



Bruselas, 14.10.2020
COM(2020) 953 final

INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO
sobre la situación de la competitividad de las energías limpias

{SWD(2020) 953 final}

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	COMPETITIVIDAD GENERAL DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS LIMPIAS DE LA UE.....	5
	2.1 Tendencias energéticas y de recursos.....	5
	2.2 Porcentaje del sector energético de la UE en el PIB de la UE.....	7
	2.3 Capital humano.....	8
	2.4 Tendencias en materia de investigación e innovación.....	10
	2.5 Recuperación de la COVID-19.....	14
3.	ENFOQUE EN TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES DE ENERGÍAS LIMPIAS ESENCIALES.....	15
	3.1 Energías renovables marinas: energía eólica.....	15
	3.2 Energías renovables marinas: energía oceánica.....	18
	3.3 Energía solar fotovoltaica.....	21
	3.4 Producción de hidrógeno renovable mediante electrolisis.....	23
	3.5 Baterías.....	27
	3.6 Redes eléctricas inteligentes.....	31
	3.7 Otras conclusiones sobre otras tecnologías y soluciones de energías limpias y de bajas emisiones de carbono.....	36
	CONCLUSIONES.....	38

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del Pacto Verde Europeo¹, la nueva estrategia de crecimiento de Europa, es transformar la Unión Europea (UE)² en una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, que sea climáticamente neutra para el año 2050. La economía de la UE tendrá que volverse sostenible, velando por que esta transición sea justa e integradora para todos. La reciente propuesta de la Comisión³ de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % para 2030 sitúa a Europa en esa senda responsable. Actualmente, la producción y el uso de energía representan más del 75 % de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. Si queremos alcanzar los objetivos climáticos de la UE tendremos que reflexionar acerca de las políticas de suministro de energía limpia al conjunto de la economía. En lo que respecta al sistema energético, esto implica una fuerte descarbonización y un sistema integrado de energía que se fundamente en gran medida en las energías renovables. Ya para el año 2030, la producción de electricidad renovable de la UE se ha fijado en al menos el doble de los niveles actuales del 32 %, hasta alcanzar en torno al 65 % o más⁴ y, de aquí a 2050, más del 80 % de la electricidad procederá de fuentes de energía renovables⁵.

La consecución de estos objetivos para 2030 y 2050 exige una gran transformación del sistema energético. No obstante, esto depende en gran medida de la adopción de nuevas tecnologías limpias y de una mayor inversión en las soluciones e infraestructuras necesarias, pero también de los modelos empresariales, las capacidades y los cambios de comportamiento para su desarrollo y su uso. La industria constituye una parte esencial de este cambio social y económico. La nueva estrategia industrial para Europa⁶ otorga a la industria europea un papel fundamental en la doble transición ecológica y digital. A la luz del gran mercado interno de la UE, acelerar la transición ayudará a modernizar la economía de la UE en su conjunto y a incrementar la oportunidad de liderazgo en tecnologías limpias a nivel global de la UE.

Este primer informe anual de situación sobre competitividad⁷ se propone evaluar el estado de las tecnologías energéticas limpias y la competitividad de la industria de las energías limpias de la UE para valorar si su desarrollo va por el buen camino de cara a lograr la transición ecológica y los objetivos climáticos a largo plazo de la UE. Esta evaluación sobre competitividad resulta también especialmente importante para la recuperación económica de la crisis provocada por la pandemia de COVID-19, tal como se señaló en la comunicación sobre el instrumento de recuperación de la Unión Europea *Next Generation EU*⁸. La mejora de la competitividad tiene el potencial de mitigar los efectos económicos y sociales a corto y medio plazo de la crisis, abordando al mismo tiempo el desafío a más largo plazo de lograr las transiciones ecológica y digital de una forma socialmente justa. Tanto en el contexto de la crisis como a más largo plazo, la mejora de la competitividad puede hacer frente a problemas de pobreza energética, al

1 COM(2019) 640 final.

2 A los efectos del presente informe, por UE se entenderá la Europa de los Veintisiete (esto es, sin el Reino Unido). Siempre que se incluya el Reino Unido, el informe se referirá a la Europa de los Veintiocho.

3 COM(2020) 562 final.

4 COM(2020) 562 final.

5 COM(2018) 773 final.

6 COM (2020) 102 final.

7 Elaborado de conformidad con las disposiciones del artículo 35, letra m), del Reglamento (UE) 2018/1999 (Reglamento sobre la gobernanza).

8 COM(2020) 456 final.

reducir el coste de la producción de energía y el coste de las inversiones en eficiencia energética⁹.

Es posible determinar las necesidades en materia de tecnologías energéticas limpias de cara a la consecución de los objetivos para 2030 y 2050 sobre la base de la evaluación de impacto a la que se refieren los escenarios del Plan del Objetivo Climático de la Comisión Europea¹⁰. En particular, se espera que la UE invierta en electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables, especialmente en energía marina (en particular eólica) y en energía solar^{11,12}. Este importante aumento de la proporción de energías renovables variables implica también un aumento del almacenamiento¹³ y de la capacidad para utilizar electricidad en el transporte y en la industria, especialmente mediante baterías e hidrógeno, y exige grandes inversiones en tecnologías de redes inteligentes¹⁴. Sobre esta base, el presente informe se centra en las seis tecnologías que se mencionan más arriba¹⁵, la mayoría de las cuales constituyen una parte esencial de las iniciativas emblemáticas de la UE^{16,17} destinadas a promover reformas e inversiones para apoyar una recuperación sólida sobre la base de la doble transición ecológica y digital. El resto de tecnologías energéticas limpias y de bajo nivel de emisiones de carbono incluidas en los escenarios se analizan en el documento de trabajo de los servicios de la Comisión titulado «Transición hacia una energía limpia: tecnologías e innovaciones» (CETTIR, por sus siglas en inglés) que acompaña a este informe¹⁸.

⁹ Véase también la comunicación «Una oleada de renovación para Europa: edificios más verdes, más empleo y mejor calidad de vida» [COM(2020) 662], acompañada por el documento SWD(2020) 550, y la Recomendación sobre la pobreza energética [C(2020)9600].

¹⁰ En el horizonte temporal de 2050, los escenarios 1.5 TECH de la Estrategia de la UE a largo plazo para 2050 [COM(2018) 773] y del Plan del Objetivo Climático [COM(2020) 562 final] no presentan diferencias significativas y, por tanto, el presente informe hace referencia a ambos. El escenario CTP MIX logra reducciones de gases de efecto invernadero de alrededor del 55 %, tanto ampliando la tarificación del carbono como aumentando moderadamente la ambición de las políticas.

¹¹ Estudio de ASSET encargado por la DG Energía: *Energy Outlook Analysis* (Análisis de las perspectivas de la energía) (Borrador, 2020) que cubre los escenarios LTS 1.5 Life y Tech, BNEF NEO, GP ER, IEA SDS, IRENA GET TES, JRC GECO 2C_M.

¹² Tsiropoulos I., Nijs W., Tarvydas D., Ruiz Castillo P.: *Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050 – Insights from scenarios in line with the 2030 and 2050 ambitions of the European Green Deal* (Hacia unas emisiones netas cero en el sistema energético de la UE para 2050: percepciones de escenarios en consonancia con las ambiciones para 2030 y 2050 del Pacto Verde Europeo) (JRC118592).

¹³ Estudio *Energy storage - Contribution to the security of the electricity supply in Europe* (Almacenamiento de energía: contribución a la seguridad del suministro eléctrico en Europa) (2020) : <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1>.

¹⁴ Entre 71 000 millones EUR y 110 000 millones EUR/año de inversiones en red eléctrica entre 2031 y 2050 según los distintos escenarios, *In-depth analysis in support of COM(2018) 773* [Análisis en profundidad en apoyo de la COM(2018) 773], cuadro 10, p. 202.

¹⁵ Energías renovables marinas (eólica y oceánica), energía solar fotovoltaica, hidrógeno renovable, baterías y redes inteligentes. Esta selección no desatiende el papel de las energías renovables ya establecidas, en particular la bioenergía y la energía hidroeléctrica, dentro de la cartera de la UE de tecnologías energéticas de bajo nivel de emisiones de carbono. Estas quedan cubiertas en el documento CETTIR y podrán ser tenidas en cuenta en los próximos informes anuales de situación sobre competitividad.

¹⁶ Se han presentado iniciativas emblemáticas europeas en la última Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible 2021 [COM(2020) 575 final], sección IV.

¹⁷ Entre las iniciativas recientes y futuras se encuentran la próxima estrategia de la energía marina y la estrategia del hidrógeno [COM(2020) 301 final], que incluyen la Alianza del Hidrógeno, la Alianza Europea de Baterías y la Estrategia para la Integración del Sistema Energético [COM(2020) 299 final]. Estas tecnologías también se describen en toda una serie de planes nacionales en materia de energía y clima.

¹⁸ SWD(2020) 953 – Este incluye edificios (incluidas calefacción y refrigeración), captura y almacenamiento de carbono, participación ciudadana y comunitaria, energía geotérmica, corriente continua de alto voltaje y electrónica de potencia, energía hidroeléctrica, recuperación de calor industrial, energía nuclear, energía eólica terrestre, combustibles renovables, ciudades y comunidades inteligentes, redes inteligentes-infraestructuras digitales, energía solar térmica.

A los efectos del presente informe, la competitividad en el sector de las energías limpias¹⁹ se define como la capacidad de producir y utilizar energía limpia asequible, fiable y accesible a través de las tecnologías energéticas limpias, así como de competir en los mercados de la tecnología energética, con el objetivo general de aportar beneficios a la economía y a los ciudadanos de la UE.

La competitividad no puede ser captada por un único indicador²⁰. Por tanto, el presente informe propone un conjunto de indicadores ampliamente aceptados que pueden utilizarse para este fin (véase el cuadro 1) y que abarcan todo el sistema energético (generación, transporte y consumo), analizados en tres niveles (tecnología, cadena de valor y mercado mundial).

Cuadro 1: Indicadores para el seguimiento de los avances en la competitividad

Competitividad de la industria de la energía limpia de la UE		
1. Análisis de tecnologías: situación actual y perspectivas	2. Análisis de la cadena de valor del sector de la tecnología energética	3. Análisis del mercado mundial
Capacidad instalada, generación (hoy y en 2050)	Volumen de negocios	Comercio (importaciones, exportaciones)
Coste / Coste normalizado de la energía (hoy y en 2050)	Crecimiento del valor añadido bruto Anual, cambio en porcentaje	Líderes del mercado mundial frente a líderes del mercado de la UE (cuota de mercado)
Financiación pública de I+i	Número de empresas en la cadena de suministro, incluidos líderes del mercado de la UE	Eficiencia y dependencia de los recursos
Financiación privada de I+i	Empleo	Coste energético unitario real
Tendencias sobre patentes	Intensidad energética / productividad laboral	
Nivel de publicaciones científicas	Producción comunitaria²¹ Valores de producción anual	

El análisis de la competitividad del sector de las energías limpias puede seguir desarrollándose y profundizándose con el tiempo, y los futuros informes sobre competitividad podrán centrarse en aspectos diferentes. Por ejemplo, examinando con más detalle las políticas y los instrumentos destinados a apoyar la investigación e innovación (I+i) y la competitividad a nivel de cada Estado miembro, y la manera en que estos contribuyen a la consecución de los objetivos de la Unión de la Energía y del Pacto

¹⁹ En el presente informe y en el documento de trabajo de los servicios de la Comisión, se consideran energías limpias todas aquellas tecnologías energéticas incluidas en la Estrategia a largo plazo de la UE para la consecución de la neutralidad climática en 2050.

²⁰ Según las conclusiones del Consejo de Competitividad (28 de julio de 2020).

²¹ Este término proviene de *Production Communautaire* (conjunto de datos PRODCOM).

Verde Europeo, atendiendo a la competitividad a nivel de subsector²², nacional o regional, o analizando las sinergias y los equilibrios con las repercusiones medioambientales y sociales, en consonancia con los objetivos del Pacto Verde Europeo.

Dada la falta de datos para una amplia variedad de indicadores de competitividad²³²⁴, se han utilizado algunas aproximaciones de carácter más indirecto (p. ej., el nivel de inversión). La Comisión insta a los Estados miembros y a las partes interesadas a trabajar juntos en el marco de los planes nacionales integrados de energía y clima (PNEC)²⁵ y del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética para seguir desarrollando un planteamiento común en lo que respecta a la evaluación y el impulso de la competitividad de la Unión de la Energía. Esto también reviste importancia para los planes nacionales de recuperación y resiliencia que se elaborarán en virtud del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.

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

2.1 Tendencias energéticas y de recursos

Durante el período 2005-2018, la intensidad energética primaria de la UE disminuyó a una tasa media anual de casi el 2 %, lo que pone de manifiesto la desvinculación de la demanda energética respecto al crecimiento económico. La intensidad energética final en la industria y la construcción siguió la misma tendencia, aunque a una tasa media anual ligeramente más lenta del 1,8 %, lo que refleja los esfuerzos del sector por reducir su huella energética. Gracias a la política energética, el porcentaje de energías renovables en el consumo de energía final subió del 10 % hasta acercarse al objetivo para 2020 del 20 %. La cuota de energías renovables en el sector de la electricidad ascendió hasta algo más del 32 %. Aumentó hasta algo por encima del 21 % en el sector de la calefacción y la refrigeración, mientras que la cifra para el sector del transporte se situó ligeramente por encima del 8 %. Esto demuestra que el sistema energético se ha ido desplazando gradualmente hacia las tecnologías energéticas limpias (véase el gráfico 1).

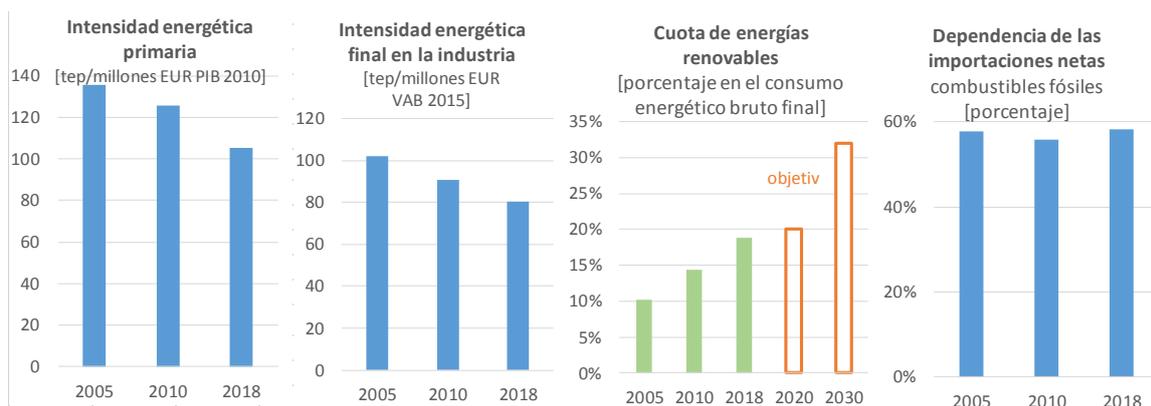
²² Por ejemplo, el alcance y el papel de modelos de negocio alternativos, así como el papel desempeñado por las pymes y los agentes locales.

²³ Para obtener una visión general de las definiciones de competitividad, remítase a Asensio Bermejo, J.M., Georgakaki, A., *Competitiveness indicators for the low-carbon energy industries - definitions, indices and data sources* (Indicadores de competitividad para las industrias de las energías de bajas emisiones de carbono: definiciones, índices y fuentes de datos), 2020 (JRC116838).

²⁴ Para obtener una perspectiva general de los datos que faltan, véase el documento CETTIR [SWD(2020) 953], capítulo 5.

²⁵ El presente informe se basa en la evaluación y las orientaciones específicas para cada país de los PNEC (COM/2020/564 final), que incluyen el tema de «investigación, innovación y competitividad», y complementa esas orientaciones.

