo más rápidamente posible a la aplicación y la normalización[147]. Además, se necesitan inversiones en la cadena de suministro de la UE para ampliar las capacidades de producción y reducir los costes de los productos. La industria considera que las bombas de calor industriales tienen potencial para convertirse en un caso de éxito europeo.

3.7. Energía geotérmica

En 2024, la energía geotérmica ganó atención pública e impulso político. Este impulso político incluyó la Resolución del Parlamento Europeo sobre la energía geotérmica[148] y las Conclusiones del Consejo sobre la energía geotérmica[149]. En 2023, la capacidad de potencia geotérmica neta instalada en la UE fue de alrededor de 0,9 GWe[150] (y en todo el mundo de 14,8

---

142 Con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

143 AIE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [«Fomento de la fabricación de tecnologías limpias», documento en inglés], 2024.

144 Programa de Colaboración Tecnológica en Bombeo de Calor (HPT TCP) de la AIE, *Annex 58 High-Temperature Heat Pumps* [«Anexo 58 – Bombas de calor de alta temperatura», documento en inglés], 2023. Veinte en la UE y siete en Noruega; veinticuatro en Japón, de las cuales nueve de tecnología de recompresión mecánica del vapor; e instalaciones de recompresión mecánica del vapor en China.

145 AIE, *Net zero by 2050* [«Cero emisiones netas de aquí a 2050», documento en inglés], 2021.

146 TNO, *Strengthening Industrial Heat Pump Innovation* [«Refuerzo de la innovación industrial en bombas de calor», documento en inglés], 2020.

147 Programa de Colaboración Tecnológica en Bombeo de Calor (HPT TCP) de la AIE, *Annex 58 High-Temperature Heat Pumps* [«Anexo 58 – Bombas de calor de alta temperatura», documento en inglés], 2023.

148 Resolución del Parlamento Europeo, de 18 de enero de 2024, sobre la energía geotérmica [2023/2111(INI)].

149 Consejo de la Unión Europea, Conclusiones sobre el fomento de la energía geotérmica, 16 de diciembre de 2024.

150 Eurostat (nrg_inf_epcrw), consultado el 12.2.2025.

GWe[151]). El uso de calor geotérmico directo aumentó de forma constante con 298 sistemas urbanos de calefacción y refrigeración en 2023[152].

Las empresas de la UE desempeñan un papel importante en el mercado único, desde el estudio del emplazamiento hasta la clausura, ya que las cadenas de valor del despliegue suelen ser totalmente internas[153]. Por lo que respecta a la fabricación de productos finales, se estima que el sector cumple el objetivo del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas de que el 40 % de las necesidades de despliegue esté cubierto por la producción nacional[154]. En cambio, el mercado mundial de componentes como las turbinas, los turboexpansores, las bombas, las válvulas y los sistemas de control está dominado por empresas no pertenecientes a la UE. Japón produce el 82 % de las turbinas de vapor de ciclo *flash* e Israel el 74 % de los expansores de ciclo binario. Los fabricantes europeos de estas tecnologías tienen su sede principalmente en Italia y, en menor medida, en Alemania y Francia[155]. En materia de investigación e innovación, la UE solía ser líder mundial en invenciones de alto valor antes de que China la superara en 2019[156].

La coproducción de litio y otras materias primas puede aumentar la sostenibilidad económica de las centrales geotérmicas. En lo que respecta a la dependencia de materiales, la propia tecnología depende en gran medida del acero, gran parte del cual se importa de Asia. En menor medida, el sector geotérmico también requiere materias primas fundamentales como el aluminio[157], el cobre y el titanio[158]. El reciente informe de propia iniciativa del Parlamento Europeo[159] y las Conclusiones del Consejo[160] recomiendan, entre otras cosas: i) aumentar la visibilidad política y la sensibilización general en relación con el potencial y los retos de la geotermia; ii) abordar la cuestión de la disponibilidad de los datos; iii) reducir los riesgos de inversión mediante la aplicación de sistemas de garantía; iv) racionalizar y acelerar los procedimientos de concesión de autorizaciones; v) promover las mejores prácticas; vi) hacer frente a la escasez de mano de obra cualificada; y vii) mejorar la aceptación por parte del público.

3.8. Tecnologías del hidrógeno: electrolizadores y pilas de combustible

La electrolisis del agua es un proceso en el que se produce hidrógeno a partir de agua mediante el uso de electricidad. Si la electricidad procede de fuentes de energía renovables y con bajas

---

151 Red mundial de políticas en energía renovable para el siglo XXI (REN21), *Renewables Global Status Report*[«Informe sobre el estado de las energías renovables a escala global», documento en inglés], 2024.

152 European Geothermal Energy Council (EGEC), *Geothermal Market Report 2023* [«Informe del mercado geotérmico 2023», documento en inglés], 2024.

153 EGEC, *Geothermal Market Report 2023* [«Informe del mercado geotérmico 2023», documento en inglés], 2024.

154 Comisión Europea, JRC, Taylor, N., Georgakaki, A., Ince, E., Letout, S. Mountraki, Gea Bermúdez, J. y Schmitz, A., CETO, *Geothermal Energy in the European Union* [«Energía geotérmica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

155 EGEC, *Geothermal Market Report 2023* [«Informe del mercado geotérmico 2023», documento en inglés], 2024.

156 CETO, *Geothermal Energy in the European Union* [«Energía geotérmica en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

157 EGEC, *Geothermal Market Report 2023* [«Informe del mercado geotérmico 2023», documento en inglés], 2024.

158 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J., *et al.*, *Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond: final report* [«Estudio sobre las oportunidades de I+i en energías limpias para garantizar la seguridad energética europea abordando los retos de las distintas cadenas de valor de la energía para 2030 y años posteriores», documento en inglés], 2024.

159 Resolución del Parlamento Europeo, de 18 de enero de 2024, sobre la energía geotérmica [2023/2111(INI)].

160 Consejo de la Unión Europea, Conclusiones sobre el fomento de la energía geotérmica, 16 de diciembre de 2024.

emisiones de carbono, esta tecnología tiene el potencial de desempeñar un papel clave en la descarbonización de los sectores industriales con emisiones difíciles de reducir, en particular la producción de materiales de gran consumo de energía (por ejemplo, el acero y el cemento), los fertilizantes y los sectores marítimo y de la aviación. La capacidad de fabricación de electrolizadores está aumentando en Europa, con el apoyo de marcos reglamentarios y de financiación[161]. La primera subasta del Banco Europeo del Hidrógeno en 2024 proporcionó 720 millones EUR para siete proyectos. Si bien esto permite que más proyectos alcancen las decisiones finales de inversión, las empresas europeas siguen enfrentándose a obstáculos operativos y relacionados con la financiación.

La capacidad instalada de electrolizadores en Europa aumentó de 228 MWe en 2023 a 663 MWe en 2024 (proyectos en funcionamiento o con una decisión de inversión en vigor), con 517 MWe en los países de la UE[162]. La capacidad instalada mundial aumentó de 1,4-1,7 GWe en 2023 a 5 GWe en 2024[163]. De ellos, 2,7 GWe se encuentran en China y alrededor de 300 MWe en los Estados Unidos.

La capacidad europea de fabricación de pilas de electrolizadores se estima en 10-15,7 GWe al año en 2024[164], mientras que la capacidad mundial prevista fue de entre 40 y 54 GWe al año[165]. China posee la mayor capacidad de fabricación, prevista en torno a los 20 GWe en 2024[166].

A pesar del aumento de la capacidad de fabricación y del aumento del tamaño de los sistemas, aún no se han logrado las reducciones de costes esperadas. Esto se debe a la inflación y a otros costes, como los componentes auxiliares, la conexión eléctrica y los costes indirectos. Los estudios más recientes indican unos costes relacionados con los gastos de capital de 3 050 EUR por kW para los sistemas alcalinos de 100 MW y 2 630 EUR por kW para los sistemas de 200 MW[167], al menos cuatro veces más que en Asia. Algunos fabricantes europeos indican que carecen de suficientes compradores para su producción, lo que afecta a su capacidad de reducir los costes de capital por kW y a la viabilidad de muchos modelos empresariales de hidrógeno renovable y con bajas emisiones de carbono.

---

161 En particular, los objetivos de consumo en la Directiva (UE) 2023/2413 sobre fuentes de energía renovables, el objetivo de la Asociación sobre Electrolizadores de alcanzar 25 GWe al año de aquí a 2025, y cuatro proyectos importantes de interés común europeo (PIICE) sobre el hidrógeno y las pilas de combustible, véase: https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/ipcei/approved-ipceis_es.

162 Sobre la base del conjunto de datos de proyectos sobre el hidrógeno de la AIE, consultado en enero de 2025 para la UE, NO, UK y CH.

163 Comisión Europea, JRC, Bolard, J., Dolci, F., Gryc, K., Eynard, U., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Rózsai, M. y Wegener, M., CETO, *Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union* [«Electrolisis del agua e hidrógeno en la Unión Europea», documento en inglés], 2024; AIE, *Global Hydrogen Review* [«Análisis mundial del hidrógeno», documento en inglés], 2024. La AIE informó en 2024 de una capacidad instalada significativamente inferior en los Estados Unidos que en la base de datos de proyectos de 2023, que ascendió a 717 MWe.

164 AIE, *Global Hydrogen Review* [«Análisis mundial del hidrógeno», documento en inglés], 2024; CETO, *Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union* [«Electrolisis del agua e hidrógeno en la Unión Europea», documento en inglés], 2024. El rango superior se refiere a Rystadt Energy e incluye la capacidad de fabricación en construcción (octubre de 2024).

165 AIE, *Global Hydrogen Review* [«Análisis mundial del hidrógeno», documento en inglés], 2024. Datos de rango superior previstos en BloombergNEF, *Electrolysers, too many fish in the Pond* [«Electrolizadores, demasiados peces en el mar», documento en inglés], 2024.

166 AIE, *Global Hydrogen Review* [«Análisis mundial del hidrógeno», documento en inglés], 2024. El rango superior se refiere a las sedes de los fabricantes de equipos originales en China.

167 Sobre la base de BloombergNEF, *Electrolyser Price Survey* [«Encuesta sobre el precio de los electrolizadores»] 2024; TNO, *Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands* [«Evaluación del coste normalizado del hidrógeno sobre la base de proyectos de electrolizadores propuestos en los Países Bajos», documento en inglés], 2024.

El crecimiento de la oferta en Europa se está ralentizando. Esto se debe a escasez en las fases iniciales de la cadena de suministro, a la falta de volúmenes de demanda adecuados y a la dependencia de materias primas (por ejemplo, metales del grupo del platino)[168] y componentes fundamentales[169]. Estos factores también están contribuyendo al aumento de los costes de fabricación. Por lo tanto, la competitividad de las empresas europeas de electrolizadores es moderada. Por un lado, existen productos comercialmente disponibles para los principales grupos de electrolizadores[170], y los agentes de la UE están bien situados en lo que respecta a las patentes de alto valor[171]. Por otro lado, existen largos plazos de producción para el montaje de las pilas, deficiencias en las fases iniciales de la cadena de valor y sistemas más costosos que afectan a la competitividad de los fabricantes europeos. El modelo de negocio también puede verse afectado por otros aspectos, como las garantías posteriores a la fabricación y los elevados costes de funcionamiento para producir hidrógeno renovable.

Los costes de la electricidad desempeñan un papel importante en el coste normalizado del hidrógeno. Esto se debe a que la electricidad representa una parte significativa de los costes totales, y su proporción relativa varía en función de las ubicaciones y especificaciones de los electrolizadores[172]. Por ejemplo, en los últimos proyectos en los Países Bajos, el coste normalizado del hidrógeno[173] fue de 12-14 EUR/kg de hidrógeno para la electricidad marina para sistemas de electrolizadores de 100-200 MWe. El coste normalizado del hidrógeno dependerá en gran medida del diseño, el funcionamiento y la ubicación de los proyectos.

Los retos pendientes en materia de investigación e innovación son la sustitución de las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) utilizadas en las membranas, la reducción de los costes de los sistemas, la mejora de su rendimiento y su vida útil, la reducción del consumo de agua dulce y la adopción en los sectores de uso final a precios competitivos.

Las **pilas de combustible** son sistemas para producir electricidad a partir de hidrógeno limpio de manera eficiente. Tienen valor añadido a la hora de proporcionar soluciones descarbonizadas para el transporte, la calefacción o la electricidad sin conexión a la red. Se utilizan principalmente en vehículos eléctricos con pilas de combustible, autobuses, trenes regionales y, en menor medida, en calefacción, maquinaria y energía estacionaria sin conexión a la red. En la UE, las normas sobre emisiones y los precios del carbono crean incentivos adicionales para las inversiones. En 2023, la capacidad instalada estimada fue de 7,8 GW en todo el mundo, encabezada por Asia (72 %), los Estados Unidos y Canadá (18 %) y Europa con 0,6 GW (8 %)[174], con la mayor parte del mercado en el sector de la movilidad[175].

---

168 Sobre la base del JRC, *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU* [«Análisis de la cadena de suministro y previsión de la demanda de materiales en tecnologías y sectores estratégicos en la UE», documento en inglés], 2023. Entre el 1 y el 5 % de las materias primas fundamentales para electrolizadores proceden de Europa.

169 Sobre la base de BloombergNEF, *Electrolyser Overcapacity* [«Exceso de capacidad de electrolizadores», documento en inglés], 2024.

170 Las cuatro principales tecnologías comercializadas son: alcalina, membrana de intercambio protónico, óxido sólido y membrana de intercambio aniónico. La electrólisis cerámica conductora de protones es otra tecnología en desarrollo.

171 Cuadro europeo de indicadores de competitividad de la industria climáticamente neutra (CIndECS). El 31 % de las invenciones de alto valor se produce en la UE.

172 CETO, *Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union* [«Electrolisis del agua e hidrógeno en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

173 TNO, *Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands* [«Evaluación del coste normalizado del hidrógeno sobre la base de proyectos de electrolizadores propuestos en los Países Bajos», documento en inglés], 2024.

174 Sobre la base de Rystad Energy, Conjunto de datos sobre capacidad instalada de pilas de combustibles, 2024.

175 Observatorio Europeo del Hidrógeno, *Fuel Cell Market Dataset* [«Conjunto de datos sobre el mercado de las pilas de combustible», información en inglés], 2021.

Los fabricantes europeos ofrecen autobuses con pilas de combustible, pero las pilas de combustible se compran, en la mayoría de los casos, a otros proveedores, especialmente de Canadá y Japón. En la UE se desarrollan prototipos de pilas de combustible para los vehículos pesados, ya que el interés por el transporte limpio crece y el coste total de propiedad puede llegar a igualar al de los camiones diésel después de 2035. Se calcula que los vehículos pesados con pilas de combustible seguirán siendo más caros que los vehículos eléctricos de batería. Es probable que las pilas de combustible para calefacción solo desempeñen un papel de nicho en la UE.

Es necesario reforzar la resiliencia de las cadenas de valor tanto de los electrolizadores como de las pilas de combustible, desde el abastecimiento de las materias primas hasta la fabricación y el suministro de componentes y la reducción de los plazos de entrega de sistemas completos en Europa a costes competitivos. La disponibilidad de grandes cantidades de hidrógeno renovable y con bajas emisiones de carbono competitivo en términos de costes sigue siendo una prioridad estratégica.