Gráfico 1: Intensidad energética primaria, intensidad energética final en la industria, cuota y objetivos de energías renovables y dependencia de las importaciones netas (combustibles fósiles) en la UE26



Fuente 1: EUROSTAT

A lo largo de la última década, los precios de la electricidad industrial en la UE27 se han mantenido relativamente estables y son en este momento inferiores a los de Japón, pero duplican a los de los Estados Unidos y son superiores a los de la mayoría de los países del Grupo de los Veinte (G-20) no pertenecientes a la UE. Aunque los precios del gas para usuarios industriales²⁸ han descendido y son inferiores a los de Japón, China y Corea, siguen siendo superiores a los de la mayoría de los países del G-20 no pertenecientes a la UE. Los impuestos y gravámenes no reembolsables relativamente altos en la UE y la regulación de los precios o las subvenciones en los países del G-20 no pertenecientes a la UE desempeñan un papel importante en esta diferencia.

A pesar de la mejora a corto plazo y la reducción de la dependencia de las importaciones de energía entre 2008 y 2013, la UE ha registrado un aumento desde entonces²⁹. En 2018, la dependencia de las importaciones netas fue del 58,2 %, solo un poco por encima de los niveles de 2005 y casi igual a los valores más elevados registrados durante ese período. La eficiencia de los recursos y la resiliencia económica resultan fundamentales para ser competitivos y reforzar la autonomía estratégica abierta³⁰ de la UE en el mercado de las tecnologías energéticas limpias. Mientras que las tecnologías energéticas limpias reducen la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, corren el riesgo de sustituirla por una dependencia de las materias primas. Esto crea un nuevo tipo de riesgo de suministro³¹. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre con los combustibles fósiles, las materias primas tienen el potencial de permanecer en la economía mediante la aplicación de enfoques de economía circular³², como cadenas de valor ampliadas, reciclado, reutilización y diseño para la circularidad, lo que influye en los gastos de capital y reduce la necesidad energética para la extracción y transformación

²⁶ Indicadores de la Unión de la Energía EE1-A1, EE3, DE5-RES y SoS1.

²⁷ Media ponderada de la UE [véase COM(2020) 951].

²⁸ Media ponderada de la UE [véase COM(2020) 951].

²⁹ Algunas razones plausibles para ello son el agotamiento de las fuentes de gas de la UE, la variabilidad meteorológica, las crisis económicas y el cambio de combustibles.

³⁰ COM(2020) 562 final.

³¹ COM(2020) 474 final y *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study* (Materias primas fundamentales para tecnologías y sectores estratégicos en la UE: estudio de prospectiva), <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>.

³² El Plan de Acción de la UE para la Economía Circular se centra en la creación de un mercado de materias primas secundarias y el diseño de cara a la circularidad [COM(2015) 0614 final y COM(2020) 98 final].

de materiales vírgenes, pero no los gastos operativos de la producción energética. La UE depende en gran medida de terceros países en lo referente a materias primas y materiales procesados. No obstante, en lo que respecta a algunas tecnologías, ocupa una posición dominante en la fabricación de componentes y productos acabados, o de componentes de alta tecnología. Materiales específicos, a menudo de alta tecnología, presentan altas concentraciones de suministro en unos cuantos países (por ejemplo, China produce más del 80 % de los elementos de tierras raras disponibles para los generadores de imanes permanentes)³³.

2.2 Porcentaje del sector energético de la UE en el PIB de la UE

El volumen de negocios del sector energético de la UE³⁴ fue de 1,8 billones EUR en 2018, casi el mismo nivel que en 2011 (1,9 billones EUR). El sector aporta un 2 % del valor añadido bruto total de la economía, una cifra que se ha mantenido bastante estable desde 2011. El volumen de negocios del sector de los combustibles fósiles disminuyó desde el 36 % (702 000 millones EUR) del volumen de negocios general del sector energético en 2011 hasta el 26 % (475 000 millones EUR) en 2018. Al mismo tiempo, el volumen de negocios de las energías renovables aumentó durante el mismo período de 127 000 millones EUR a 146 000 millones EUR³⁵.³⁶ El valor añadido del sector de las energías limpias (112 000 millones EUR en 2017) fue más del doble del de las actividades de extracción y fabricación de combustibles fósiles (53 000 millones EUR), y se ha triplicado desde 2000. Por tanto, el sector de las energías limpias genera más valor añadido que se queda en Europa que el sector de los combustibles fósiles.

Durante el período 2000-2017, el crecimiento anual del valor añadido bruto de la producción de energías renovables alcanzó un promedio del 9,4 %, mientras que el de las actividades de eficiencia energética se situó en un promedio del 22,3 %, que superó con creces al resto de la economía (1,6 %). La productividad laboral de la UE (valor añadido bruto por empleado) también ha mejorado considerablemente en el sector de las energías limpias, especialmente en el sector de la producción de energías renovables, en el que ha aumentado un 70 % desde 2000.

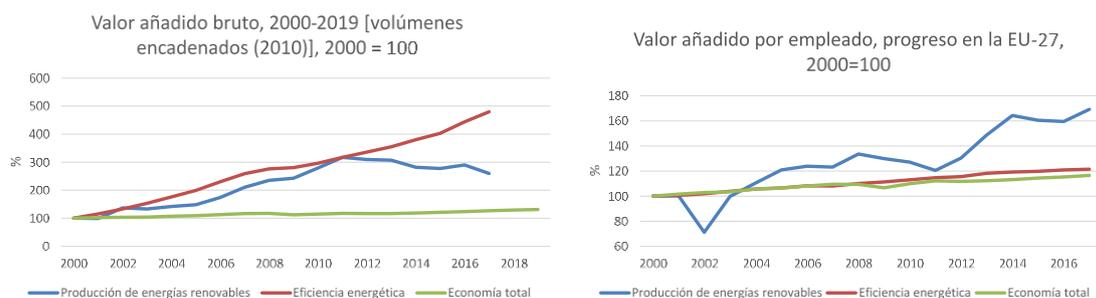
33 D. T. Blagoeva, P. Alves Dias, A. Marmier, C.C. Pavel (2016): *Assessment of potential bottlenecks along the materials supply chain for the future deployment of low-carbon energy and transport technologies in the EU. Wind power, photovoltaic and electric vehicles technologies, time frame: 2015-2030* (Evaluación de los posibles cuellos de botella a lo largo de la cadena de suministro de materiales para el futuro despliegue de las tecnologías energéticas y de transporte de bajo nivel de emisiones de carbono en la UE. Tecnologías de la energía eólica, fotovoltaicas y de los vehículos eléctricos, período: 2015-2030); EUR 28192 EN; doi:10.2790/08169.

34 Este dato se basa en la «Encuesta sobre estadísticas estructurales de las empresas» de Eurostat. Se incluyen los siguientes códigos: B05 (minería de carbón y lignito), B06 (extracción de petróleo crudo y gas natural), B07.21 (minería de uranio y torio), B08.92 (extracción de turba), B09.1 (actividades de apoyo a la extracción de petróleo y gas natural), C19 (fabricación de coque y productos petrolíferos refinados) y D35 (suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado).

35 Eurostat [sbs_na_ind_r2].

36 EurObservER.

Gráfico 2: Valor añadido bruto y valor añadido por empleado, 2000-2019, 2000 = 100



Fuente 2: Centro Común de Investigación (JRC) a partir de datos de Eurostat: [env_ac_egss1], [nama_10_a10_e], [env_ac_egss2], [nama_10_gdp].

2.3 Capital humano

Las tecnologías y las soluciones energéticas limpias proporcionan empleo directo a tiempo completo a 1,5 millones de personas en Europa³⁷, de las cuales más de medio millón³⁸ trabajan en las energías renovables (cifra que asciende a 1,5 millones si se incluyen también los empleos indirectos) y casi un millón, en actividades relativas a la eficiencia energética (en 2017)³⁹. Los empleos directos en el sector de la producción de energías renovables de la UE aumentaron de 327 000 en 2000 a 861 000 en 2011, para después caer a 502 000 en 2017. Tal como muestra el gráfico 3, se produjo un descenso después de 2014, probablemente debido a los efectos de la crisis financiera, incluida la

³⁷ A fin de ofrecer una mejor perspectiva, el empleo directo en la extracción y la fabricación de combustibles fósiles (NACE B05, B06, B08.92, B09.1, C19) fue de 328 000 en la Europa de los Veintisiete en 2018, mientras que se situó en 1,2 millones en el sector de la electricidad, el gas, el vapor y el aire acondicionado (NACE D35), que suministra electricidad procedente tanto de fuentes de energía renovables como de fuentes de energía fósiles. La cifra total para el sector energético en su conjunto se ha mantenido bastante estable, a pesar de que el empleo en la minería de carbón y lignito ha descendido en alrededor de 80 000 y en alrededor de 30 000 en el sector de la extracción de petróleo crudo y gas natural. Véase: JRC120302, *Employment in the Energy Sector Status Report 2020* (Informe de situación del empleo en el sector de la energía 2020), EUR 30186 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2020.

³⁸ Si se tienen también en cuenta los empleos indirectos, el sector de las energías renovables emplea a casi 1,4 millones de personas en la Europa de los Veintisiete, según EurObserv'ER. EurObserv'ER incluye en su estimación el empleo tanto directo como indirecto. El empleo directo incluye la fabricación de equipos de energías renovables, la construcción de plantas de energía renovable, la ingeniería y la gestión, la operación y el mantenimiento, y el suministro y la explotación de biomasa. El empleo indirecto hace referencia a las actividades secundarias, como el transporte y otros servicios. El empleo inducido queda fuera del ámbito de este análisis. EurObserv'ER utiliza un modelo formalizado para evaluar el empleo y el volumen de negocios.

³⁹ Los datos de «sector de bienes y servicios medioambientales» (EGSS, por sus siglas en inglés) de Eurostat se estiman combinando datos de distintas fuentes (SBS, PRODCOM, Cuentas Nacionales). En el EGSS se notifica información sobre la producción de bienes y servicios que han sido diseñados y producidos específicamente con la finalidad de proteger el medio ambiente o gestionar los recursos. La unidad de análisis del EGSS es el establecimiento. El establecimiento es una empresa o parte de una empresa que está situada en un único emplazamiento y en la que se lleva a cabo una única actividad o en la que la principal actividad productiva representa la mayor parte del valor añadido. También se le da seguimiento en todos los códigos NACE. Utilizamos los códigos CREMA 13A «Producción de energía a partir de fuentes renovables» y CREMA 13B «Ahorro y gestión del calor y de la energía».

⁴⁰ Este descenso se debe probablemente a los efectos de la crisis financiera, incluida la consiguiente deslocalización de las capacidades de fabricación, así como a un aumento de la productividad y una bajada de la intensidad del empleo (Fuentes: JRC120302 Informe de situación del empleo en el sector de la energía, 2020). El descenso fue encabezado por la energía solar fotovoltaica y la energía geotérmica en menor medida. El efecto de la crisis se notó en el descenso del número de instalaciones de energía solar fotovoltaica y la deslocalización de la producción a Asia. En cuanto al sector de la energía eólica terrestre y marina, se observa particularmente un aumento de la productividad y una disminución de la intensidad del empleo. La comparación del empleo directo con la capacidad instalada acumulada a lo largo de la última década revela un descenso del 47 % y del 59 % en el empleo específico del sector de la energía eólica terrestre y marina, respectivamente [fuentes: GWEC 2020, *Global Offshore Wind Report* (Informe global sobre energía eólica marina), 2020; WindEurope 2020, *Update of*

consiguiente deslocalización de las capacidades de fabricación, así como a un aumento de la productividad y una bajada de la intensidad del empleo. El número de empleos directos en el ámbito de la eficiencia energética registró un aumento constante de 244 000 en 2000 a 964 000 en 2017. Los empleos directos en estos sectores (energías renovables y eficiencia energética) representan alrededor del 0,7 % del empleo total en la UE⁴¹, pero su crecimiento ha superado al del resto de la economía, con un crecimiento medio anual del 3,1 % y del 17,4 %, respectivamente⁴².

Gráfico 3: Empleo directo en el sector de las energías limpias en comparación con el resto de la economía durante el período 2000-2018, 2000 = 100, y empleo en energías renovables por tecnología, 2015-2018



Fuente 3: (JRC a partir de datos de Eurostat [env_ac_egss1], [nama_10_a10_e]⁴³ y EurObserv'ER).

La tendencia creciente del empleo en el sector de las energías limpias es global, aunque las tecnologías que ofrecen más oportunidades de empleo varían según la región. En términos generales, se han creado puestos de trabajo principalmente en los sectores de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica. China, que abarca casi el 40 % de los empleos a nivel mundial en las energías renovables, ofrece puestos de trabajo principalmente en la energía solar fotovoltaica, la calefacción y la refrigeración solar y la energía eólica; en Brasil, el empleo se concentra en el sector de la bioenergía; y la UE emplea a más personas en la bioenergía (alrededor de la mitad de los empleos en el sector de las energías renovables) y en la energía eólica (alrededor de una cuarta parte), véase el gráfico 4.

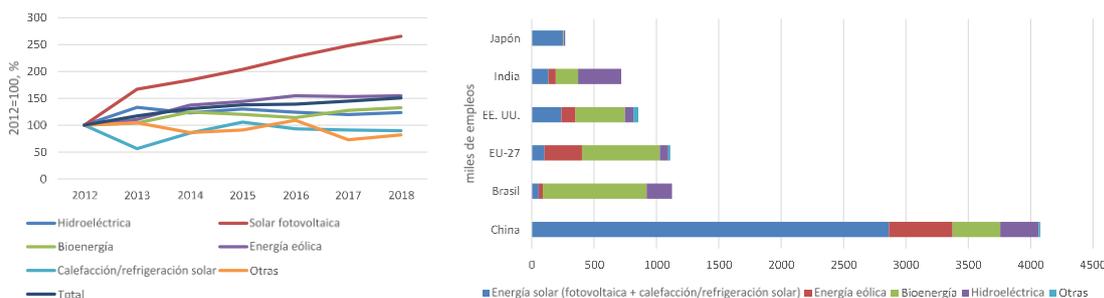
employment figures based on WindEurope (Actualización de las cifras de empleo basadas en WindEurope), Local Impact GI]. Según datos de EurObserv'ER, la intensidad del empleo (puestos de trabajo/MW) cayó en un 19 % en el sector de la energía eólica y en un 14 % en el de la energía solar fotovoltaica durante el período 2015-2018. La dinámica en el sector de la eficiencia energética es distinta (p. ej., el ahorro energético y la eficiencia energética tienen una repercusión positiva directa gracias a la reducción de costes) y el aumento de los puestos de trabajo en el sector de la eficiencia energética puede explicarse en parte por el fuerte crecimiento del empleo en el sector de las bombas de calor desde 2012 (EurObserv'ER). En términos generales, a partir de los datos de EurObserv'ER, que abarcan tanto el empleo directo como indirecto, puede observarse una tendencia al alza del empleo en las energías renovables en la Europa de los Veintisiete.

⁴¹ Eurostat, sector de bienes y servicios medioambientales.

⁴² Para el resto de la economía, el crecimiento medio anual ha sido del 0,5 %.

⁴³ La producción de energías renovables se refiere al código EGSS de Eurostat CREMA13A y las actividades de eficiencia energética al CREMA13B.

Gráfico 4: Empleo a nivel mundial en las tecnologías de las energías renovables (2012-2018)⁴⁴



Fuente 4: (JRC basado en la IRENA, 2019⁴⁵)

El sector de la tecnología energética limpia sigue afrontando retos, en particular la disponibilidad de trabajadores cualificados en los lugares donde se les necesita^{46,47}. Las capacidades en cuestión incluyen, en particular, conocimientos de ingeniería y técnicos, competencias informáticas y capacidad para utilizar las nuevas tecnologías digitales, conocimientos sobre aspectos sanitarios y de seguridad, competencias especializadas para el desempeño del trabajo en ubicaciones físicas extremas (por ejemplo en alturas o profundidades), así como aptitudes interpersonales como el trabajo en equipo y la comunicación, y conocimiento del inglés.