3.9. Tecnologías de biogás y biometano sostenibles

Europa cuenta con una industria madura, principalmente para la generación de electricidad mediante biogás, con mercados cada vez mayores de calor y transporte impulsados por la inyección de biometano en la red. Casi el 50 % de la producción se encuentra en Europa, y Alemania por sí sola cubre el 20 % de la demanda mundial[176]. La digestión anaerobia sigue siendo la principal tecnología comercial utilizada para la producción de biogás, que posteriormente se purifica (*upgrading*) para convertirlo en biometano. La UE es uno de los principales productores de biogás y biometano, con una producción combinada de alrededor de 22 100 millones de metros cúbicos en 2023[177]. Asimismo, es líder en la fabricación de equipos. La capacidad de producción de biometano de la UE a partir de la digestión anaerobia fue de 3 800 millones de m³ en 2023, con una producción anual real estimada de 3 500 millones de m³, pero se prevé que el crecimiento de la capacidad de producción aumente en un factor de 5 de aquí a 2030[178]. La actual tasa de crecimiento del biometano en la UE sigue de cerca los objetivos para 2030 de los planes nacionales integrados de energía y clima, en consonancia con el objetivo de REPowerEU.

La UE alberga empresas líderes a escala mundial en la producción de biogás y biometano y la fabricación de componentes (por ejemplo, digestores, equipos de limpieza de biogás y gasificadores)[179]. Además, se están desarrollando nuevas vías, y la UE se encuentra a la cabeza[180]. El programa Horizonte Europa ha invertido más de 120 millones EUR en veinte proyectos innovadores, lo que ha conllevado avances en la tecnología en este ámbito. Las

---

176 AIE, Renewables 2023, *Special section: Biogas and biomethane* [«Sección especial: biogás y biometano», documento en inglés], 2024.

177 Sobre la base de la Asociación Europea de Biogás (EBA), Statistical report [«Informe estadístico», documento en inglés], 2024.

178 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [«Desarrollo de perspectivas para los medios necesarios para desarrollar la capacidad industrial para los biocombustibles *drop-in* avanzados», documento en inglés] (anexo 3), 2024.

179 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Study on energy technology dependence* [«Estudio sobre la dependencia de la tecnología energética», documento en inglés], 2020.

180 Comisión Europea, JRC, Motola, V., Scarlat, N, Buffi, M., Hurtig, O., Rejtharova, J., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Salvucci, R., Rózsai, M. y Schade, B., CETO, *Bioenergy in the European Union* [«Bioenergía en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

tecnologías innovadoras para producir biometano directamente, como la gasificación de residuos y desechos de biomasa, aún no están ampliamente demostradas en la UE (2 000 t/año de capacidad de producción instalada y operativa en 2023, aunque se espera que la producción de biometano aumente a 700 millones de m³ en 2030[181]). Las plantas de producción de biometano licuado representan una opción valiosa en la UE, con una capacidad de alrededor de 7,3 TWh en 2023, que se espera que aumente a 15,4 TWh para 2025[182].

La UE representa una parte significativa de las inversiones en biogás y es líder en patentes de alto valor[183]. Las tecnologías de biogás [digestión anaerobia y purificación (*upgrading*) del gas] no muestran dependencias críticas de materiales, componentes o proveedores y no dependen de equipos, materiales o proveedores de tecnologías específicas de un gasificador[184]. La UE tampoco depende de las importaciones de materias primas biológicas[185]. Sin embargo, sí existen dependencias de proveedores no pertenecientes a la UE en lo que respecta a los motores de gas y las turbinas para la generación de electricidad, como sucede con todos los combustibles gaseosos.

Los elevados costes dificultan actualmente una mayor implantación del biometano, ya que el coste de capital de una planta de digestión anaerobia de biogás es de entre 1 500 y 2 000 EUR/kW[186] y el coste total de producción y purificación del biogás se estima en unos 100 EUR/MWh[187]. Del mismo modo, en el caso de una planta de gasificación de biometano, el coste de capital se encuentra en 2 000-3 600 EUR/kW y el coste de producción se sitúa en torno a los 89-112 EUR/MWh[188].

Para mantener la competitividad de la UE en este sector, debe seguir apoyándose la innovación en tecnologías para la producción sostenible de biometano a partir de la gasificación y de la purificación del biogás de digestión anaerobia, a fin de aumentar la capacidad de producción y reducir los costes de producción. Además, debe facilitarse el acceso a la red para las plantas de biogás y biometano.

3.10. Tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC)

Con su estrategia de gestión industrial del carbono[189], adoptada en febrero de 2024, la UE establece una visión para un marco regulador y de inversión sólido para las tecnologías de captura, transporte, uso y almacenamiento de carbono y para las tecnologías que eliminan el

---

181 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [«Desarrollo de perspectivas para los medios necesarios para desarrollar la capacidad industrial para los biocombustibles *drop-in* avanzados», documento en inglés] (anexo 3), 2024.

182 CETO, *Bioenergy in the European Union* [Bioenergía en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

183 CETO, *Bioenergy in the European Union* [Bioenergía en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

184 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Study on energy technology dependence* [«Estudio sobre la dependencia de la tecnología energética», documento en inglés], 2020.

185 CETO, *Bioenergy in the European Union* [Bioenergía en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

186 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [«Desarrollo de perspectivas para los medios necesarios para desarrollar la capacidad industrial para los biocombustibles *drop-in* avanzados», documento en inglés], 2023.

187 AIE, *Outlook for Biogas and Biomethane* [«Perspectivas del biogás y el biometano», documento en inglés], 2020; Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* (anexo 3), 2024.

188 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [«Desarrollo de perspectivas para los medios necesarios para desarrollar la capacidad industrial para los biocombustibles *drop-in* avanzados», documento en inglés] (anexo 3), 2024.

189 COM(2024) 62.

carbono atmosférico. Con el apoyo del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas, que establece un objetivo anual de capacidad de inyección de al menos 50 millones de toneladas en instalaciones de almacenamiento en la UE de aquí a 2030[190], la estrategia establece acciones concretas para apoyar las tecnologías de CAC.

La UE está bien posicionada en tecnologías de captura de CO_2, y cinco de los dieciséis principales proveedores de tecnología de captura de CO_2 enumerados son empresas de la UE[191]. Sin embargo, en lo que respecta al transporte, el almacenamiento y toda la cadena de valor de CO_2, Europa queda por detrás de los Estados Unidos y Canadá, con muy pocas empresas que suministran estas tecnologías[192]. La UE ha recuperado en los últimos años el gasto público en I+D. En 2022, la UE representó alrededor del 22 % del gasto mundial, ligeramente por delante de Canadá y Japón[193], y la mayoría de las inversiones se destinaron al almacenamiento de CO_2.

En 2023, el número de proyectos de CAC en diversas fases de desarrollo se duplicó en comparación con el año anterior y alcanzó 392 instalaciones a escala mundial (con 119 proyectos en Europa), lo que representa 361 millones de toneladas por año de CO_2[194]. En Europa, los proyectos de CAC en diferentes fases de desarrollo apoyan a industrias como la del hidrógeno, el amoníaco y la producción de fertilizantes (veinte instalaciones), la generación de electricidad y calor (diecinueve instalaciones), el cemento (diecisiete instalaciones) y la biomasa para electricidad/calor (quince instalaciones)[195].

En Europa, de los treinta y cinco proyectos de transporte y redes de CO_2 que están en desarrollo, varios son proyectos de interés común (PIC) claves que sustentan una red transfronteriza de dióxido de carbono de la UE[196]. Aunque las capacidades de almacenamiento identificadas siguen concentrándose en el mar del Norte, en Estados miembros como Bulgaria, Croacia, Grecia e Italia se han cartografiado nuevas ubicaciones para proyectos de CAC en tierra y en alta mar. En 2024 se concedieron las primeras licencias de exploración para el almacenamiento terrestre de CO_2 en Dinamarca, duplicando la cantidad total de licencias de exploración para el almacenamiento de CO_2[197]. En enero de 2025, la Comisión concedió financiación por valor de 250 millones EUR en el marco del Mecanismo «Conectar Europa» para la Energía con objeto de apoyar la construcción de tres proyectos y la financiación de nueve estudios preparatorios para proyectos de interés común de infraestructura de CO_2[198].

La UE está bien situada en sectores clave de fabricación de componentes de CAC para tecnologías de captura, como los disolventes a base de aminas utilizados para la absorción (la tecnología más madura). Sin embargo, todavía no opera a escala ni cuenta con cadenas de valor

---

190 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, considerando 36.

191 Comisión Europea, JRC, Martínez Castilla, G., Tumara, D., Mountraki, A., Letout, S., Jaxa-Rozen, M., Schmitz, A., Ince, E. y Georgakaki, A., CETO, *Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union* [«Captura, utilización y almacenamiento de carbono en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

192 CETO, *Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union*, 2024.

193 *Ibid*.

194 Instalaciones en proceso de despliegue, en construcción u operativas; no se incluye la capacidad de los proyectos de transporte o almacenamiento de CO_2 (para evitar la doble contabilización) distintos de las instalaciones de transporte o almacenamiento de CO_2 que no tengan su propia fuente de captura de CO_2.

195 Global CCS Institute, *Global Status of CCS 2023, Scaling up to 2030* [«Estado global de la CAC en 2023 y ampliación hasta 2030», documento en inglés].

196 Como los proyectos PORTHOS y ARAMIS en los Países Bajos y Antwerp@C en Bélgica. La nueva lista de proyectos energéticos de la UE de interés común y mutuo (europa.eu) incluye catorce proyectos de redes de CO_2.

197 Ministerio de Clima, Energía y Servicios Públicos de Dinamarca, *The first exploration licenses for land-based storage of CO2 in Denmark have been granted* [«Se conceden las primeras licencias de exploración para el almacenamiento en tierra de CO_2 en Dinamarca», publicación en inglés], 20 de junio de 2024.

198 Véase https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_25_377.

especializadas. Tras un período de estancamiento en la última década, la producción de disolventes a base de aminas en la UE alcanzó los 260 millones EUR en 2023, lo que supone un aumento del 8 % con respecto al año anterior. La UE está bien situada para desarrollar métodos innovadores, en particular sobre membranas (poliméricas y cerámicas) y absorbentes, mientras que China lidera a escala mundial en términos de artículos evaluados por pares. Se espera que los proyectos en el marco del programa Horizonte 2020 de la UE mejoren considerablemente los procesos y promuevan estos métodos a la fase comercial[199].

A pesar del impulso generado por la CAC en la UE en el último año, el ritmo de implantación del almacenamiento de CO_2 tendrá que crecer exponencialmente para alcanzar los importantes volúmenes de captura de CO_2 necesarios para lograr los objetivos de 2030, 2040 y 2050. La UE está poniendo en marcha medidas para aumentar la visibilidad de la demanda y la oferta de almacenamiento y establecer el marco necesario para un acceso abierto y no discriminatorio y una infraestructura multimodal de CO_2. Estas medidas abordarán los principales desafíos en el despliegue de soluciones industriales de gestión del carbono, aumentarán la previsibilidad para los inversores y reducirán el riesgo de las inversiones. La Comisión propondrá nuevas medidas para incentivar y aumentar la adopción de tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de carbono[200].

3.11. Tecnologías de la red eléctrica: tendido eléctrico y transformadores

El Plan de Acción de la UE para las Redes[201] determina las tendencias mundiales (por ejemplo, el aumento del consumo de electricidad, la digitalización y la integración de las energías renovables), que están contribuyendo a un aumento de la demanda mundial de componentes de la red, en particular el tendido eléctrico y los transformadores[202]. El análisis de Europacable de los planes decenales de desarrollo de la red[203] de 2024 sugiere que se instalarán en Europa casi 100 000 km de nuevas líneas y cables de transporte entre 2024 y 2033 (una revisión al alza del 10 % de la cifra de 2022). En cuanto al sistema de distribución, Eurelectric espera que se instale una media anual de 262 000 km de conductores entre 2025 y 2050, en particular tendido nuevo y sustituciones[204]. Además, el desarrollo de la red de distribución tan solo en la UE y Noruega podría requerir hasta 172 000 unidades de transformadores, añadidas cada año entre 2025 y 2050, duplicando su número desde 4,5 millones hasta 9 millones a mediados de siglo[205]. En general, la mejora de la infraestructura europea de transporte y distribución de energía podría requerir hasta 730 000 millones EUR de inversiones hasta 2040[206].

La UE cuenta desde hace mucho tiempo con algunos líderes tecnológicos y del mercado, tanto para tendido eléctrico como para transformadores. El mercado de cables de la UE es abastecido

---

199 CETO, *Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union*, 2024.

200 Carta de mandato a Dan Jørgensen, comisario de Energía y Vivienda, 17 de septiembre de 2024.

201 COM(2023) 757 final.

202 Mientras que esta edición se centra en el tendido eléctrico y los transformadores, la última se centró en los sistemas de corriente continua de alta tensión y las estaciones convertidoras; véase COM(2023) 652 final.

203 REGRT de Gas y REGRT de Electricidad, *Ten-Year Network Development Plans (TYNDP)*, [«Planes decenales de desarrollo de la red», documento en inglés], mayo de 2024.

204 Se espera que esto dé lugar a una ampliación neta de la red de la UE y Noruega de 10 a 16,8 millones de km entre 2025 y 2050.

205 Eurelectric, *Grids for speed*, 2024.

206 Comisión Europea, Artelys, Dirección General de Energía, LBST, Trinomics, Finesso, A., *et al.*, *Investment needs of European energy infrastructure to enable a decarbonised economy: final report* [«Necesidades de inversión de la infraestructura energética europea para permitir una economía descarbonizada: informe final», documento en inglés], Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2025.

principalmente por empresas europeas, aunque la presión competitiva de los agentes internacionales podría aumentar a corto y medio plazo. En cuanto al mercado europeo de transformadores, la situación es algo distinta: mientras que algunas grandes multinacionales dominan el segmento de los transformadores de transmisión de gran tamaño, el segmento de los transformadores de tamaño medio y los fabricantes de transformadores de distribución incluyen tanto fabricantes nacionales históricos como empresas familiares de Europa, así como competidores internacionales.

Las cadenas de suministro del cobre y el aluminio son fundamentales para la fabricación. Aunque se espera que estos sigan el ritmo de una demanda en constante crecimiento a corto plazo, la elevada demanda y la concentración de la producción de cobre refinado constituyen un riesgo de interrupciones a largo plazo[207]. El principal componente de alto valor para los transformadores, el núcleo, se fabrica a partir de acero eléctrico de grano orientado. Se estima que el valor en el mercado mundial del acero eléctrico de grano orientado casi se duplicará de aquí a 2032[208], impulsado por la demanda de la fabricación de transformadores. Aunque la UE es un importante productor, muchos fabricantes de transformadores de la UE dependen de las importaciones de alma de acero[209].

El aumento de la demanda de componentes de la red, como el tendido eléctrico y los transformadores, ha provocado retrasos en las entregas, largos plazos de entrega y nuevos aumentos de precios. Como respuesta, y según consta, los principales fabricantes europeos de cables han empezado a ejecutar decisiones de inversión por valor de 4 000 millones EUR, lo que ha contribuido a duplicar las capacidades de producción de cables de alta y muy alta tensión en Europa[210]. Una encuesta a los fabricantes de transformadores de la UE y de terceros países sugiere que cabe esperar una ampliación de la capacidad de producción del 10 % a corto plazo (hasta 2026), y de hasta el 30 % hasta 2030, si se confirma la tendencia al alza de la demanda[211]. No obstante, se espera que la demanda siga creciendo más rápidamente que la oferta en los próximos años y en la década de 2030.

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la industria es la escasez de mano de obra cualificada. Casi la mitad de los fabricantes de transformadores encuestados informaron de que las capacidades estaban infrautilizadas debido a la falta de trabajadores cualificados[212]. En su Plan de Acción para las Redes, la Comisión define medidas para garantizar que las redes eléctricas de la UE funcionen de manera más eficiente y se desplieguen con mayor rapidez[213]. Una cooperación más estrecha entre las autoridades públicas, los gestores de redes y los proveedores de tecnología será clave para desarrollar especificaciones tecnológicas comunes, mejorar la visibilidad de las carteras de proyectos de red, facilitar las inversiones en capacidad de fabricación y garantizar las cadenas de suministro. Durante el mandato actual, la Comisión estudiará el marco jurídico de las redes europeas para apoyar la electrificación y acelerar la

---

207 AIE, *Critical Minerals Market Review* [«Revisión del mercado de minerales fundamentales», documento en inglés], 2023.