En lo que respecta al género, las mujeres representaron una media del 32 % de la mano de obra del sector de las energías renovables en 2019⁴⁸. Esta cifra es superior a la del sector de la energía tradicional (25 %⁴⁹), pero inferior a la proporción con respecto al conjunto de la economía (46,1 %⁵⁰) y, además, el equilibrio entre mujeres y hombres difiere en mayor medida en determinados perfiles de empleo.

2.4 Tendencias en materia de investigación e innovación

En los últimos años, la UE ha invertido una media de casi 20 000 millones EUR al año en investigación e innovación (I+i) en materia de energías limpias, debido a la prioridad concedida por la Unión de la Energía^{51,52}. Los fondos de la UE aportan un 6 %, la

⁴⁴ Las cifras de empleo por país corresponden a 2017.

⁴⁵ IRENA. 2019. *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2019* (Energías renovables y empleo: Informe anual 2019).

⁴⁶ *Strategy baseline to bridge the skills gap between training offers and industry demands of the Maritime Technologies value chain* (Estrategia de referencia para salvar la brecha de capacidades entre las ofertas de formación y las demandas de la industria de la cadena de valor de las tecnologías marítimas), septiembre de 2019, proyecto MATES. <https://www.projectmates.eu/wp-content/uploads/2019/07/MATES-Strategy-Report-September-2019.pdf>.

⁴⁷ Alves Dias y cols. 2018. *EU coal regions: opportunities and challenges ahead* (Regiones mineras de carbón de la UE: oportunidades y retos por delante). <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/eu-coal-regions-opportunities-and-challenges-ahead>.

⁴⁸ IRENA 2019: <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/Renewable-Energy-A-Gender-Perspective>.

⁴⁹ Eurostat (2019), extraído de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/equality/overview>.

⁵⁰ Eurostat [Ifsa_egan2], 2019.

⁵¹ COM(2015)80; energías renovables, sistemas inteligentes, sistemas eficientes, transporte sostenible, captura, almacenamiento y utilización de carbono y seguridad nuclear.

⁵² SETIS del JRC <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-innovation-data/>;

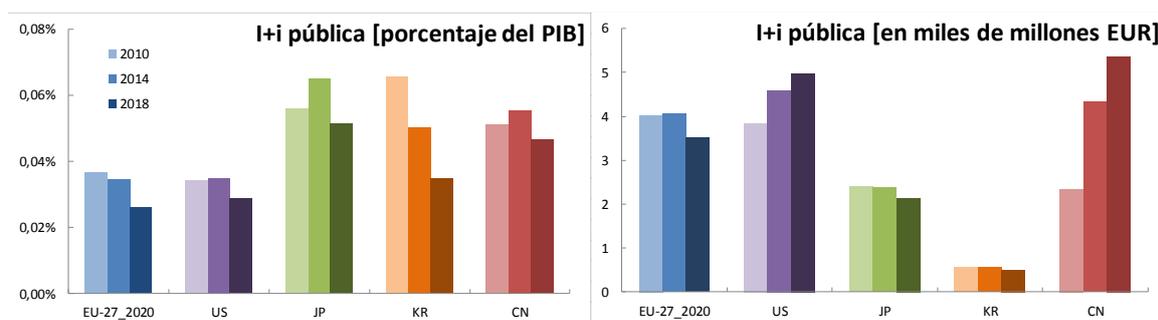
JRC112127 Pasimeni, F.; Fiorini, A.; Georgakaki, A.; Marmier, A.; Jimenez Navarro, J. P.; Asensio Bermejo, J. M. (2018): SETIS Research & Innovation country dashboards. Comisión Europea, Centro Común de Investigación (JRC) [Conjunto de datos] PID: <http://data.europa.eu/89h/jrc-10115-10001>, de acuerdo con:

JRC Fiorini, A., Georgakaki, A., Pasimeni, F. y Tzimas, E., *Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies* (Seguimiento de la I+i en tecnologías de la energía de bajas emisiones de carbono), EUR 28446 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2017.

financiación pública de los gobiernos nacionales representa el 17 % y se estima que las empresas contribuyen con un 77 %.

El presupuesto de I+i asignado a la energía en la UE representa el 4,7 % del gasto total en I+i⁵³. En términos absolutos, sin embargo, los Estados miembros han reducido sus presupuestos nacionales de I+i destinados a las energías limpias (gráfico 5); en 2018, la UE gastó 500 000 millones EUR menos que en 2010. Esta tendencia es global. El gasto en I+i del sector público destinado a las tecnologías de la energía de bajas emisiones de carbono fue menor en 2019 que en 2012, mientras que los países siguen asignando grandes cantidades de financiación de I+i a los combustibles fósiles⁵⁴. Esto es justo lo contrario de lo que se necesita: si la UE y el mundo quieren cumplir sus compromisos de descarbonización, deben aumentar las inversiones en I+i destinadas a las energías limpias. Actualmente, la UE tiene la menor tasa de inversión de todas las grandes economías mundiales, calculada como porcentaje del PIB (gráfico 5). Los fondos de investigación de la UE han contribuido con una mayor proporción de financiación pública y han sido esenciales para mantener los niveles de inversión en investigación e innovación a lo largo de los últimos cuatro años.

Gráfico 5: Financiación pública de I+i para las prioridades de I+i de la Unión de la Energía⁵⁵



Fuente 5: JRC⁴⁹ basado en la AIE⁵⁶ y MI⁵⁷.

En el sector privado, solo se está gastando actualmente una pequeña parte de los ingresos en I+i en los sectores que tienen mayor necesidad de adoptar tecnologías de bajas emisiones de carbono a gran escala⁵¹. La UE ha estimado que la inversión privada en las prioridades de I+i de la Unión de la Energía se ha ido reduciendo: actualmente, asciende a alrededor del 10 % del gasto total de las empresas en I+i⁵⁸. Esto es superior a los

JRC117092 Pasimeni, F., Letout, S., Fiorini, A., Georgakaki, A., *Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies, Revised methodology and additional indicators* (Seguimiento de la I+i en tecnologías de la energía de bajas emisiones de carbono, Metodología revisada e indicadores adicionales), 2020 (de próxima publicación).

53 Eurostat, Créditos presupuestarios públicos para I+D totales (GBAORD) según nomenclatura NABS 2007 objetivos socioeconómicos [gba_nabsfin07]. El objetivo socioeconómico de energía incluye la I+i en el ámbito de la energía tradicional. Las prioridades de I+i de la Unión de la Energía también podrían corresponderse con otros objetivos socioeconómicos.

54 Perspectivas sobre Tecnología Energética de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation/global-status-of-clean-energy-innovation-in-2020#government-rd-funding>.

55 No se incluyen los fondos de la UE.

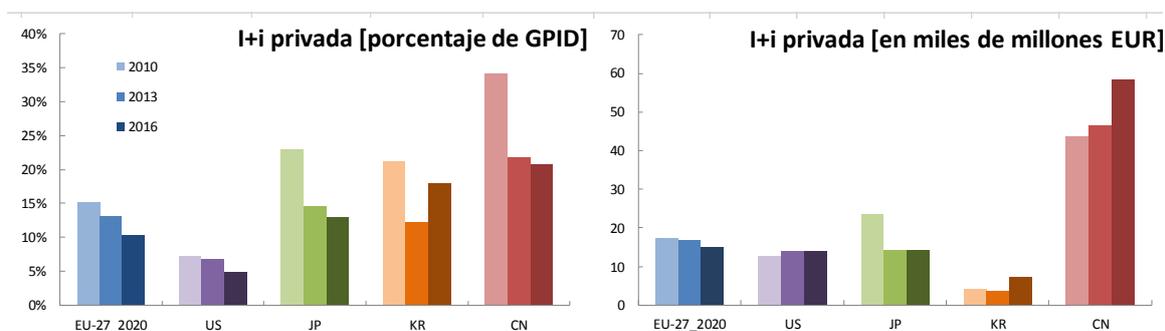
56 Adaptado de la edición de 2020 de la base de datos de presupuestos para I+D+i en tecnología energética de la AIE.

57 «Tracking Progress» de Mission Innovation <http://mission-innovation.net/our-work/tracking-progress/>.

58 Contrastado con estadísticas de GPID: Eurostat/OCDE, Gastos del Sector Privado en Investigación y Desarrollo (GPID) por actividad y fuente de financiación de la nomenclatura NACE Rev. 2 [rd_e_berdfundr2]. El sector de

Estados Unidos y comparable a Japón, pero inferior a China y Corea. Una tercera parte de esta inversión se destina al transporte sostenible, mientras que las energías renovables, los sistemas inteligentes y la eficiencia energética reciben alrededor de una quinta parte cada uno. Aunque la distribución de la I+i privada en la UE no ha cambiado sino ligeramente en los últimos años, se ha producido un cambio más significativo a nivel mundial hacia la eficiencia energética industrial y las tecnologías de consumo inteligentes⁵⁹.

Gráfico 6: Estimaciones sobre financiación privada de I+i destinada a las prioridades de I+i de la Unión de la Energía⁶⁰



Fuente 6: JRC⁴⁹, Eurostat/OCDE⁵⁵

De media, las principales sociedades cotizadas y sus filiales representan entre el 20 y el 25 % de los inversores principales, pero abarcan entre un 60 y un 70 % de la actividad en materia de patentes y las inversiones. En la UE, el sector de la automoción es el mayor inversor privado en I+i en términos absolutos en lo que respecta a las prioridades de I+i de la Unión de la Energía⁶¹, seguido de la biotecnología y los productos farmacéuticos. El gráfico 7 muestra que, entre las industrias energéticas, el sector del petróleo y el gas es el mayor inversor en I+i. Otros sectores energéticos, como las empresas de electricidad o de energías alternativas, cuentan con presupuestos mucho menores para I+i, aunque gastan una mayor parte de los mismos en energías limpias. Resulta preocupante que no se gaste una parte importante del presupuesto privado para I+i en el sector energético en tecnologías energéticas limpias. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), menos del 1 % del gasto de capital total de las empresas de gas y petroleras se ha producido fuera de sus campos principales de actividad, de media⁶²⁶³, y solo un 8 % de sus patentes corresponden a energías limpias⁶⁴.

los servicios públicos incluye los servicios de recogida, tratamiento y abastecimiento de agua; no se dispone de datos de todos los países.

59 JRC118288, aportaciones a Mission Innovation (2019) *Mission Innovation Beyond 2020: challenges and opportunities*. (Mission Innovation después de 2020: retos y oportunidades).

60 Las estimaciones para China son especialmente difíciles e inciertas, habida cuenta de las diferencias en la protección de la propiedad intelectual (véase también <https://chinapower.csis.org/patents/>), y las dificultades que plantean el trazado de las estructuras empresariales (p. ej., empresas con respaldo del Estado) y los informes financieros.

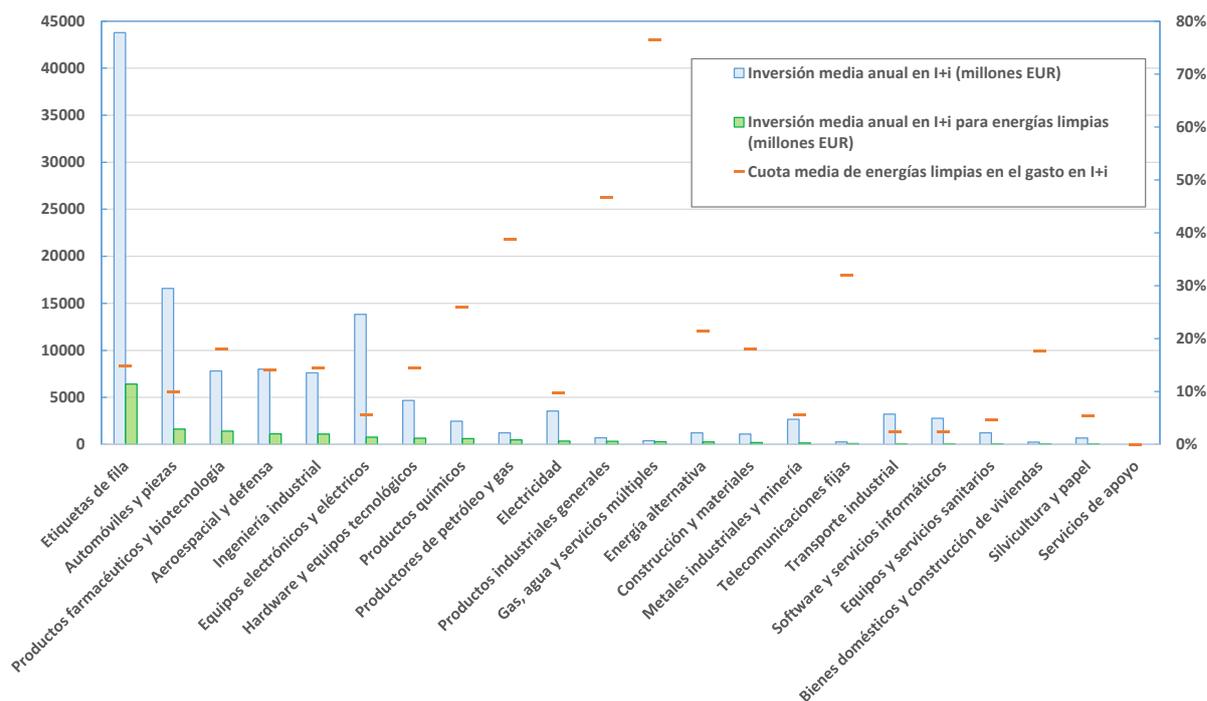
61 Se trata de una definición de lo que incluyen las tecnologías energéticas limpias más amplia que la utilizada en este informe. Por ejemplo, esta definición más amplia incluye la I+i en materia de eficiencia energética en la industria.

62 Aunque algunas empresas líderes concretas gastan alrededor del 5 % en energías limpias.

63 *The oil and gas industry in energy transitions, World Energy Outlook special report* (La industria del petróleo y el gas en las transiciones energéticas, Informe especial sobre perspectivas energéticas mundiales), AIE, enero de 2020, <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions>.

64 *The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices* (La transición energética y las difíciles decisiones de las empresas petroleras) – Oxford Institute for Energy Studies, julio de 2019; Rob West, fundador, asociado de energía e investigación de Thundersaid, OIES y Bassam Fattouh, director, OIES, página 4.

Gráfico 7 :Inversión de la UE en I+i destinada a las prioridades de I+i de la Unión de la Energía, por sector industrial⁶⁵



Fuente 7: JRC⁴⁹

La inversión de capital de riesgo en energías limpias ha ido aumentando en los últimos años, pero sigue siendo baja (solo algo por encima del 6-7 %) en comparación con la inversión en I+i del sector privado. Hasta la fecha, el año 2020 ha venido marcado por una considerable desaceleración mundial de la inversión de capital de riesgo en tecnologías energéticas limpias⁶⁶.

La actividad en materia de patentes en el sector de las tecnologías energéticas limpias⁶⁷ alcanzó su máximo en 2012 y ha ido descendiendo desde entonces⁶⁸. Dentro de esta tendencia, no obstante, determinadas tecnologías con una creciente importancia para la transición a las energías limpias (p. ej., las baterías) han mantenido o incluso aumentado sus niveles de actividad en materia de patentes.

La UE y Japón se sitúan a la cabeza de los competidores internacionales en lo que respecta a patentes de alto valor⁶⁹ sobre tecnologías energéticas limpias. Las patentes de energías limpias representan el 6 % de todas las invenciones de alto valor de la UE. El porcentaje de la UE es similar al de Japón y superior al de China (4 %), los Estados Unidos y el resto del mundo (5 %), y solo se sitúa por detrás del de Corea (7 %) en lo que a economías competidoras se refiere. La UE alberga una cuarta parte de las cien

65 Principales sectores contribuyentes. Media quinquenal (2012-2016) por sector; una tercera parte de las empresas (no cotizadas, inversores menores) no pueden ser asignadas a un sector concreto.