208 Fortune Business Insights, *Grain Oriented Electrical Steel Market Size, Share & Industry Analysis* [«Análisis del tamaño del mercado, las acciones y la industria del acero eléctrico de grano orientado», documento en inglés], 2024.

209 T&D Europe, *Transformer Commodities Indices* [«Índices de materias primas de los transformadores», publicación en inglés], abril de 2024.

210 Europacable, *Letter to European Commission Executive Vice-President Maroš Šefčovič* [«Carta al vicepresidente ejecutivo de la Comisión Europea, Maroš Šefčovič», documento en inglés], 5 de marzo de 2024.

211 Transformers Magazin's Industry Navigator, *Investments 2024 – Outlook to 2033* [«Inversiones en 2024 – Perspectivas para 2033», documento en inglés], 2024.

212 *Ibid*.

213 COM(2023) 757 final.

concesión de permisos[214]. La Comisión presentará un plan de acción sobre la electrificación para apoyar la electrificación en todos los sectores de uso final y propondrá un paquete europeo de redes para modernizar y ampliar su red de infraestructuras de transporte y distribución de la electricidad.

3.12. Tecnologías de energía nuclear de fisión

Las centrales nucleares son una de las tecnologías que suministran electricidad despachable con bajas emisiones de carbono[215]. El coste unitario de la electricidad procedente de centrales nucleares suele situarse entre el coste de las energías renovables y el de las tecnologías fósiles. Las centrales nucleares generaron el 22,8 % de la electricidad en la UE en 2023, ligeramente por encima del 21,9 % de 2022[216], con tres palancas para lograrlo: ampliaciones de la vida útil, construcción de nuevas centrales nucleares grandes y despliegue de reactores modulares pequeños.

La mayoría de los nuevos reactores en construcción se encuentran en Asia. A principios de 2024, se estaban construyendo alrededor de 61 GW de capacidad de reactores en todo el mundo, de los cuales más de la mitad estaban situados en China y la India. La UE conserva un vendedor activo de reactores[217], que está construyendo el 5,3 % de la capacidad mencionada[218]. Esto ilustra la necesidad de que la industria de la UE mejore su competitividad en consonancia con los objetivos del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas.

En 2024, la Comisión puso en marcha la Alianza Industrial Europea para Reactores Modulares Pequeños a fin de facilitar su despliegue a principios de la década de 2030 y apoyar un ecosistema europeo competitivo[219]. Los reactores modulares pequeños presentan diseños innovadores y están construidos en torno a componentes modulares que podrían producirse en serie. Todavía no se han desplegado en la UE, aunque los primeros reactores modulares pequeños ya operan en China y Rusia[220].

Para lograr la capacidad prevista en la UE es necesario ampliar las capacidades de fabricación[221]. Por otro lado, el envejecimiento de la mano de obra en el sector debe abordarse

---

214 Carta de mandato a Dan Jørgensen, comisario de Energía y Vivienda, 17 de septiembre de 2024.

215 Los Estados miembros tienen libertad para elegir su mix energético de conformidad con los Tratados.

216 Análisis de la Comisión sobre la base de Eurostat, *Net electricity generation by type of fuel - monthly data* [«Producción neta de electricidad por tipo de combustible. Datos mensuales», documento en inglés], código de datos en línea: nrg_cb_pem, última actualización el 28.1.2025; REGRT de Electricidad, *Statistical Factsheet 2023*, 2024; Servicio de Estudios del Parlamento Europeo, *Strategic autonomy and the future of nuclear energy in the EU* [«La autonomía estratégica y el futuro de la energía nuclear en la UE», documento en inglés], 2024; SWD(2024) 63 final, parte 1 de 5.

217 En la década de 1980, había cuatro fabricantes europeos de reactores: ABB (Suecia/Suiza), Framatome (Francia), Kraftwerk Union/Siemens (Alemania) y National Nuclear Corp. (Reino Unido). Solo Framatome sigue activo en la actualidad. Agencia de la Energía Nuclear, *Nuclear New build: Insights into Financing and Project Management* [«Nueva construcción de capacidad nuclear: perspectivas sobre la financiación y la gestión de proyectos», documento en inglés], 2015.

218 Análisis de la Comisión sobre la base de los datos del PRIS del Organismo Internacional de Energía Atómica (31 de diciembre de 2023). Framatome finalizó la construcción de Olkiluoto 3 (Finlandia), que inició su actividad comercial en mayo de 2023.

219 *European Industrial Alliance on SMRs*, 2024.

220 Datos del PRIS del Organismo Internacional de Energía Atómica (31 de diciembre de 2023).

221 Además, según los análisis de la Agencia de Abastecimiento de Euratom (AAE), en Occidente aún es necesaria una capacidad de enriquecimiento de hasta 2 500 tSWU de aquí a 2030, y, por lo que se refiere a los reactores occidentales, en un escenario de demanda estable, todavía faltarían alrededor de 6 000 tU de capacidad de conversión al año. AAE, *Euratom Supply Agency Annual Report*, [«Informe anual de la Agencia de Abastecimiento de Euratom», documento en inglés], 2022.

incorporando a personas que se incorporan al mercado laboral y mediante el reciclaje de profesionales de otras industrias. Deben promoverse programas de desarrollo de capacidades específicas en el ámbito nuclear. La diversificación de la cadena de suministro de combustible nuclear, de servicios del ciclo del combustible y de piezas de repuesto debe seguir abordando las dependencias de cualquier socio no fiable, en particular de Rusia[222]. Debe prestarse una atención constante al mantenimiento de la seguridad nuclear, la garantía de suministros diversificados, la gestión segura de los residuos y el avance de las nuevas tecnologías[223]. Cualquier uso futuro de la energía nuclear debe estar condicionado al cumplimiento de las normas de seguridad nuclear más estrictas, así como a la eliminación segura de todos los tipos de residuos nucleares y combustible gastado.

3.13. Energía hidroeléctrica

La capacidad hidroeléctrica mundial fue de 1 416 GW en 2023[224], con una capacidad adicional de alrededor de 160 GW (de los cuales aproximadamente 15-16 GW en Europa) prevista en torno a 2030[225]. La energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo sigue siendo la tecnología de almacenamiento de energía más común, con más del 90 % de todo el almacenamiento a escala de red en todo el mundo y 46 GW de capacidad de bombeo instalada en la UE[226]. Si bien las empresas de la UE participan en proyectos de energía hidroeléctrica novedosos en todo el mundo, en la UE se presta especial atención a la mejora y renovación de las instalaciones existentes, que representan alrededor de 153 GW de capacidad instalada[227].

La industria de fabricación de componentes hidroeléctricos de la UE siguió siendo sólida en 2024, lo que indica unas perspectivas positivas en términos de avances hacia los valores de referencia del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas. Aunque la cadena de suministro de la UE está bien desarrollada, existe un riesgo de dependencia futura de los imanes permanentes como componente[228]. El valor de las piezas y turbinas fabricadas en la UE se situó en 605 millones EUR en 2023, pero el superávit comercial se ha reducido notablemente en los últimos años, hasta los 213 millones EUR en 2023, frente al máximo de 466 millones EUR de 2015. Esto también se refleja en la cuota de la UE en las exportaciones mundiales, que, a pesar de todo, siguió siendo elevada, situándose en el 44 % en el período 2021-2023[229]. La pérdida de valor de la producción en los últimos años pone de manifiesto que, si bien la industria de la UE sigue siendo competitiva, se enfrenta a una competencia a escala mundial cada vez mayor,

---

222 Cinco Estados miembros explotan reactores de tipo VVER. Históricamente, solo ha habido un único proveedor ruso de servicios de combustible para estos reactores, lo que representa una vulnerabilidad en la seguridad del suministro. En 2022, la Comisión puso en marcha consultas con los Estados miembros que explotaban reactores VVER para acelerar el proceso de diversificación del suministro de combustible en consonancia con los objetivos de REPowerEU.

223 Carta de mandato a Dan Jørgensen, comisario de Energía y Vivienda, 17 de septiembre de 2024.

224 Comisión Europea, JRC, Quaranta, E., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E. y Gea Bermúdez, J., CETO, *Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union* [«Energía hidroeléctrica y almacenamiento por bombeo en la Unión Europea», documento en inglés], 2024.

225 IRENA, *The changing role of hydropower: Challenges and opportunities* [«El papel cambiante de la energía hidroeléctrica: desafíos y oportunidades», documento en inglés], 2023; AIE, *Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030*, [«Análisis del informe especial del mercado hidroeléctrico y previsiones para 2030», documento en inglés], 2021.

226 CETO, *Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union*, 2024.

227 Eurostat (nrg_inf_epc), consultado el 12.2.2025.

228 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J., *et al.*, *Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond: final report*, 2024.

229 CETO, *Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union*, 2024.

ya que, en particular, China ha estado desarrollando su posición en materia de tecnología hidroeléctrica[230].

Aunque la industria hidroeléctrica de la UE sigue desempeñando un papel de liderazgo a escala mundial, cabe esperar que este papel se vea aún más amenazado a medio y largo plazo. A este respecto, un problema particular para la industria de la UE es el menor potencial para nuevos proyectos hidroeléctricos en Europa, donde la identificación de nuevos emplazamientos para la energía hidroeléctrica sostenible sigue siendo un reto importante. Otro reto para la fabricación de energía hidroeléctrica en la UE es mantener las capacidades en el sector.

La UE debe conservar una posición de liderazgo mundial en la energía hidroeléctrica invirtiendo más en investigación e innovación que sus competidores mundiales, así como manteniendo su mercado nacional con nuevas inversiones. En particular, existe un potencial todavía por explotar en la expansión de la energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo para contribuir a la flexibilidad de la red, por ejemplo mediante la renovación de las instalaciones hidroeléctricas existentes.

3.14. Combustibles alternativos sostenibles

Los combustibles alternativos sostenibles, tal como se definen en el Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas, son combustibles sostenibles y con bajas emisiones de carbono destinados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la aviación y el sector marítimo[231]. La UE está bien posicionada en estas tecnologías, pero serán necesarios esfuerzos adicionales para desarrollar una producción a gran escala competitiva en la UE. En general, la UE tiene actualmente una ventaja tecnológica en lo que respecta a la producción: cuenta con la mayor parte de las instalaciones comerciales del mundo y desempeña un papel importante en el desarrollo de tecnologías novedosas e innovadoras.

Los ésteres y ácidos grasos hidroprocesados(HEFA, por sus siglas en inglés) son actualmente la única tecnología totalmente comercial para los combustibles de aviación. Si bien actualmente no existe una producción esencial de combustibles de aviación sostenibles en la UE, las plantas existentes de aceite vegetal tratado con hidrógeno podrían modernizarse para producir alrededor de 1,07 Mtep de combustibles HEFA avanzados al año. En 2023, esta cifra habría representado más del doble de la producción total de combustibles de aviación sostenibles en el mundo[232] y menos de la mitad de la demanda impulsada por las políticas de la UE. Se prevé que la producción de la UE a partir de materias primas de biomasa admisibles aumente hasta 1,5 Mtep al año de aquí a 2030. Por lo que respecta al uso marítimo, la UE produce actualmente 0,1 Mtep al año a partir de materias primas a base de residuos. Se prevé una ampliación hasta los 2,1 Mtep al año para 2030[233], lo que representa aproximadamente la mitad de la demanda generada por las políticas de la UE. Los planes industriales anunciados estimaban que la producción de queroseno sintético alcanzaría los 1 129 Mtep al año para 2023, mientras que la

---

230 AIE, *Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030*, [«Análisis del informe especial del mercado hidroeléctrico y previsiones para 2030», documento en inglés], 2021.

231 DO L, 2024/1735, 28.6.2024, artículo 3, en consonancia con las definiciones del Reglamento «ReFuelEU Aviation» y del Reglamento «FuelEU Maritime». Esta sección contempla únicamente los biocombustibles y los combustibles renovables sintéticos de origen no biológico.

232 IATA, *Annual Review* [«Revisión anual, documento en inglés»], 2024.

233 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [«Desarrollo de perspectivas para los medios necesarios para desarrollar la capacidad industrial para los biocombustibles *drop-in* avanzados», documento en inglés] (anexo 3), 2024.

producción de electrometanol y de electroamoníaco alcanzaría los 1 464 Mtep al año[234]. Esto representa alrededor del 3 y el 4 % de la demanda prevista de la UE, respectivamente.

De las 28 instalaciones comerciales (TRL 9) que producen combustibles de aviación sostenibles a escala mundial, 15 se encuentran en la UE (de las cuales 14 son instalaciones HEFA) y 6 en los Estados Unidos. También hay 6 plantas precomerciales (TRL 8) para HEFA y tecnologías avanzadas en la UE y 4 en los Estados Unidos. En cuanto al uso marítimo, solo existen 3 plantas innovadoras de biometano operativas (TRL 8), (de la cuales 1 se encuentra en la UE)[235]. Esto pone de manifiesto la competitividad actual de la UE en este sector emergente y la necesidad de acelerar la comercialización de tecnologías avanzadas para mantenerlo.

No existen dependencias críticas por lo que respecta a las tecnologías, ya que muchos de los desarrolladores de tecnologías y fabricantes de equipos se encuentran en la UE, y el riesgo de dependencia de materiales fundamentales es bajo[236]. En el caso de las tecnologías avanzadas de biocombustibles, no existe una dependencia crítica de las importaciones de materias primas. En cambio, en el caso de los combustibles renovables de origen no biológico, existe una dependencia crítica de países no pertenecientes a la UE que producen materiales catalizadores (cobalto, cromo, vanadio y wolframio) y de la disponibilidad de electricidad e hidrógeno renovables (véase la sección 3.8 sobre tecnologías de hidrógeno) y de CO_2 como materia prima.

Los costes de producción varían en función de la tecnología y siguen siendo un reto, ya que estas tecnologías aún deben desarrollarse a niveles comerciales. El coste de los HEFA procedente de materias primas avanzadas oscila entre 15 y 32 EUR por MWh, y el del biometanol mediante gasificación oscila entre 89 y 112 EUR por MWh[237]. El coste de los combustibles renovables de origen no biológico depende en gran medida del coste del hidrógeno renovable, la electricidad y el CO_2 y se sitúa entre 90 y 180 EUR por MWh en el caso del uso marítimo, pero tiene un coste muy superior en el caso del queroseno sintético producido a partir de electrometanol[238].

Los precios de los combustibles de aviación sostenibles son actualmente entre tres y diez veces más caros que el combustible convencional, aunque se espera que se reduzcan sustancialmente a medida que se desarrollen las tecnologías de producción. Una mayor investigación e innovación podría reducir considerablemente los costes. Junto con la puesta en marcha de instalaciones de demostración e instalaciones comerciales tempranas para reducir los costes de capital y de explotación, podría lograrse una reducción de entre el 5 y el 27 % de los costes globales de producción[239]. Además, los mercados y las instalaciones de producción de combustibles renovables de automoción, aviación y transporte marítimo podrían desarrollarse conjuntamente para crear sinergias en todos los sectores del transporte. Por ejemplo, la producción de combustibles de aviación a través de muchos procesos avanzados de

---

234 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* (anexo 4), 2024.

235 Véase la base de datos Task 39, Biofuels to decarbonize transport [«Biocombustibles para descarbonizar el transporte», página web en inglés].