66 JRC⁵² y análisis del JRC basado en datos de Pitchbook y datos de la AIE sobre inversiones de capital de riesgo en energías limpias.

67 Tecnologías energéticas de baja emisión de carbono en virtud de las prioridades de I+i de la Unión de la Energía.

68 A excepción de China, donde las solicitudes locales siguen aumentando, sin solicitar protección internacional. (Véase también: *Are Patents Indicative of Chinese Innovation? (¿Son las patentes indicativas de la innovación china?)* <https://chinapower.csis.org/patents/>).

69 Las familias de patentes de alto valor (invenciones) son aquellas que contienen solicitudes ante más de una oficina, esto es, aquellas que solicitan protección en más de un país/mercado.

empresas líderes en materia de patentes de alto valor sobre energías limpias. La mayoría de las invenciones financiadas por empresas multinacionales con sede en la UE se crean en Europa y, en su mayor parte, por parte de filiales ubicadas en el mismo país⁷⁰. Los Estados Unidos y China son las principales oficinas de propiedad intelectual —y por extensión mercados— a las que se dirigen las solicitudes de protección de las invenciones de la UE.

2.5 Recuperación de la COVID-19⁷¹

Durante la pandemia, el sistema energético europeo ha demostrado ser resistente frente a las perturbaciones derivadas de la misma⁷² y ha surgido una combinación energética más ecológica, con una bajada del 34 % de la generación de energía a base de carbón en la UE y habiendo proporcionado las energías renovables el 43 % de la generación de electricidad en el segundo trimestre de 2020, el porcentaje más alto hasta la fecha⁷³. Al mismo tiempo, parece que los resultados en el mercado de valores del sector de las energías limpias se han visto menos afectados y se han recuperado con mayor rapidez que en los sectores de los combustibles fósiles. La digitalización ha ayudado a las empresas y a las industrias a responder satisfactoriamente a la crisis, además de haber impulsado la aparición de nuevas aplicaciones digitales.

Aunque las cadenas de valor de la energía de la UE se están recuperando, la crisis ha puesto de relieve la cuestión de la optimización y la posible regionalización de las cadenas de suministro, a fin de reducir la exposición a futuras perturbaciones y mejorar la resiliencia. En respuesta a ello, la Comisión se propone identificar las cadenas de suministro esenciales para las tecnologías energéticas, analizar las posibles vulnerabilidades y mejorar su resiliencia⁷⁴. Las principales prioridades energéticas para la recuperación son la eficiencia energética, en particular a través de la oleada de renovación, las fuentes de energía renovables, el hidrógeno y la integración del sistema energético. También es motivo de preocupación que la pandemia pueda estar afectando a las inversiones en I+i y los recursos disponibles para ello, como resultó ser el caso en anteriores crisis económicas.

Las medidas de recuperación pueden beneficiarse del potencial de creación de empleo que ofrecen la eficiencia energética y las energías renovables⁷⁵, incluido el del sector de la I+i, con el fin de promover el empleo a la vez que se avanza hacia la sostenibilidad. El apoyo a las inversiones en I+i, incluida la I+i empresarial, tiene un impacto positivo mayor en el empleo en los sectores de tecnología media-alta, como las tecnologías energéticas limpias⁷⁶. Al mismo tiempo, se necesitan tecnologías innovadoras de bajas

70 La incentivación, el idioma y la proximidad geográfica explican las principales excepciones.

71 Sobre la base del trabajo del JRC en las repercusiones de la COVID-19 en el sistema energético y las cadenas de valor.

72 SWD(2020) 104 - Seguridad energética: Buenas prácticas para hacer frente a los riesgos derivados de una pandemia.

73 Informe trimestral sobre los mercados europeos de la electricidad, volumen 13, segunda edición. https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/market-analysis_en?redir=1.

74 Este análisis se apoya en un estudio que se prevé presentará sus conclusiones en abril de 2021.

75 Se estima que el mismo nivel de gasto generará casi tres veces más empleos que en las industrias de los combustibles fósiles. Fuente: Heidi Garrett-Peltier, *Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model* (Verde contra marrón: comparación de los impactos en el empleo de la eficiencia energética, la energía renovable y los combustibles fósiles utilizando un modelo de insumo-producto.), *Economic Modelling*, volumen 61, 2017, 439-447.

76 Trabajo de la Comisión Europea para «Tracking Progress» de MI: *The Economic Impacts of R&D in the Clean Energy Sector and COVID-19* (Las repercusiones económicas de la I+i en el sector de las energías limpias y la COVID-19), 2020, seminario web de MI, 6 de mayo de 2020.

emisiones de carbono, por ejemplo en las industrias de gran consumo de energía, que requerirán una inversión en I+i más rápida para su demostración e implantación.

3. ENFOQUE EN TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES DE ENERGÍAS LIMPIAS ESENCIALES

En la siguiente sección, se analizan los valores de competitividad más pertinentes para cada una de las seis tecnologías analizadas anteriormente, así como su estado, su cadena de valor y su situación con respecto al mercado mundial, sobre la base de los indicadores que figuran en el cuadro 1. El desempeño de la UE se compara en la medida de lo posible con otras regiones clave (p. ej., los Estados Unidos y Asia). En el informe complementario «Transición hacia una energía limpia: Tecnologías e innovaciones» se establece una evaluación más detallada de otras tecnologías importantes de energías limpias y de bajas emisiones de carbono necesarias para lograr la neutralidad climática⁷⁷.

3.1 Energías renovables marinas: energía eólica

Tecnología: la capacidad instalada acumulada de energía eólica marina en la UE ascendió a 12 GW en 2019⁷⁸. En el horizonte temporal de 2050, los escenarios para la UE prevén alrededor de 300 GW de capacidad de energía eólica marina en la UE⁷⁹. A nivel mundial, los costes han registrado una fuerte caída en los últimos años y la demanda se ha visto estimulada por nuevas licitaciones aplicadas a escala mundial y por la construcción de parques eólicos sin subvenciones. La energía eólica marina se ha beneficiado considerablemente de los avances en la energía eólica terrestre, especialmente en lo que respecta a las economías de escala (p. ej., evolución de los materiales y componentes comunes), lo que ha permitido que las iniciativas se centren en los segmentos más innovadores de la tecnología (como la energía eólica marina flotante y los nuevos materiales y componentes). En proyectos recientes de energía eólica marina se han observado factores de capacidad mucho mayores. La capacidad energética media de las turbinas ha aumentado de 3,7 MW (2015) a 6,3 MW (2018), gracias a los constantes esfuerzos en materia de I+i.

La I+i en energía eólica marina gira principalmente en torno a un mayor tamaño de las turbinas, las aplicaciones flotantes (especialmente el diseño de subestructuras), las evoluciones en las infraestructuras y la digitalización. Alrededor del 90 % de la financiación de la I+i en la UE destinada a la energía eólica proviene del sector privado⁸⁰. A nivel de la UE, se ha respaldado la I+i en el ámbito de la energía eólica desde los años noventa del siglo pasado. La energía eólica marina, en particular la flotante, ha recibido una importante financiación en los últimos años (*Figure 8*). Estas pautas de I+i ponen de relieve que, a través del desarrollo de nuevos segmentos de mercado, la UE podría establecer una ventaja competitiva, por ejemplo, una completa cadena de valor de la energía eólica marina en la UE (ampliada también a las cuencas marítimas de la UE sin explotar), el liderazgo en la industria de la energía eólica marina flotante dirigida a los mercados con aguas más profundas o nuevos conceptos emergentes, por ejemplo, los sistemas eólicos aerotransportados o el desarrollo de una infraestructura portuaria que permita alcanzar los ambiciosos objetivos (y sinergias con

⁷⁷ SWD(2020) 953.

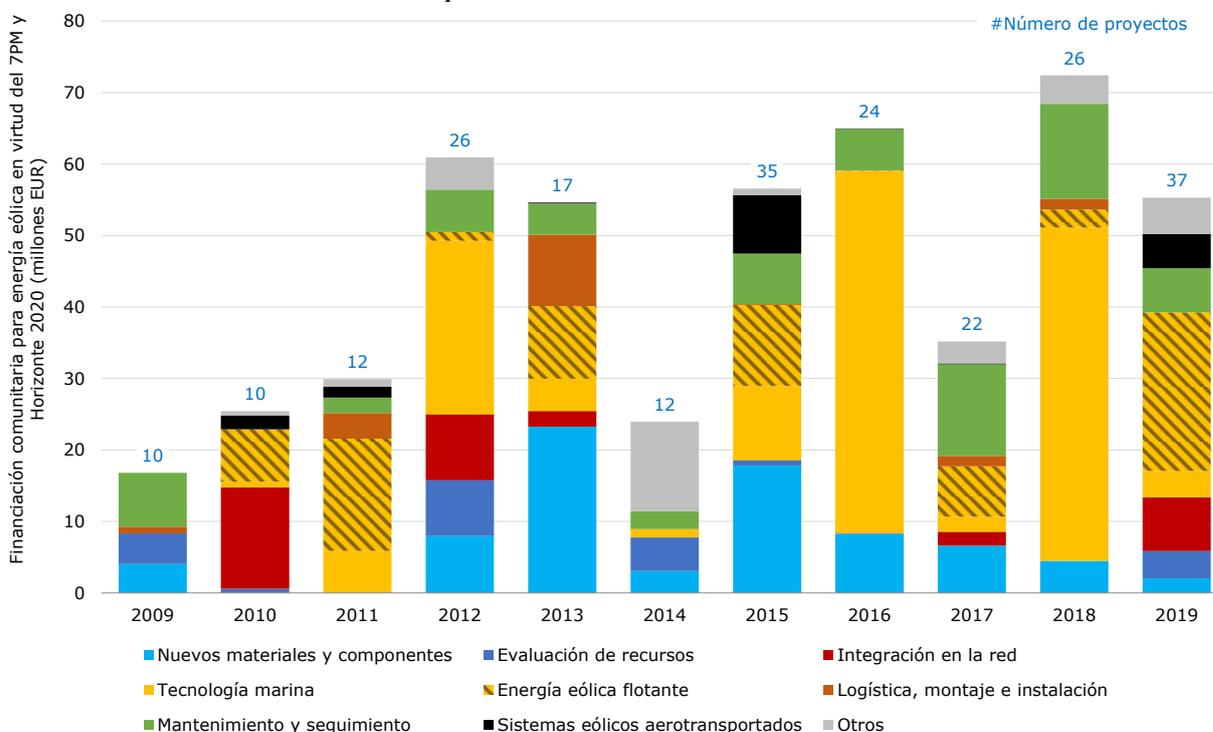
⁷⁸ GWEC, *Global Wind Energy Report 2019* (Informe global sobre energía eólica 2019), 2020.

⁷⁹ Según el escenario CTP-MIX del documento COM(2020) 562 final.

⁸⁰ JRC *Technology Market Report – Wind Energy* (Informe sobre el mercado tecnológico: Energía eólica) (2019).

otros sectores, p. ej., la producción de hidrógeno en los puertos). Las tendencias en materia de patentes confirman la competitividad de Europa en el sector de la energía eólica. Los agentes de la UE lideran las invenciones de alto valor⁸¹ y protegen sus conocimientos en otras oficinas de patentes fuera de su mercado interno.

Gráfico 8: Evolución de la financiación de la CE de I+i, categorizada por prioridades de I+i para el sector de la energía eólica en virtud de del Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (7PM) y Horizonte 2020 y número de proyectos financiados durante el período 2009-2019.



Fuente 8: JRC 202082

Otras innovaciones recientes se centran en la logística/cadena de suministro, por ejemplo, en el desarrollo de engranajes de turbinas eólicas que sean lo suficientemente compactos para caber en un contenedor marítimo estándar⁸³, además de aplicar enfoques de economía circular a lo largo del ciclo de vida de las instalaciones. Otras innovaciones y tendencias para las que se prevé un mayor crecimiento a lo largo de los próximos diez años incluyen los generadores superconductores, materiales avanzados para la torre y el valor añadido de la energía eólica marina (valor de sistema de la energía eólica). El grupo del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (SET) sobre energía eólica marina consideró que la mayoría de estos ámbitos resultan fundamentales para que Europa se mantenga competitiva en el futuro. Actualmente, Europa es líder en todas las

⁸¹ Esto significa que las patentes se protegen en otras oficinas de patentes fuera del país emisor y se refieren a familias de patentes que incluyen solicitudes de patente ante más de una oficina de patentes. Alrededor del 60 % de todas las invenciones de la UE relacionadas con la energía eólica se protegieron en otros países (a título de comparación, solo el 2 % de las invenciones chinas se protegieron en otras oficinas de patentes fuera de China).

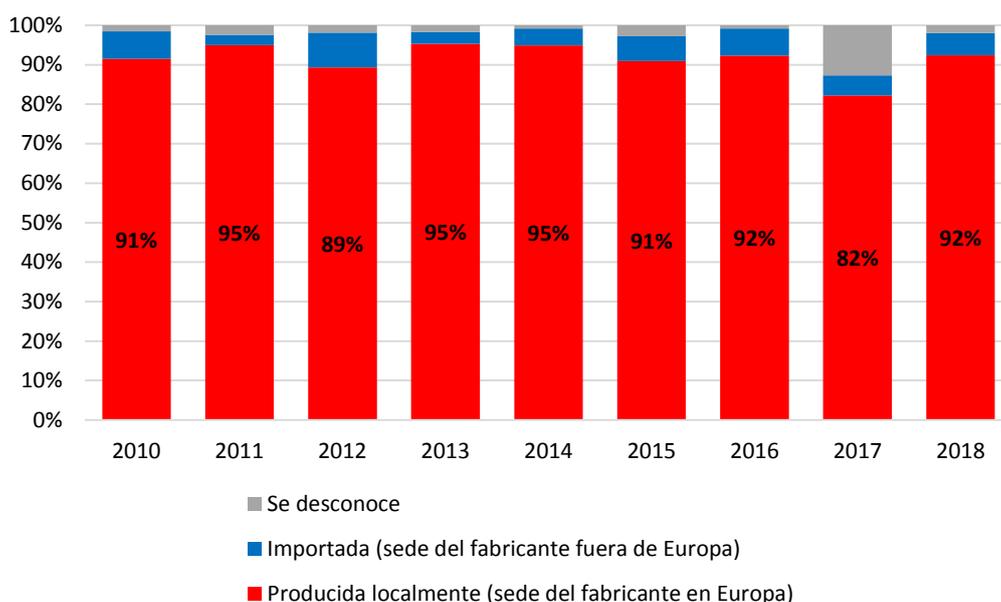
⁸² JRC 2020, Low Carbon Energy Observatory, *Wind Energy: Technology Development Report 2020* (Energía eólica: Informe sobre desarrollo tecnológico 2020), Comisión Europea, 2020, JRC120709.

⁸³ Plan SET, *Offshore Wind Implementation Plan* (Plan de aplicación para la energía eólica marina) (2018).

partes de la cadena de valor de los sistemas de detección y seguimiento para turbinas de energía eólica marina, entre otras cosas, en materia de investigación y producción⁸⁴.

Cadena de valor: en relación con el mercado, las empresas de la UE llevan la delantera a sus competidores en lo que se refiere al suministro de generadores eólicos marinos de todas las gamas de potencia, lo que refleja que el mercado europeo de la energía eólica marina está bien asentado y que las turbinas recientemente instaladas son cada vez de mayor tamaño⁸⁵. En la actualidad, alrededor del 93 % de la capacidad eólica marina total instalada en Europa en 2019 ha sido producida a nivel local por fabricantes europeos (Siemens, Gamesa Renewable Energy, MHI Vestas y Senvion⁸⁶).

Gráfico 9: Capacidad eólica recientemente instalada (terrestre y marina) local en comparación con la importada, asumiendo un mercado único europeo



Fuente 9: JRC 2020⁸⁷

Mercado mundial: la cuota de la UE⁸⁸ en las exportaciones mundiales aumentó de un 28 % en 2016 a un 47 % en 2018 y ocho de los diez exportadores principales a escala mundial fueron países de la UE, con China y la India como principales competidores mundiales. Entre 2009 y 2018, la balanza comercial de la UE⁸⁹ se mantuvo positiva, mostrando una tendencia al alza.

En lo que respecta a las previsiones para los mercados mundiales, dentro de Asia (incluida China), se espera que la capacidad de energía eólica marina alcance alrededor de 95 GW de aquí a 2030 (de una capacidad global prevista de casi 233 GW para el año 2030)⁹⁰. Casi la mitad de la inversión a nivel mundial en energía eólica marina en 2018

⁸⁴ ICF, encargado por la DG Grow – *Climate neutral market opportunities and EU competitiveness study* (Estudio sobre oportunidades de mercado climáticamente neutras y competitividad de la UE) (2020).

⁸⁵ JRC *Technology Market Report – Wind Energy* (Informe sobre el mercado tecnológico: Energía eólica) (2019).

⁸⁶ Cabe esperar una concentración del mercado aún mayor tras la insolvencia de Senvion y el cierre de su planta de fabricación de turbinas Bremerhaven a finales de 2019.

⁸⁷ JRC 2020, *Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe* (Hechos y cifras sobre las fuentes de energías renovables marinas en Europa), JRC121366 (de próxima publicación).

⁸⁸ La UE, incluido el Reino Unido.

⁸⁹ La UE, incluido el Reino Unido.

⁹⁰ GWEC 2020, *Global Offshore Wind Report* (Informe global sobre energía eólica marina), 2020.

se produjo en China⁹¹. En el mismo horizonte temporal de 2030, el escenario CTP-MIX prevé 73 GW de capacidad de energía eólica marina en la UE. Actualmente, los PNEC prevén 55 GW de capacidad de energía eólica marina para el año 2030.

Parece que las aplicaciones flotantes se están convirtiendo en una opción viable para los países y regiones de la UE que carecen de aguas de menor profundidad (parques eólicos flotantes para profundidades de entre cincuenta y mil metros) y podrían abrir nuevos mercados establecidos en zonas como el océano Atlántico, el mar Mediterráneo y, posiblemente, el mar Negro. Hay una serie de proyectos previstos o en curso que conducirán a la instalación de 350 MW de capacidad flotante en las aguas europeas para el año 2024. Además, la industria eólica de la UE se propone instalar en las aguas europeas parques eólicos flotantes con 150 GW de capacidad para el año 2050 con miras a lograr la neutralidad climática⁹². El mercado mundial de la energía procedente de parques eólicos flotantes supone una importante oportunidad comercial para las empresas de la UE. De aquí a 2030, se espera un total de alrededor de 6,6 GW procedentes de esta fuente, con capacidades considerables en determinados países asiáticos (Corea del Sur y Japón), además de en los mercados europeos (Francia, Noruega, Italia, Grecia, España) entre 2025 y 2030. Puesto que China cuenta con abundantes recursos eólicos en aguas poco profundas, no se espera que construya parques eólicos flotantes con una capacidad importante a medio plazo⁹³. Las aplicaciones flotantes también pueden reducir los impactos medioambientales submarinos, especialmente durante la fase de construcción.

El sector de la energía eólica marina es una industria competitiva en el mercado mundial. Las nuevas demandas del mercado mundial, como la de energía generada por parques eólicos flotantes, pueden volverse esenciales para que la industria de la UE sea competitiva en la creciente industria de la energía eólica marina y mantenga esa posición. Una consideración primordial es si los Estados miembros se comprometerán con la energía eólica. La actual discrepancia entre la previsión de los PNEC para 2030 (55 GW de energía eólica marina) y el escenario de la UE (73 GW⁹⁴) revela que debe reforzarse la inversión. La repercusión positiva del desarrollo de la energía eólica marina en las cadenas de suministro de las cuencas marítimas resulta pertinente para el desarrollo regional (ubicación de la fabricación, montaje de turbinas cerca del mercado, impacto en la infraestructura portuaria). La estrategia de la energía renovable marina⁹⁵ definirá un conjunto de medidas para superar los retos y fomentar las perspectivas para esta energía.

3.2 Energías renovables marinas: energía oceánica

Tecnología: las tecnologías de la energía mareomotriz y undimotriz son las más avanzadas de las tecnologías de energías oceánicas, con un considerable potencial ubicado en varios Estados miembros y regiones⁹⁶. Se puede considerar que las tecnologías mareomotrices se encuentran en la fase precomercial. La convergencia del diseño ha ayudado a que la tecnología se desarrolle y genere una importante cantidad de electricidad (más de 30 GWh desde 2016⁹⁷). Se han implantado una serie de proyectos y prototipos en toda Europa y a nivel mundial. No obstante, la mayoría de los enfoques

⁹¹ IRENA – El futuro de la energía eólica (2019, p. 52).

⁹² ETIPWind, *Floating Offshore Wind. Delivering climate neutrality* (2020).

⁹³ GWEC 2020, *Global Offshore Wind Report* (Informe global sobre energía eólica marina), 2020.

⁹⁴ El escenario CTP-MIX de COM(2020) 562 final.

⁹⁵ Se espera que sea publicada más adelante en 2020.

⁹⁶ Hay un importante potencial para el desarrollo de la energía mareomotriz en Francia, Irlanda y España, y potencial localizado en otros Estados miembros. En cuanto a la energía undimotriz, existe un gran potencial en el Atlántico, así como potencial localizado en el mar del Norte, el Báltico, el Mediterráneo y el mar Negro.

⁹⁷ *Ofgem Renewable Energy Guarantees Origin Register*. <https://www.renewablesandchp.ofgem.gov.uk/>.

tecnológicos de la energía mareomotriz se encuentran en un nivel de madurez tecnológica 6-7, con especial hincapié en la I+i. La mayoría de las mejoras de los resultados de la energía undimotriz se derivan de proyectos en curso en la UE. A lo largo de los últimos cinco años, el sector ha demostrado ser resiliente⁹⁸ y se han conseguido importantes avances tecnológicos gracias a la exitosa implantación de parques de demostración y primeros en su género⁹⁹.

Los escenarios a largo plazo prevén una adopción limitada de las tecnologías de energía oceánica. El elevado coste de los convertidores de energía undimotriz y mareomotriz y la escasa información disponible sobre el rendimiento limitan la captación de la energía oceánica en el modelo¹⁰⁰. Al mismo tiempo, el Pacto Verde Europeo hace hincapié en el papel fundamental que desempeñará la energía renovable marina en la transición hacia una economía climáticamente neutra y prevé una considerable contribución en las condiciones adecuadas de mercado y políticas (2,6 GW para el año 2030¹⁰¹ y 100 GW en las aguas europeas para el año 2050¹⁰²). Las demostraciones en curso revelan que los costes pueden reducirse con rapidez: los datos procedentes de los proyectos Horizonte 2020 indican que el coste de la energía mareomotriz disminuyó en más del 40 % entre 2015 y 2018¹⁰³¹⁰⁴.

Cadena de valor: el liderazgo europeo abarca todo el sistema de cadena de suministro¹⁰⁵ e innovación¹⁰⁶ de la energía oceánica. El clúster europeo formado por institutos de investigación especializados, desarrolladores y la disponibilidad de una infraestructura de investigación ha permitido a Europa desarrollar y mantener su actual posición competitiva.

Mercado mundial: la UE conserva su liderazgo mundial a pesar de la retirada del Reino Unido del bloque y los cambios que se han producido en el mercado tecnológico de las energías undimotriz y mareomotriz. El 70 % de la capacidad de energía oceánica a nivel mundial ha sido desarrollada por empresas establecidas en la UE¹⁰⁷. Durante la próxima década, será fundamental que los agentes responsables del desarrollo en la UE sigan trabajando en su posición competitiva. Se espera que la capacidad de energía oceánica

98 Comisión Europea (2017): *Study on Lessons for Ocean Energy Development* (Estudio sobre la experiencia adquirida para el desarrollo de la energía oceánica), EUR 27984.

99 Magagna & Uihlein (2015): *2014 JRC Ocean Energy Status Report* (Informe de situación de la energía oceánica del JRC de 2014).

100 En los próximos años, se espera que los resultados de la modelización energética de la UE reflejen la validación y la reducción de los costes de estas tecnologías.

101 Comisión Europea (2018): *Market study on ocean energy* (Estudio de mercado sobre energía oceánica). 2,2 GW de corriente de marea y 423 MW de energía undimotriz.

102 Comisión Europea (2017): Hoja de ruta estratégica de la energía oceánica: construir energía oceánica para Europa.

103 JRC (2019): *Technology Development Report LCEO: Ocean Energy* (Informe sobre desarrollo tecnológico del LCEO: Energía oceánica).

104 Asimismo, la I+i en los ámbitos de los materiales avanzados e híbridos, los nuevos procesos de fabricación y la fabricación aditiva a través de innovadoras tecnologías 3D podría propiciar una aún mayor reducción de los costes. También podría ayudar a reducir el consumo de energía, acortar los plazos de comercialización y mejorar la calidad asociada a la producción de grandes piezas de fundición.

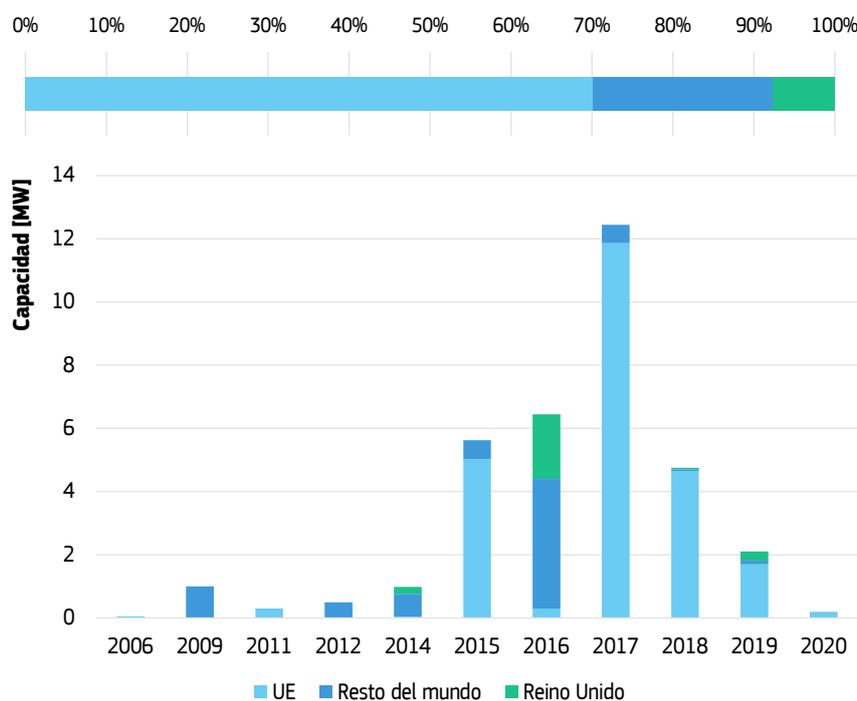
105 JRC (2017): *Supply chain of renewable energy technologies in Europe* (Cadena de suministro de tecnologías de energías renovables en Europa).

106 JRC (2014): *Overview of European innovation activities in marine energy technology* (Consideraciones generales sobre las actividades europeas de innovación en materia de tecnologías de energía marina).

107 JRC (2020): *Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe* (Hechos y cifras sobre las fuentes de energías renovables marinas en Europa), JRC121366 (de próxima publicación).

mundial aumente a los 3,5 GW en el plazo de los próximos cinco años y puede esperarse un aumento hasta los 10 GW de aquí a 2030¹⁰⁸.

Gráfico 10: Capacidad instalada según el origen de la tecnología



Fuente 10: JRC 2020¹⁰⁹

Dentro de la UE¹¹⁰, hay 838 empresas de veintiséis países que registraron patentes o participaron en la presentación de solicitudes de patente en relación con la energía oceánica entre 2000 y 2015¹¹¹. La UE ha mantenido desde hace tiempo un liderazgo tecnológico en el desarrollo de tecnologías de energía oceánica, gracias al constante apoyo brindado por la I+i. Entre 2007 y 2019, el gasto total de I+i en energía undimotriz y mareomotriz ascendió a 3 840 millones EUR, la mayoría de los cuales (2 740 millones EUR) procedían de fuentes privadas. Durante el mismo período, los programas nacionales de I+i aportaron 463 millones EUR al desarrollo de la energía undimotriz y mareomotriz, mientras que los fondos de la UE respaldaron la I+i con casi 650 millones EUR [incluidos los proyectos NER300 e Interreg (cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional)]¹¹². De media, 1 000 millones EUR de financiación pública (de la UE¹¹³ y nacional) movilizaron 2 900 millones EUR de inversión privada durante el período que nos ocupa.

Todavía se necesita una considerable reducción de los costes para que las tecnologías de la energía mareomotriz y undimotriz puedan aprovechar su potencial en la combinación

¹⁰⁸ EURActive (2020) <https://www.euractiv.com/section/energy/interview/irena-chief-europe-is-the-frontrunner-on-tidal-and-wave-energy/>.

¹⁰⁹ JRC (2020): *Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe* (Hechos y cifras sobre las fuentes de energías renovables marinas en Europa), JRC121366 (de próxima publicación).

¹¹⁰ La UE, incluido el Reino Unido.

¹¹¹ JRC (2020): *Technology Development Report Ocean Energy 2020 Update* (Informe sobre desarrollo tecnológico: Energía oceánica, Actualización 2020).

¹¹² Cálculo del JRC, 2020.

¹¹³ Los fondos de la UE concedidos hasta el año 2020 incluían a destinatarios del Reino Unido.

energética, para lo cual se requieren actividades de demostración intensificadas (esto es, una mayor tasa de ejecución de proyectos en el agua) y continuadas (esto es, continuidad de los proyectos). A pesar de los avances en el desarrollo y la demostración tecnológicos, el sector lucha por crear un mercado viable. El apoyo nacional parece bajo, lo que se refleja en el limitado compromiso con la capacidad de energía oceánica en los PNEC en comparación con 2010 y en la falta de un claro apoyo específico a los proyectos de demostración o al establecimiento de sistemas de remuneración innovadores para las nuevas tecnologías de energías renovables. Esto limita el margen para desarrollar un modelo de negocio e identificar formas viables de desarrollar e implantar la tecnología. Por tanto, los modelos de negocio específicos para la energía oceánica precisan de un mejor enfoque, en particular cuando su previsibilidad puede incrementar su valor, así como su potencial para descarbonizar pequeñas comunidades e islas de la UE¹¹⁴. La futura estrategia de la energía renovable marina ofrece una oportunidad para apoyar el desarrollo de la energía oceánica y permitir que la UE explote plenamente sus recursos en toda la UE.

3.3 Energía solar fotovoltaica

Tecnología: la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tecnología energética de más rápido crecimiento a nivel mundial, en un momento en que la demanda de energía solar fotovoltaica crece y se expande a medida que se va convirtiendo en la opción más competitiva para la generación de electricidad en un número creciente de mercados y aplicaciones. Este crecimiento se está viendo favorecido por la reducción del coste de los sistemas fotovoltaicos (EUR/W) y el coste cada vez más competitivo de la electricidad generada (EUR/MWh).