236 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Study on energy technology dependence* [«Estudio sobre la dependencia de la tecnología energética», documento en inglés], 2020.

237 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* (anexo 3), 2024.

238 Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* (anexo 4), 2024.

239 Programa de Colaboración Tecnológica en Bioenergía de la AIE, *Advanced Biofuels - Potential for Cost Reduction* [«Biocombustibles avanzados – Potencial de reducción de costes», documento en inglés], 2020.

biocombustibles crea un mercado de subproductos para el gasóleo verde (para los camiones) y la nafta (para los buques). La explotación del valor económico de los subproductos puede dar lugar a una reducción del coste del combustible principal. Las sinergias entre los biocombustibles avanzados y los combustibles renovables de origen no biológico también son cruciales para el uso del hidrógeno verde, el CO_2 biogénico y las tecnologías conexas.

3.15. Tecnologías de recuperación del calor industrial excedentario

Las tecnologías para recuperar el calor excedentario de los procesos industriales son cruciales para aumentar la eficiencia energética en la industria[240]. Existen varias técnicas para lograrlo. En general, el calor se extrae primero (por ejemplo, de los gases de escape) mediante intercambiadores de calor. A continuación, puede transferirse localmente a otro proceso (por ejemplo, precalentamiento de materias primas), ya sea directamente o mediante un fluido, o exportarse a una red de calefacción urbana. El calor recuperado puede mejorarse (por ejemplo, mediante bombas de calor; véase la sección 3.6) para utilizarlo a una temperatura más elevada o convertirlo para su uso para refrigeración. Como alternativa, el calor puede convertirse en energía mecánica o eléctrica.

Esta sección se centra en la recuperación del calor y su conversión en energía eléctrica a través de la tecnología de ciclo Rankine, que utiliza el calor para expandir un fluido para el accionamiento de una turbina y un generador eléctrico. Tanto el ciclo Rankine orgánico (CRO) como el ciclo Rankine de vapor (CRV) están disponibles comercialmente, y la investigación y la innovación siguen mejorando el CRO. La tecnología de ciclo de CO_2 supercrítico tiene el potencial de ser más eficiente y compacta, pero es una tecnología que aún no está madura.

En la UE, el potencial teórico de calor industrial excedentario se ha estimado en 920 TWh anuales, lo que corresponde a un potencial de Carnot de 279 TWh[241]. Se calcula que la energía excedentaria procedente de procesos industriales en la UE podría convertirse en 150 TWh de electricidad al año en centrales eléctricas de CRO[242].

El mercado mundial de CRO se estimó en 750 millones EUR en 2023 y se prevé que crezca[243]. La tecnología se aplica principalmente a la energía geotérmica (77 %), la recuperación de calor industrial excedentario (11 %) y la biomasa (10 %)[244]. Los principales componentes de los sistemas CRO y CRV son intercambiadores de calor, condensadores, bombas de alimentación y turbinas con generadores. Los materiales utilizados son el acero, el aluminio y los fluidos (orgánicos), así como el cobre y los imanes para el generador, y otros componentes para la electrónica de control.

---

240 Si bien la literatura tradicionalmente hacía referencia a la recuperación industrial del «calor residual», ahora se prefiere el término «calor excedentario», ya que, cuando el calor se recupera, ya no se desperdicia.

241 Bianchi, G., Panayiotou, G.P., Aresti, L. *et al.*, *Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry* [«Estimación de la recuperación de calor residual en la industria de la Unión Europea», documento en inglés]. Energy, Ecology and Environment, 2019.

242 KCORC, *Thermal Energy Harvesting* [«Cosecha de energía térmica», documento en inglés], 2025.

243 Grand View Research, *Organic Rankine Cycle Market Size & Trends* [«Tamaño y tendencias del mercado del ciclo Rankine orgánico», documento en inglés], 2024. Con un tipo de cambio medio de 0,9239 EUR por 1 USD durante el año 2024, sobre la base del BCE.

244 Wieland, C., Schifflechner, C., Dawo, F. y Astolfi, M., *The organic Rankine cycle power systems market: Recent developments and future perspectives* [El mercado de los sistemas de energía de ciclo Rankine orgánico: avances recientes y perspectivas futuras», documento en inglés], Applied Thermal Engineering, 2023.

Europa alberga un gran número de fabricantes de sistemas de CRO, así como innovación en este ámbito. Una empresa estadounidense y dos de la UE lideran el mercado mundial del CRO y capturan la mayor parte del mercado (78 % en 2016-2020)[245]. Europa es líder en actividades relacionadas con la I+D en CRO[246], pero el interés ha aumentado en todo el mundo y el número de documentos científicos sobre el tema del CRO se ha duplicado con creces en comparación con el período 2014-2018, alcanzando los 3 329 documentos entre 2019 y 2023. De estas publicaciones, 523 se publicaron en la UE, por detrás de China (860) y por delante de Irán (368), el Reino Unido (176) y los Estados Unidos (165)[247].

Siguen existiendo ciertos obstáculos a la implantación del ciclo Rankine y otras tecnologías de recuperación de calor, lo que dificulta un mayor desarrollo de la industria. Los costes iniciales y de mantenimiento de la recuperación de calor, así como el precio de la electricidad producida, pueden ser muy diferentes, lo que da lugar a diferentes períodos de amortización[248], mientras que la disponibilidad futura del suministro de calor puede ser incierta debido a posibles cambios en el proceso industrial correspondiente (por ejemplo, la electrificación).

Las condiciones específicas de cada proceso y cada instalación aumentan el esfuerzo necesario para planificar, diseñar e instalar sistemas de recuperación de calor. La implantación y la cadena de suministro de la recuperación de calor excedentario se beneficiarían de componentes más normalizados, que estén diseñados para satisfacer las necesidades de la mayoría de las instalaciones de un subsector industrial determinado. A nivel de la UE, nuevos intercambios entre proveedores de tecnología y sectores de uso final, posiblemente en el marco del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética, podrían ayudar a acelerar la implantación y reforzar la competitividad de la UE.

4. CONCLUSIONES

El sector de las tecnologías de cero emisiones netas representa una gran oportunidad económica para la UE y es esencial para la transición energética. El mercado mundial de tecnologías energéticas limpias clave podría casi triplicarse y llegar a cerca de 1,9 billones EUR de aquí a 2035[249]. La industria de la UE tiene el potencial de desempeñar un papel clave en el suministro de estas tecnologías, ya que cuenta con una base industrial aún sólida y buenos resultados en I+i. Es posible que no haya ningún otro campo tecnológico que crezca a un ritmo tan elevado en el que la UE esté tan bien situada.

La UE sigue siendo uno de los mayores mercados a escala mundial de tecnologías de cero emisiones netas. Las fuentes de energía renovables son muy competitivas en términos de costes en la UE y han alcanzado una implantación récord, llegando a proporcionar el 48 % de la electricidad en la UE en 2024. Al mismo tiempo, los precios de la energía en la UE siguen siendo sustancialmente superiores a los de muchas otras grandes economías, en particular los Estados Unidos y China. Se trata de una desventaja estructural para la industria de la UE, y en particular para sus industrias de gran consumo de energía, pero también para la competitividad

245 *Ibid*.

246 KCORC, Thermal Energy Harvesting, 2025.

247 Elsevier, base de datos Scopus, utilizando la cadena de búsqueda «Organic AND Rankine AND Cycle AND Power», el 31.1.2025.

248 CE-Delft, *ORC Plants for Thermal Energy Harvesting* [«Plantas de CRO para la cosecha de energía térmica», documento en inglés], 2023.