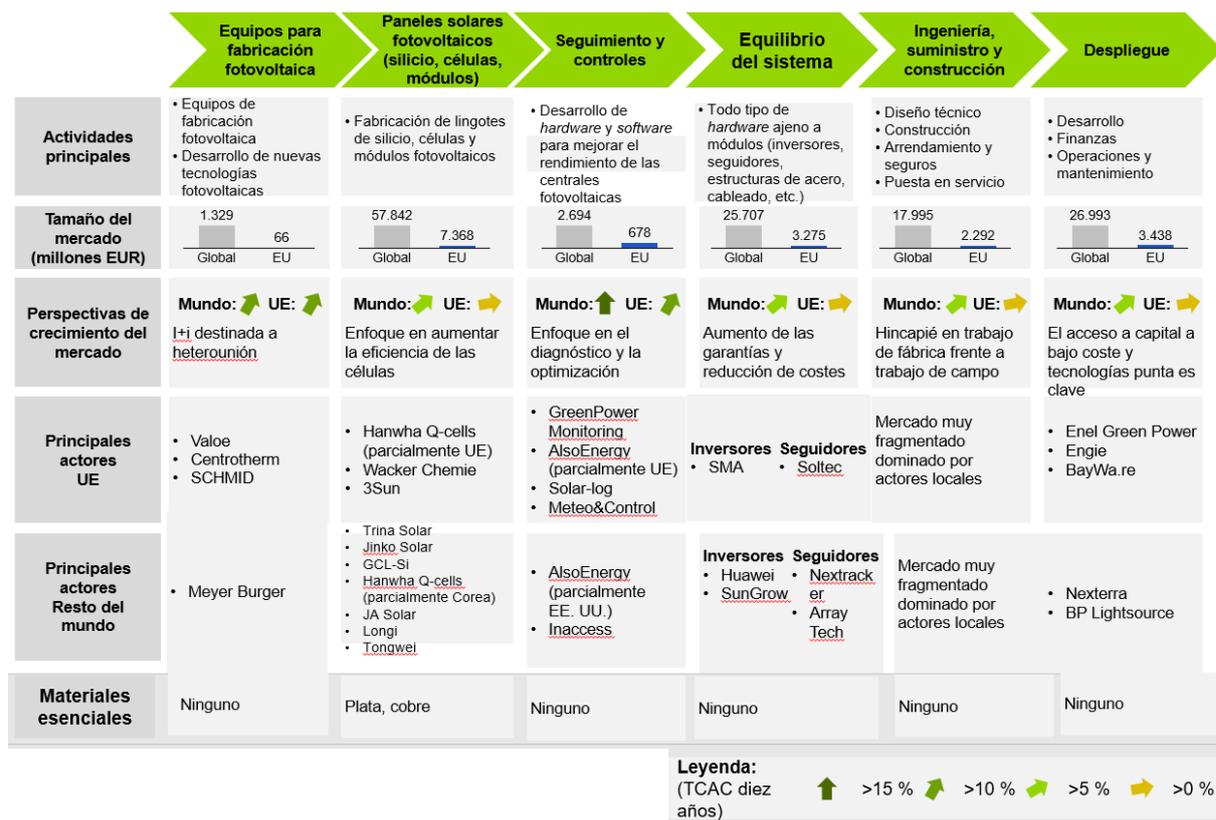
La capacidad instalada acumulada de energía fotovoltaica de la UE¹¹⁵ ascendió a 134 GW en 2019 y, según las previsiones, crecerá hasta 370 GW en 2030 y hasta 1051 GW en 2050¹¹⁶. Habida cuenta del considerable crecimiento previsto para la capacidad fotovoltaica en la UE y a nivel mundial, Europa debería desempeñar un papel sustancial en toda la cadena de valor. En este momento, el rendimiento de las empresas europeas varía en los distintos segmentos de la cadena de valor de la energía fotovoltaica (Figure 11).

Gráfico 11: Agentes europeos a lo largo de la cadena de valor de la industria fotovoltaica

¹¹⁴ Comisión Europea (2020): Informe sobre la economía azul de 2020.

¹¹⁵ La UE, incluido el Reino Unido.

¹¹⁶ Según las previsiones de la Evaluación de impacto que sirve de base para el Plan del Objetivo Climático [COM(2020) 562 final].



Fuente 11: Estudio de ASSET sobre competitividad

Cadena de valor: las empresas de la UE son competitivas principalmente en la etapa final de la cadena de valor. En particular, han conseguido seguir siendo competitivas en los segmentos de seguimiento, control y equilibrio del sistema, y albergan a algunos de los líderes en la fabricación de inversores y en seguidores solares. Las empresas de la UE también han mantenido una posición preponderante en el segmento del despliegue, en el que agentes consolidados como Enerparc, Engie, Enel Green Power o BayWa.re han conseguido obtener una nueva cuota de mercado a nivel mundial¹¹⁷. Asimismo, la fabricación de equipos todavía cuenta con una base sólida en Europa (p. ej., Meyer Burger, Centrotherm, Schmid).

Mercado mundial: la UE ha perdido su cuota de mercado en algunas de las etapas iniciales de la cadena de valor (p. ej., fabricación de células y módulos fotovoltaicos). El mayor valor añadido se obtiene tanto muy al inicio de la cadena de valor (I+i básica y aplicada, y diseño) como muy al final (comercialización, distribución y gestión de la marca). Aunque las actividades de menor valor añadido se producen en la etapa media de la cadena de valor (fabricación y montaje), a las empresas les interesa estar bien situadas en estos segmentos a fin de reducir los riesgos y los costes de financiación. La UE todavía alberga a uno de los principales fabricantes de polisilicio (Wacker Polysilicon AG), cuya producción por sí sola es suficiente para fabricar 20 GW de células solares y que exporta una parte importante de su producto de polisilicio a China¹¹⁸. En la actualidad, la producción mundial de paneles fotovoltaicos está valorada en aproximadamente 57 800 millones EUR, de los cuales 7 400 millones EUR (12,8 %) corresponden a la UE. La UE todavía abarca una cuota relativamente elevada del valor

117 Estudio de ASSET sobre competitividad, 2020.

118 JRC PV Status Report (Informe de situación de la energía fotovoltaica del JRC), 2011.

total del segmento, gracias a la producción de lingotes de polisilicio. Sin embargo, ha registrado un notable descenso en la fabricación de células y módulos fotovoltaicos. Los diez principales productores de células y módulos fotovoltaicos obtienen ahora la mayor parte de su producción en Asia¹¹⁹.

Los costes de inversión de capital en plantas de fabricación de células y módulos solares de polisilicio disminuyeron drásticamente entre 2010 y 2018. Junto con las innovaciones en materia de fabricación, esto debería ofrecer a la UE una oportunidad para analizar desde una nueva perspectiva la industria de la fabricación de componentes fotovoltaicos e invertir la situación¹²⁰.

La presencia de la UE en las etapas muy iniciales y muy finales de la cadena de valor podría servir de base para reconstruir la industria fotovoltaica. Esto requeriría un enfoque en la especialización o en productos de alto rendimiento/alto valor, como la fabricación de equipos e inversores y productos fotovoltaicos adaptados a las necesidades específicas del sector de la construcción, el transporte (tecnología fotovoltaica integrada en vehículos) o la agricultura (uso dual de tierras con agricultura fotovoltaica), o a la demanda de instalaciones de energía solar de alta eficiencia/alta calidad para optimizar la utilización de las superficies disponibles y de los recursos. La modularidad de la tecnología facilita la integración de la energía fotovoltaica en varias aplicaciones, especialmente en el entorno urbano. Estas nuevas tecnologías fotovoltaicas, que están alcanzando ahora la fase comercial, podrían sentar una nueva base para la reconstrucción de la industria¹²¹. Los grandes conocimientos de las instituciones de investigación de la UE, la mano de obra cualificada y los actores nuevos o ya existentes de la industria sirven de base para el reestablecimiento de una sólida cadena de suministro fotovoltaico europea¹²². Si quiere mantenerse competitiva, esta industria tiene que desarrollar un alcance global. La instauración de una importante industria de fabricación fotovoltaica en la UE también reduciría el riesgo de que se produjeran interrupciones de suministro y los riesgos asociados a la calidad.

3.4 Producción de hidrógeno renovable mediante electrolisis

Este apartado se centra en la producción de hidrógeno renovable y en la competitividad de este primer segmento de la cadena de valor del hidrógeno¹²³. El hidrógeno es

119 Izumi K.: *PV Industry in 2019* (Industria fotovoltaica en 2019) del Informe sobre tendencias de sistemas de energía fotovoltaica de la AIE, conferencia de ETIP PV: «Readying for the TW era», mayo de 2019, Bruselas.

120 Arnulf Jäger-Waldau, Ioannis Kougias, Nigel Taylor, Christian Thiel: «How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55 % in the EU by 2030» (Cómo puede contribuir la energía fotovoltaica a la reducción de las emisiones de GEI en un 55 % en la UE para 2030), *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volumen 126, 2020, 109836, ISSN 1364-0321.

121 Estos son algunos ejemplos de las iniciativas de fabricación fotovoltaica más relevantes de Europa: i) el proyecto «Ampere» de Horizonte 2020, que respalda la construcción de una línea piloto para la producción de células y módulos solares de heterounión de silicio; la 3Sun Factory (Catania, Italia) produce una de las tecnologías fotovoltaicas más eficientes sobre la base de este enfoque; ii) la iniciativa «Oxford PV» para la fabricación de células solares fotovoltaicas basada en materiales con estructura perovskita, que ha recibido un préstamo del BEI en virtud del mecanismo InnovFin EDP; iii) la tecnología protegida por patente de heterounión/SmartWire de Meyer Burger, que es más eficaz que la actual tecnología común mono-PERC, así como otras tecnologías de heterounión disponibles actualmente.

122 *Assessment of Photovoltaics (PV) Final Report* (Evaluación de la energía fotovoltaica. Informe final) Trinomics (2017).

123 La producción de hidrógeno *in situ* para el consumo colocalizado en aplicaciones industriales parece ser un patrón prometedor que podría proporcionar la escala para llegar rápidamente a la introducción generalizada del portador en el sistema energético, en consonancia con la ambición de una economía climáticamente neutra y la estrategia del hidrógeno. En este informe no se aborda la competitividad de los demás segmentos de la cadena de suministro, como el transporte de hidrógeno, su almacenamiento y su conversión en aplicaciones de uso final (p. ej.,

fundamental para almacenar la energía producida por la electricidad renovable y para descarbonizar sectores que son difíciles de electrificar. El objetivo de la estrategia del hidrógeno de la UE es integrar 40 GW de electrolizadores de hidrógeno renovable¹²⁴ y la producción de hasta diez millones de toneladas de hidrógeno renovable en el sistema energético de la UE para 2030, con una inversión directa de entre 24 000 y 42 000 millones EUR¹²⁵¹²⁶.

Tecnología: el coste de inversión de los electrolizadores ha caído en un 60 % en la última década y se espera que se reduzca de nuevo a la mitad de aquí a 2030, en comparación con el dato actual, gracias a las economías de escala¹²⁷. El coste del hidrógeno renovable¹²⁸ se sitúa actualmente entre 3 y 5,5 EUR el kilo, lo que lo hace más caro que el hidrógeno no renovable [2 EUR por kilo de hidrógeno (2018)¹²⁹].

Hoy en día, menos del 1 % de la producción de hidrógeno mundial procede de fuentes de energía renovables¹³⁰. Las previsiones para 2030 sitúan el coste del hidrógeno renovable en el rango de los 1,1-2,4 EUR/kg¹³¹, un coste inferior al del hidrógeno a partir de combustibles fósiles con bajas emisiones de carbono¹³², y prácticamente competitivo con el hidrógeno a partir de combustibles fósiles¹³³.

Entre 2008 y 2018, la Empresa Común Pilas de Combustible e Hidrógeno (Empresa Común FCH) respaldó 246 proyectos en diversas aplicaciones tecnológicas relacionadas con el hidrógeno, alcanzando una inversión total de 916 millones EUR, complementados con 939 millones EUR de inversión privada y nacional/regional. En el marco del programa Horizonte 2020 (2014-2018), se destinaron más de 90 millones EUR al desarrollo de electrolizadores, complementados con 33,5 millones EUR de fondos

movilidad, edificios). La Comisión ha establecido la Alianza Europea del Hidrógeno Limpio como una plataforma de partes interesadas destinada a reunir a los actores pertinentes.

124 El hidrógeno renovable (a menudo también denominado «hidrógeno verde») es hidrógeno producido con electrolizadores alimentados por electricidad renovable, a través de un proceso que consiste en separar el agua en hidrógeno y oxígeno.

125 Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&rid=1>.

126 Asimismo, de aquí a 2030, se necesitaría un importe de entre 220 000 y 340 000 millones EUR para ampliar y conectar 80-120 GW de generadores solares y eólicos con los electrolizadores para suministrar la electricidad necesaria.

127 De la estrategia del hidrógeno: sobre la base de las evaluaciones de coste de la AIE, la IRENA y BNEF. Los costes de los electrolizadores bajarán de 900 EUR/kW a 450 EUR/kW o menos en el período posterior a 2030, y a 180 EUR/kW después de 2040. Los costes de la captura y el almacenamiento de carbono incrementan los costes del reformado del gas natural de 810 EUR/kWH₂ a 1 512 EUR/kWH₂. Se calcula que, para 2050, los costes ascenderán a 1 152 EUR/kWH₂ (AIE, 2019).

128 El estado de la técnica de la eficiencia de los electrolizadores alcalinos es de aproximadamente 50 kWh/kgH₂ [alrededor del 67 % basado en el poder calorífico inferior (PCI) del hidrógeno] y 55 kWh/kgH₂ (alrededor del 60 % basado en el PCI del hidrógeno) para la electrolisis PEM. El consumo energético de la electrolisis de óxido sólido es inferior (del orden de 40 kWh/kgH₂), pero se requiere una fuente de calor para proporcionar las altas temperaturas necesarias (>600 °C). https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/MAWP%20final%20version_endorsed%20GB%2015062018%20%28ID%203712421%29.pdf

129 <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-using-natural-gas-in-selected-regions-2018-2> Cifra original 1,7 USD - Tipo de conversión utilizado: (1 EUR = 1,18 USD)

130 Agencia Internacional de la Energía: *Hydrogen Outlook* (Perspectivas del hidrógeno), junio de 2019, p. 32. Estimaciones de 2018.

131 COM(2020) 301 final.

132 Se refiere al hidrógeno a partir de combustibles fósiles con captura de carbono, que es una subparte del hidrógeno a partir de combustibles fósiles, pero en la que se capturan las emisiones de gases de efecto invernadero como parte del proceso de producción de hidrógeno.

133 Se refiere al hidrógeno producido a través de una serie de procesos que utilizan combustibles fósiles como materia prima [COM(2020) 301 final].

privados¹³⁴135. A nivel nacional, Alemania es el país que ha desplegado más recursos, con 39 millones EUR¹³⁶ asignados a proyectos dedicados al desarrollo de electrolizadores entre 2014 y 2018¹³⁷. En Japón, Asahi Kasei recibió una subvención multimillonaria para financiar el desarrollo de su electrolizador alcalino¹³⁸.

Asia (principalmente China, Japón y Corea del Sur) domina el número total de patentes presentadas entre 2000 y 2016 para los grupos de hidrógeno, electrolizadores y pilas de combustible. No obstante, la UE registra un excelente rendimiento y es quien ha presentado el mayor número de familias de patentes «de alto valor» en los ámbitos del hidrógeno y los electrolizadores. Japón es, sin embargo, quien ha presentado el mayor número de familias de patentes «de alto valor» en el ámbito de las pilas de combustible.

Cadena de valor: las principales tecnologías de electrolisis del agua son la electrolisis alcalina, la electrolisis de membrana electrolítica de polímero (electrolisis PEM) y la electrolisis de óxido sólido¹³⁹:

- La electrolisis alcalina es una tecnología consolidada con costes operativos determinados por los costes de electricidad y unos elevados costes de inversión. Los retos en materia de investigación son el funcionamiento a alta presión y el acoplamiento con cargas dinámicas.
- La electrolisis PEM puede alcanzar densidades de corriente considerablemente más elevadas¹⁴⁰ que la electrolisis alcalina y la electrolisis de óxido sólido, con el potencial de reducir aún más los costes de inversión. En los últimos años, se han instalado varias plantas grandes (a escala de MW) en la UE (en Alemania, Francia, Dinamarca y los Países Bajos), lo que le ha permitido a la UE ganar terreno en lo que respecta a electrolisis alcalina. Se trata de una tecnología lista para comercializarse con la investigación centrada principalmente en el aumento de la densidad de potencia aérea, a la vez que se garantiza la reducción simultánea del uso de materias primas esenciales¹⁴¹ y el rendimiento en cuanto a durabilidad.
- La electrolisis de óxido sólido es la que presenta la mayor eficiencia. Sin embargo, las plantas son relativamente menores, normalmente aún en el rango de capacidad de los

134JRC 2020: *Current status of Chemical Energy Storage Technologies* (Estado actual de las tecnologías de almacenamiento de energía química), p. 63.

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf.

135 En comparación con 472 millones EUR de financiación de la Empresa Común Pilas de Combustible e Hidrógeno (Empresa Común FCH) en términos generales y 439 millones EUR para otras fuentes de financiación.

136 Esto incluye fondos tanto públicos como privados.

137JRC 2020: *Current status of Chemical Energy Storage Technologies* (Estado actual de las tecnologías de almacenamiento de energía química), p. 63
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf.

138 Yoko-moto, K.: *Country Update: Japan, in 6th International Workshop on Hydrogen Infrastructure and Transportation* (Actualización del país: Japón, en el Sexto Taller Internacional sobre Infraestructura y Transporte del Hidrógeno), 2018.

139 Se está desarrollando un nuevo tipo de electrolizador de alta temperatura, a un nivel de madurez tecnológica muy bajo, los electrolizadores cerámicos protónicos, que presentan la posible ventaja de producir hidrógeno presurizado seco puro en la presión máxima del electrolizador, al contrario que otras tecnologías de electrolizador.

140 La electrolisis es un procedimiento basado en la superficie. Por tanto, la mejora de una pila de electrolizador no puede beneficiarse de una relación superficie/volumen favorable como ocurre en los procesos basados en el volumen. Aunque el resto de los factores permanezcan iguales, duplicar o triplicar el tamaño de una pila de electrolisis casi duplicará o triplicará el coste de inversión, con limitados ahorros directos derivados de esta ampliación. Es por ello por lo que la mayor densidad de potencia aérea que permite el enfoque de la electrolisis PEM resulta pertinente. La obtención de una mayor producción de hidrógeno para una determinada superficie del electrolizador reduce el coste de inversión y la huella global de la instalación.

141 Principalmente metales del grupo del platino, en particular iridio.

100 kW, requieren un funcionamiento estable y necesitan una conexión con una fuente de calor¹⁴². En términos generales, la electrolisis de óxido sólido se encuentra todavía en la fase de desarrollo, aunque es posible hacer pedidos de productos en el mercado.

En 2019, la UE tenía instalada una capacidad de electrolisis del agua de alrededor de 50 MW¹⁴³ (alrededor del 30 % de electrolisis alcalina y del 70 % de electrolisis PEM), de los cuales aproximadamente 30 MW se localizaban en Alemania en 2018¹⁴⁴.

La electrolisis alcalina no tiene componentes esenciales en su cadena de suministro. Gracias a las similitudes técnicas con la industria de la electrolisis de los cloruros alcalinos, que utiliza instalaciones mucho más grandes, puede aprovechar el solapamiento tecnológico y beneficiarse de unas cadenas de valor consolidadas¹⁴⁵. La electrolisis PEM y la electrolisis de óxido sólido comparten algunos riesgos de costes y de suministro con las cadenas de valor de las respectivas pilas de combustible¹⁴⁶. Esto se aplica particularmente a las materias primas esenciales¹⁴⁷ en el caso de la electrolisis PEM y a las tierras raras en el caso de la electrolisis de óxido sólido.

La electrolisis PEM tiene que soportar ambientes corrosivos y por tanto precisa de materiales más caros, como el titanio para las placas bipolares. Los principales elementos que contribuyen al coste del sistema son la pila del electrolizador¹⁴⁸ (40-60 %) seguida de la electrónica de potencia (15-21 %). Los componentes fundamentales que hacen subir el coste de la pila son las capas de ensambles membrana-electrodo, que contienen metales nobles¹⁴⁹. Los componentes de las células basados en tierras raras que se utilizan para los electrodos y el electrolito de la electrolisis de óxido sólido constituyen los principales contribuidores al coste de la pila. Se estima que las pilas suponen alrededor del 35 % del coste general del sistema de la electrolisis de óxido sólido¹⁵⁰.

Mercado mundial: las empresas de la UE están bien situadas para beneficiarse del crecimiento del mercado. La UE cuenta con productores de las tres principales tecnologías de electrolizadores¹⁵¹ y es la única región que ofrece un producto de mercado bien definido para la electrolisis de óxido sólido. Otros actores se encuentran en el Reino Unido, Noruega, Suiza, los Estados Unidos, China, Canadá, Rusia y Japón.

Se estima que el volumen de negocios a nivel mundial de los sistemas de electrolizadores de agua se sitúa actualmente en un rango de 100 a 150 millones EUR al año. Según

142 Un proyecto europeo iniciado recientemente¹⁴² apunta ahora a instalar 2,5 MW en un entorno industrial.

143 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a02a0c80-77b2-462e-a9d5-1099e0e572ce/IEA-Hydrogen-Project-Database.xlsx>.

144 <https://www.dvw-info.de/wp-content/uploads/2015/06/DVGW-2955-Brosch%C3%BCre-Wasserstoff-RZ-Screen.pdf>.

145 <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>.

146 <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118394>.

147 Actualmente, el iridio es únicamente fundamental para la electrolisis PEM, pero no para los sistemas de pila de combustible. Al ser uno de los elementos más escasos en la corteza terrestre, es probable que cualquier presión generada por una demanda adicional tenga importantes repercusiones en la disponibilidad y los precios.

148 Una pila es la suma de todas las células.

149 <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>.

150 https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16014_h2_production_cost_solid_oxide_electrolysis.pdf.

151 Nueve productores de la UE ofrecen electrolisis alcalina (cuatro en Alemania, dos en Francia, dos en Italia y uno en Dinamarca), también hay dos en Suiza y uno en Noruega, dos en los Estados Unidos, tres en China y tres en otros países (Canadá, Rusia y Japón). Seis proveedores de la UE ofrecen electrolisis PEM (cuatro en Alemania, uno en Francia y uno en Dinamarca), también hay un proveedor del Reino Unido y otro de Noruega, dos proveedores de los Estados Unidos y dos de otros países. Dos proveedores de la UE ofrecen electrolisis de óxido sólido (en Alemania y Francia).

estimaciones de 2018, la producción de electrolisis del agua podría alcanzar una capacidad de 2 GW al año (a nivel mundial) en un plazo muy breve de tiempo (de uno a dos años). Los fabricantes europeos podrían llegar a suministrar alrededor de una tercera parte de esta mayor capacidad mundial¹⁵².

El objetivo de la estrategia del hidrógeno de la UE es lograr una capacidad considerable de producción de hidrógeno renovable para el año 2030. Esto exigirá enormes esfuerzos para subir de la capacidad de electrolisis del agua actualmente instalada de 50 MW a 40 GW para 2030, con el establecimiento de la capacidad necesaria para una cadena de valor sostenible en la UE. Estos esfuerzos deberían basarse en el potencial de innovación que brinda todo el espectro de las tecnologías de electrolizadores y en la posición preponderante que tienen las empresas de la UE en el ámbito de la electrolisis en todos sus enfoques tecnológicos, a lo largo de toda la cadena de valor, desde el suministro de componentes hasta la capacidad de integración final. Se esperan importantes reducciones de costes como consecuencia de la ampliación de la fabricación de electrolizadores a escala industrial.

3.5 Baterías

Las baterías constituyen un instrumento clave para la transición a la economía climáticamente neutra que esperamos lograr para el año 2050, para el despliegue de la movilidad limpia y para el almacenamiento de energía a fin de permitir la integración de cuotas cada vez mayores de energías renovables variables. Este análisis se centra en la tecnología de las baterías de ion-litio. Esto se explica por varias razones:

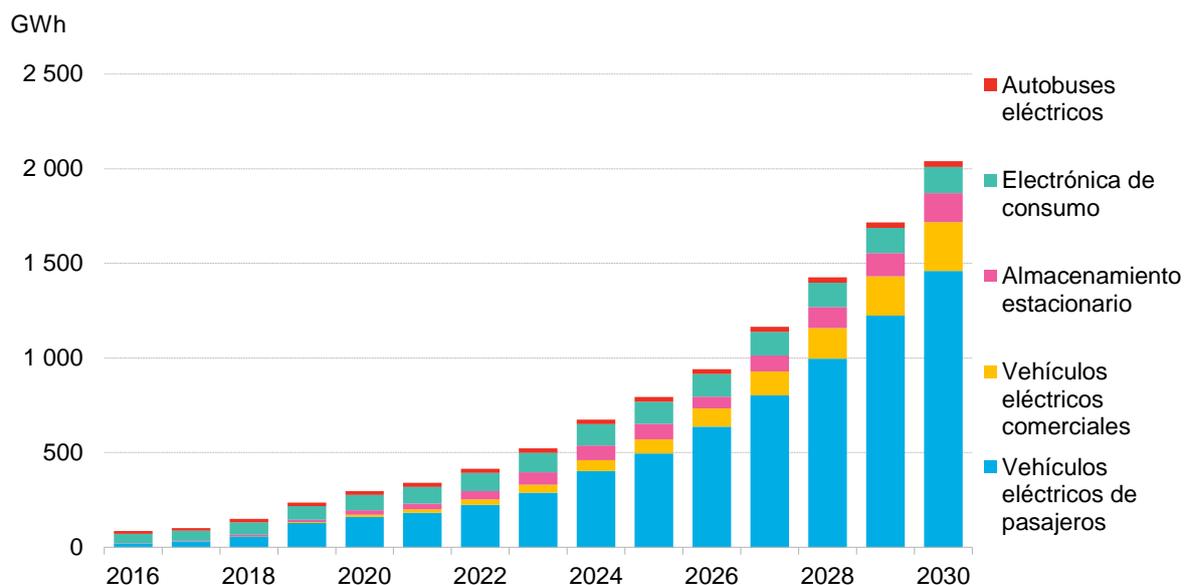
- el muy avanzado estado de esta tecnología y su disponibilidad para ser comercializada,
- su elevada eficiencia de ida y vuelta,
- la considerable demanda prevista, y
- el uso generalizado que se prevé para ellas, ya sea en vehículos eléctricos, en los futuros buques eléctricos (marítimos y aéreos), o en aplicaciones fijas u otras aplicaciones industriales, lo que conlleva considerables oportunidades de mercado.

Tecnología: se prevé que la demanda mundial de baterías de ion-litio aumente de aproximadamente 200 GWh en 2019 a aproximadamente 800 GWh en 2025 y superare los 2 000 GWh en el año 2030. Según el escenario más optimista, podría alcanzar los 4 000 GWh en el año 2040¹⁵³.

¹⁵² https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/181204_bro_a4_indwede-studie_kurzfassung_en_v03.pdf.

¹⁵³ Fuente: JRC Science for Policy Report: Tsiropoulos I., Tarvydas D., Lebedeva N.: *Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth* (Baterías de ion-litio para aplicaciones de movilidad y de almacenamiento estacionario. Escenarios de costes y crecimiento del mercado), EUR 29440 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2018, doi:10.2760/87175.

Gráfico 12: Demanda anual histórica y prevista de baterías de ion-litio, según el uso



Fuente 12: Long-Term Energy Storage Outlook (Perspectivas del almacenamiento de energía a largo plazo) de Bloomberg, 2019: Bloomberg NEF, Avicenne for consumer electronics.

El crecimiento previsto, principalmente basado en los vehículos eléctricos (especialmente vehículos de pasajeros), se deriva de las notables mejoras tecnológicas esperadas y las nuevas reducciones de los costes. Los precios de las baterías de ion-litio, que estaban por encima de los 1 100 USD/kWh en 2010, han bajado un 87 % en términos reales hasta los 156 USD/kWh en 2020¹⁵⁴. Para el año 2025, se espera que los precios medios se sitúen cerca de 100 USD/kWh¹⁵⁵. En lo que respecta al rendimiento, la densidad energética del ion-litio ha aumentado considerablemente en los últimos años, habiéndose triplicado desde su comercialización en 1991¹⁵¹. Se espera un nuevo potencial de optimización con la nueva generación de baterías de ion-litio¹⁵⁶.

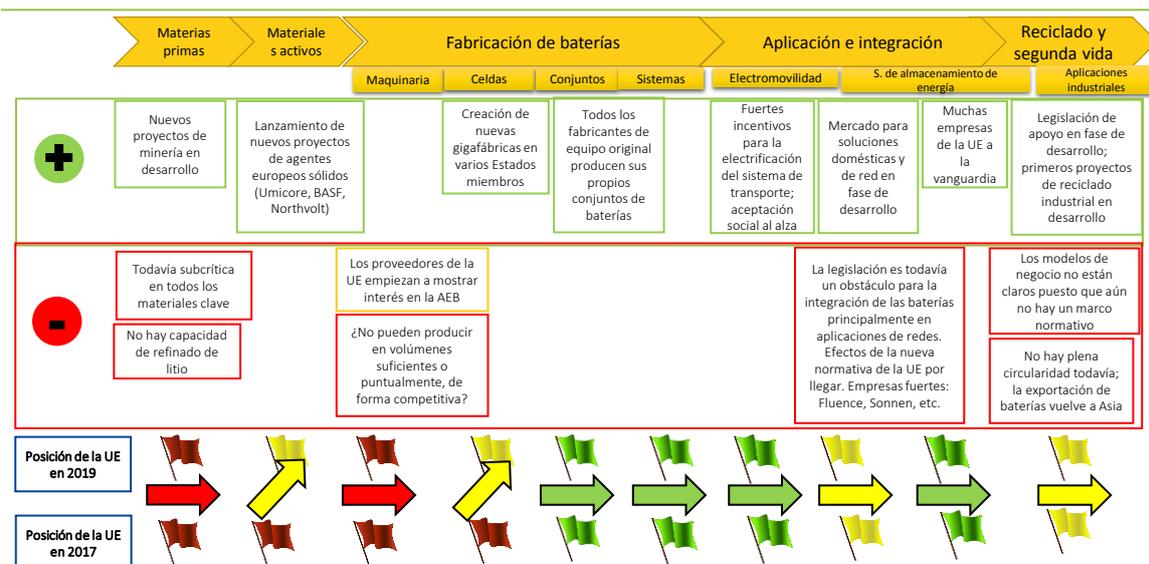
Cadena de valor: el gráfico 14 muestra la cadena de valor para las baterías junto con la posición de la UE en los distintos segmentos. La industria de la UE está invirtiendo en minería, en la producción y transformación de materias primas y materiales avanzados (materiales catódicos, anódicos y electrolitos), así como en la producción de celdas y baterías modernas. El objetivo es volverse más competitiva mediante la calidad, la magnitud y, en particular, la sostenibilidad.

154 L. Trahey, F.R. Brushetta, N.P. Balsara, G. Cedera, L. Chenga, Y.-M. Chianga, N.T. Hahn, B.J. Ingrama, S.D. Minter, J.S. Moore, K.T. Mueller, L.F. Nazar, K.A. Persson, D.J. Siegel, K. Xu, K.R. Zavadil, V. Srinivasan y G.W. Crabtree: *Energy storage emerging: A perspective from the Joint Center for Energy Storage Research* (Almacenamiento de energía emergente: una perspectiva del Centro Conjunto para la Investigación del Almacenamiento de Energía), PNAS, 117 (2020) 12550–12557.

155 BNEF 2019: *Battery Price Survey* (Encuesta sobre los precios de las baterías).

156 JRC (2020) (de próxima publicación): *Technology Development Report LCEO: Battery storage* (Informe sobre desarrollo tecnológico del LCEO: Almacenamiento de baterías).

Gráfico 13: Evaluación de la posición de la UE a lo largo de la cadena de valor de las baterías, 2019



Fuente 13: InnoEnergy (2019).