249 AIE, *Energy Technology Perspectives* [«Perspectivas de la tecnología energética», documento en inglés], 2024. Estimaciones del mercado mundial para la energía solar fotovoltaica, la energía eólica, los vehículos eléctricos, las baterías, los electrolizadores y las bombas de calor. El informe se refiere a 2 billones USD, convertidos en EUR a finales de 2024.

de muchos fabricantes de la UE del sector de las tecnologías de cero emisiones netas. A medida que la UE prosiga su transición energética, aumente la electrificación y abandone su dependencia de los combustibles fósiles, las tecnologías de cero emisiones netas serán aún más pertinentes. La competitividad de los fabricantes de la UE decidirá si una parte esencial de esta transición se realiza en la UE o se importa. Es una cuestión que afecta no solo de la seguridad del suministro, sino también a la prosperidad y el empleo.

La UE sigue estando bien situada en la investigación en tecnologías energéticas limpias, pero se queda rezagada en lo que respecta a las inversiones privadas en I+i. Horizonte Europa sigue apoyando la I+i en tecnologías energéticas limpias y su competitividad, en particular los esfuerzos para impulsar la inversión privada a través de asociaciones europeas. Al mismo tiempo, los retos ya conocidos desde hace tiempo relacionados con la inversión privada en I+i y la expansión de las empresas siguen frenando a la UE. En 2023, la UE tuvo mejores resultados en cuanto a captación de capital riesgo para el sector de las tecnologías energéticas limpias, pero esto se debió a un número limitado de grandes operaciones. Este es un factor clave que explica la caída del capital riesgo en el sector, como muestran los datos preliminares de 2024. Esto también pone de manifiesto la necesidad de que la UE siga trabajando para movilizar financiación privada que permita a las empresas expandirse.

Ante una competencia cada vez más competitiva en términos de costes, la UE corre el riesgo de seguir perdiendo terreno en lo que respecta a competitividad y fabricación. China ya domina la fabricación a escala mundial de energía solar fotovoltaica y baterías y se espera que amplíe significativamente sus capacidades de fabricación en nuevas tecnologías energéticas limpias en los años venideros. Los problemas actuales de la industria emergente de las baterías de la UE a la hora de aumentar la producción ponen de manifiesto los grandes retos que plantea la implantación de una capacidad de fabricación a gran escala para tecnologías cuyo centro de gravedad y conocimientos especializados para la fabricación ya no se encuentran en Europa, a pesar de las importantes inversiones públicas y privadas. Los próximos años serán cruciales para ver si los conocimientos actuales de la UE en materia de I+i en energía solar y baterías pueden ayudar a reactivar estos sectores en la UE, por ejemplo, explorando soluciones que requieran menos materias primas fundamentales.

La UE sigue manteniendo una posición sólida en la fabricación de diversas tecnologías de cero emisiones netas, como la energía eólica y las bombas de calor. La importancia de ambas tecnologías en todo el mundo seguirá aumentando, y las estimaciones indican la capacidad de fabricación podría ser insuficiente en comparación con la demanda mundial prevista. Si bien la industria eólica de la UE sigue estando bien posicionada, los competidores chinos han empezado a introducirse en los mercados mundiales, en los que las empresas de la UE ya han perdido cuota de mercado en los últimos años. Las soluciones de bombas de calor desempeñarán un papel clave a la hora de abordar las necesidades de calefacción tanto domésticas como industriales en el futuro. La UE sigue manteniendo una posición sólida, pero el sector necesita un nuevo impulso. Será necesario prestar más apoyo a estas industrias estratégicas para reforzar las cadenas de valor de la UE.

Hay otras tecnologías ya consolidadas en las que las industrias competitivas de la UE muestran potencial de crecimiento. La UE cuenta con una industria madura del biogás y el biometano. Asimismo, empresas con sede en la UE ocupan una posición sólida en el suministro de componentes de la red eléctrica, cuya demanda mundial aumenta a medida que aumenta la electrificación. Sin embargo, es probable que el sector experimente una mayor presión competitiva en el futuro. Como muchas otras tecnologías de cero emisiones netas, la fabricación de componentes de la red presenta una fuerte dependencia de algunos materiales, como el cobre y el acero aleado. La industria de la UE tiene una larga tradición en el sector de

la energía hidroeléctrica, pero ha perdido cuota de mercado a escala mundial en los últimos años. También en la UE existe un potencial sin explotar en el ámbito de la energía hidroeléctrica. La ampliación de la energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo, en particular mediante la renovación de las instalaciones existentes, podría contribuir a aumentar la flexibilidad de la red.

Además, hay varias tecnologías emergentes que necesitan más apoyo para demostrar su potencial comercial. Esto afecta a tecnologías como las tecnologías de energía oceánica, los reactores modulares pequeños, los combustibles alternativos sostenibles y la captura y almacenamiento de carbono. Estas tecnologías requieren un apoyo específico para aumentar su viabilidad comercial y desplegarlas a gran escala.

La innovación desempeña un papel fundamental a la hora de impulsar la competitividad de la UE, tanto para introducir nuevas tecnologías en el mercado como para mejorar las soluciones existentes. La I+i es necesaria para impulsar la eficiencia y podría limitar la dependencia de materias primas fundamentales, como el litio en la tecnología de baterías. También es necesario seguir realizando esfuerzos para aumentar la circularidad y la sostenibilidad, por ejemplo, abordando el uso de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas en los electrolizadores. A medida que las inversiones a escala mundial en tecnologías de cero emisiones netas aumenten, será necesario redoblar los esfuerzos para que la UE mantenga el ritmo en I+i. Esto se refleja en el enfoque de la reciente Brújula para la Competitividad en cerrar la brecha de innovación. El Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética, recientemente reforzado, tiene un papel clave que desempeñar en la coordinación y armonización de las prioridades de investigación, reuniendo a las partes interesadas públicas y privadas, así como en el aumento de la eficiencia del gasto en I+i entre los Estados miembros, en particular a través de la Asociación para la Transición hacia una Energía Limpia[250].

Para aprovechar plenamente los beneficios económicos de la transición energética mundial, es esencial que la UE aumente su capacidad de fabricación. Un enfoque basado en la cadena de valor, que tenga en cuenta toda la cadena, sigue siendo fundamental, desde las materias primas, pasando por las industrias de gran consumo de energía para los materiales, hasta la fabricación y la instalación final. La escasez de personal cualificado seguirá siendo otro reto importante en los próximos años que deberá abordarse para garantizar que el sector prospere.

La aplicación del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas puede desempeñar un papel clave a la hora de prestar un apoyo coordinado a la fabricación de tecnologías de cero emisiones netas en la UE. Para ello será necesario utilizar todas las herramientas que ofrece, desde la concesión de autorizaciones hasta el uso de criterios distintos del precio en los procedimientos de contratación pública y las subastas. La Plataforma Europea de Cero Emisiones Netas tiene un papel importante que desempeñar a la hora de coordinar las políticas en la UE y colaborar con la industria. Con la entrada en vigor del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas, el presente Informe de situación en materia de competitividad ha sido designado como su principal instrumento de seguimiento. En los próximos años, el Informe seguirá de cerca los avances relacionados con la competitividad de la UE en tecnologías de cero emisiones netas y examinará las cuestiones relativas a la aplicación del Reglamento sobre la Industria de Cero Emisiones Netas.

[250] Para más información, véase: Clean Energy Technology Partnership [«Asociación de Tecnologías Energéticas Limpias», página web en inglés].

Con la Brújula para la Competitividad, el Pacto por una Industria Limpia y el Plan de Acción para una Energía Asequible, la Comisión ha convertido el refuerzo de la competitividad de la UE en el pilar fundamental de sus planes para los próximos años. Estos tres documentos, en conjunto, plantean acciones clave que se basan en el sector de las tecnologías de cero emisiones netas y lo refuerzan. Esto incluye la hoja de ruta conjunta para la descarbonización y la competitividad de la industria de la UE que establece el Pacto por una Industria Limpia y las acciones para mejorar el acceso a una energía asequible planteadas en el Plan de Acción para una Energía Asequible.

En este contexto, la Comisión seguirá apoyando las tecnologías de cero emisiones netas, como sector industrial importante y como tecnologías facilitadoras para la descarbonización del conjunto de la economía. Para ello, será necesario proseguir los esfuerzos coordinados a nivel nacional y de la UE.