Mercado mundial: el mercado mundial de las baterías de ion-litio para coches eléctricos está cifrado actualmente en 15 000 millones EUR/año [de los cuales 450 millones EUR/año corresponden a la UE (dato de 2017)¹⁵⁷]. Una estimación prudente prevé que el mercado alcanzará los 40 000-55 000 millones EUR/año en 2025 y 200 000 millones EUR/año en 2040¹⁵⁸. En 2018, la UE tenía solo alrededor del 3 % de la capacidad global de producción de celdas de ion-litio, mientras que China disponía de aproximadamente el 66 %¹⁵⁹. La industria europea se consideró fuerte en los segmentos finales basados en el valor, como la fabricación e integración de conjuntos de baterías y el reciclado de baterías, y por lo general débil en los segmentos iniciales basados en los costes, como los materiales, los componentes y la fabricación de celdas¹⁶⁰¹⁶¹. El mercado de las baterías marinas crece y se estima que alcanzará un valor de más de 800 millones EUR/año en 2025, más de la mitad dentro de Europa, y se trata de un sector tecnológico actualmente liderado por Europa¹⁶².

Al reconocer la necesidad urgente de que la UE recupere su competitividad en el mercado de las baterías, la Comisión puso en marcha la Alianza Europea de Baterías en 2017 y adoptó un plan de acción estratégico para las baterías en 2018¹⁶³. Esto constituye

157 https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc114616_li-ion_batteries_two-pager_final.pdf.

158 *Long-Term Energy Storage Outlook* (Perspectivas del almacenamiento de energía a largo plazo) de Bloomberg, 2019, pp. 55-56.

159 Capacidad de fabricación; *Long-Term Energy Storage Outlook* (Perspectivas del almacenamiento de energía a largo plazo) de Bloomberg, 2019, pp. 55-56.

160 JRC Science for Policy Report: Steen M., Lebedeva N., Di Persio F., Boon-Brett L.: *EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions* (Competitividad de la UE en baterías de ion-litio avanzadas para aplicaciones de electromovilidad y almacenamiento estacionario: Oportunidades y acciones), EUR 28837 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2017 doi:10.2760/75757.

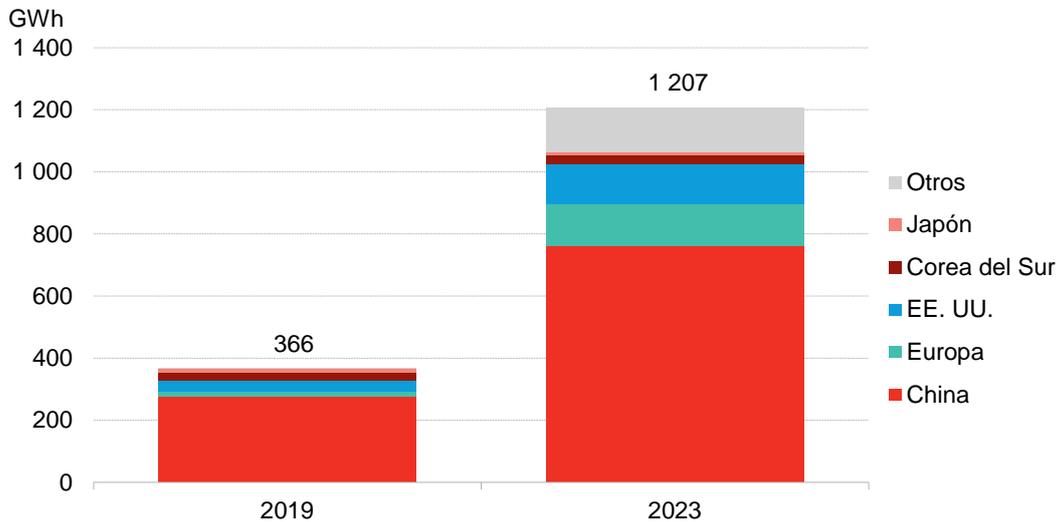
161 JRC Science for Policy Report: Lebedeva, N., Di Persio, F., Boon-Brett, L.: *Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe* (Cadena de valor de las baterías de ion-litio y oportunidades relacionadas para Europa), EUR 28534 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2016, doi:10.2760/6060.

162 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/marine-battery-market-210222319.html>.

163 COM(2019) 176, Informe sobre la ejecución del Plan de acción estratégico para las baterías: creación de una cadena de valor estratégica para las baterías en Europa. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/ES/COM-2019-176-F1-ES-MAIN-PART-1.PDF>.

un marco político exhaustivo con instrumentos normativos y financieros para apoyar la creación de un ecosistema completo de cadena de valor de las baterías en Europa. Al mismo tiempo, los fabricantes a gran escala de baterías y celdas de baterías están empezando a establecer nuevas plantas de producción (p. ej., Northvolt). Actualmente, se han anunciado inversiones en hasta veintidós fábricas de baterías (algunas de las cuales todavía están en fase de construcción), con una capacidad prevista de 500 GWh para 2030¹⁶⁴.

Gráfico 14: Capacidad de fabricación de celdas de ion-litio por región de ubicación de planta



Fuente 14: BloombergNEF, 2019.

La UE tiene puntos fuertes en los que apoyarse para ganar terreno en la industria de las baterías, especialmente en lo que respecta a materiales avanzados y procesos químicos de las baterías, así como el reciclado, ámbitos en los que la legislación pionera de la UE ha hecho posible desarrollar una industria bien estructurada. La Directiva sobre pilas se encuentra actualmente en proceso de revisión. No obstante, para obtener una considerable cuota de mercado en las baterías recargables, un mercado nuevo y de rápido crecimiento, se requerirá una acción continuada durante un largo período de tiempo a fin de garantizar una mayor inversión en la capacidad de producción. Esto tiene que ser respaldado por la I+i al objeto de mejorar el rendimiento de las baterías, a la vez que se garantiza que estas cumplan normas de calidad y seguridad a escala de la UE, así como para garantizar la disponibilidad de materias primas y transformadas y la reutilización o el reciclado y la sostenibilidad de toda la cadena de valor de las baterías. Asimismo, se requiere un nuevo marco legislativo global de la UE que establezca normas sólidas en relación con el rendimiento y la sostenibilidad de las baterías comercializadas en la UE. Esto ayudará a la industria a planificar las inversiones y a garantizar unos estándares

Estas son algunas de las acciones previstas: a) refuerzo del programa Horizonte 2020 mediante financiación adicional para la investigación sobre baterías; b) creación de una plataforma tecnológica específica, la Plataforma Europea de Tecnología e Innovación «Batteries Europe», encargada de coordinar esfuerzos de I+D+i a nivel regional, nacional y europeo; c) preparación de instrumentos específicos para el próximo Programa Marco de Investigación e Innovación «Horizonte Europa»; d) elaboración de nueva normativa sobre sostenibilidad; y e) estimulación de la inversión a través de los proyectos importantes de interés común europeo (PIICE). Comunicado de prensa IP/19/6705, Ayudas estatales: La Comisión aprueba una ayuda pública de 3 200 millones EUR por parte de siete Estados miembros para un proyecto paneuropeo de investigación e innovación en todos los segmentos de la cadena de valor de las baterías, 9 de diciembre de 2019. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6705.

164 Alianza Europea de Baterías 2020.

elevados de sostenibilidad en consonancia con los objetivos del Pacto Verde Europeo. Se adoptará próximamente una propuesta de la Comisión al respecto.

Aunque es probable que la mejora de la posición en la tecnología de ion-litio constituya el interés principal más común a lo largo de las próximas décadas, también surge la necesidad de examinar otras tecnologías de batería nuevas y prometedoras (como la tecnología de estado sólido, «pos ion-litio» y de flujo redox). Estas resultan importantes para aplicaciones cuyos requisitos no puede cumplir la tecnología de ion-litio.

3.6 Redes eléctricas inteligentes

La electrificación aumenta en todos los escenarios previstos para 2050¹⁶⁵, por lo que un sistema eléctrico inteligente es fundamental si se quiere que la UE logre las ambiciones de su Pacto Verde. Un sistema inteligente permite una integración más eficaz de cada vez mayores cuotas de producción de electricidad renovable y de un creciente almacenamiento de electricidad o número de dispositivos de consumo (p. ej., vehículos eléctricos) en el sistema energético. Lo mismo se aplica al creciente número de dispositivos que funcionan con electricidad, como los vehículos eléctricos. A través de un control y seguimiento exhaustivos de la red, los sistemas inteligentes también generan valor al reducir la necesidad de limitar las energías renovables y facilitar unos servicios energéticos competitivos e innovadores para los consumidores. Según la AIE, la inversión en la mejora de la digitalización reduciría las restricciones en Europa en 67 TWh de aquí a 2040¹⁶⁶. Solo en Alemania, se restringieron 6,48 TWh en 2019, mientras que las medidas de estabilización de la red costaron 1 200 millones EUR¹⁶⁷. Estos sistemas tienen que ser ciberseguros, lo que requiere medidas sectoriales específicas¹⁶⁸.

Las inversiones en infraestructuras de redes digitales se destinan predominantemente a *hardware* como contadores inteligentes y cargadores de vehículos eléctricos. En Europa, las inversiones se mantuvieron estables en 2019, en casi 42 000 millones EUR¹⁶⁹, y se asignó una mayor parte del gasto a la mejora y la renovación de las infraestructuras existentes.

*Gráfico 15 (izquierda): Inversión global en redes inteligentes por ámbito tecnológico, 2014-2019*¹⁷⁰ (miles de millones USD)

Gráfico 16 (derecha): Inversión en redes inteligentes por parte de GRT europeos en los últimos años, por categoría (2018)¹⁷¹

165 «La proporción de la electricidad en la demanda final de energía se habrá por lo menos duplicado, hasta llegar al 53 %, y la producción de electricidad aumentará sustancialmente para alcanzar las cero emisiones netas de gases de efecto invernadero, hasta 2,5 veces los niveles actuales, en función de las opciones escogidas para la transición energética», Comunicación «Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra», p. 9.

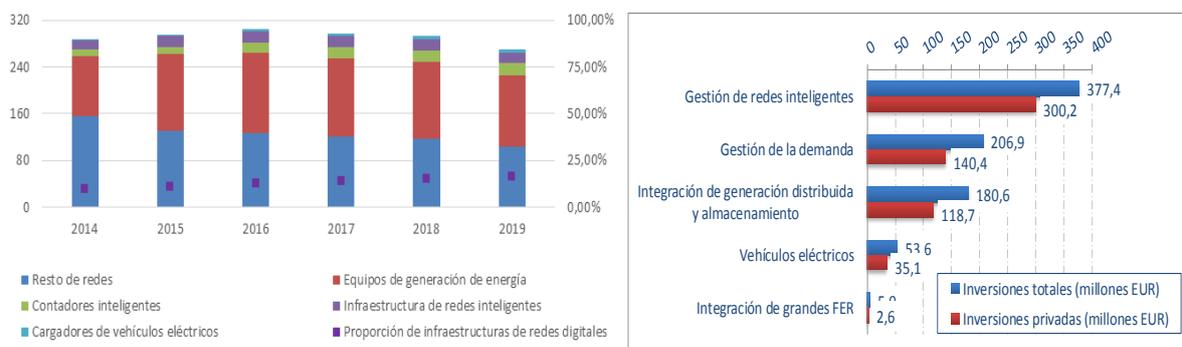
166 De estos, la respuesta de la demanda corresponde a 22 TWh y el almacenamiento a 45 TWh (<https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>).

167 Incluidos los costes de restricción, redistribución y suministro de potencia de reserva. Estos costes son superiores en Alemania que en cualquier otro lugar de Europa, pero son un buen indicador del coste de las restricciones. Zahlen zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen - Gesamtjahr 2019, BNetzA, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html, p. 3.

168 En particular los requisitos de tiempo real, (p. ej., un interruptor debe reaccionar en unos pocos milisegundos), los efectos en cascada y la combinación de tecnologías tradicionales con tecnología inteligente/punta. Véase la Recomendación de la Comisión sobre la ciberseguridad en el sector de la energía [C(2019) 2400 final].

169 Cifra de la fuente: 50 000 USD; <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2020>.

170 <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020/smart-grids>.



La principal fuente de apoyo de las inversiones en I+i destinadas a redes inteligentes a escala de la UE es el programa Horizonte 2020, que aportó casi mil millones EUR entre 2014 y 2020. Se invirtieron 100 millones EUR en proyectos de digitalización específicos y muchos otros proyectos de redes inteligentes destinan una proporción considerable de su presupuesto a la digitalización¹⁷². El Figure 16 muestra que la inversión pública en redes inteligentes, incluida la realizada a través de Horizonte 2020, abarca una proporción significativa de las inversiones totales por parte de gestores de redes de transporte (GRT). Cabe destacar que los presupuestos para I+i de los GRT son bajos, de aproximadamente el 0,5 % de su presupuesto anual¹⁷³¹⁷⁴.

El Reglamento RTE-E también respalda las inversiones en redes eléctricas inteligentes como uno de sus doce ámbitos prioritarios, pero las inversiones en redes inteligentes (transfronterizas) podrían recibir mayores niveles de apoyo por parte de las autoridades reguladoras mediante su inclusión en planes nacionales de desarrollo de redes y el derecho a recibir asistencia financiera de la UE en forma de subvenciones para estudios y trabajos, así como a través de instrumentos financieros innovadores en virtud del Mecanismo «Conectar Europa» (MCE). Entre 2014 y 2019, el MCE ha proporcionado una asistencia financiera de hasta 134 millones EUR en relación con distintos proyectos de redes eléctricas inteligentes en toda la UE.

Se analizan con más detalle las dos siguientes tecnologías clave: sistemas de corriente continua de alta tensión (HVDC) y soluciones digitales para operaciones de red y para la integración de las energías renovables.

i) Sistemas de corriente continua de alta tensión (HVDC)

Tecnología: el aumento de la demanda de soluciones rentables para transportar electricidad a gran distancia, especialmente, en el caso de la UE, para trasladar a tierra la electricidad generada por la energía eólica marina, también incrementa la demanda de tecnologías HVDC. Según Guidehouse Insights, el mercado europeo de sistemas HVDC crecerá de 1 540 millones EUR en 2020 a 2 740 millones EUR en 2030, con una tasa de crecimiento¹⁷⁵ del 6,1 %¹⁷⁶¹⁷⁷. Se prevé que el mercado a nivel mundial alcance los

¹⁷¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/publications/dsoobservatory2018.pdf>.

¹⁷² Se estima que asciende al menos a la mitad de esa financiación total de Horizonte 2020 para redes inteligentes.

¹⁷³ Este dato se apoya también en las cifras sobre submercados que trata el documento CETTIR [SWD(2020)953], véase el apartado 3.17.

¹⁷⁴ Hoja de ruta de I+D+i 2020-2030 de la REGRT de Electricidad, julio de 2020, p. 25.

¹⁷⁵ Las tasas de crecimiento de este apartado se notifican como tasas de crecimiento anual compuestas (TCAC).

¹⁷⁶ Guidehouse Insights (2020): *Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview* (Panorama general de las tecnologías avanzadas de transporte y distribución). Extraído de <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>

12 500 millones EUR (2020), y las principales inversiones en HVDC tienen lugar en Asia, donde una gran parte del mercado está dominada por la corriente continua de ultra alta tensión (UHVDC)¹⁷⁸. Los equipos HVDC son muy costosos y, por tanto, los proyectos para crear conexiones HVDC son muy caros. Dada la complejidad tecnológica de los sistemas HVDC, su instalación es normalmente gestionada por los fabricantes¹⁷⁹.

Análisis de la cadena de valor: la cadena de valor de las redes HVDC puede segmentarse en los distintos componentes de *hardware* necesarios para efectuar una conexión HVDC¹⁸⁰. Una buena parte del coste de los sistemas HVDC es absorbido por los convertidores (alrededor del 32 %) y los cables (alrededor del 30 %)¹⁸¹. En la cadena de valor de las estaciones convertidoras, la electrónica de potencia¹⁸² desempeña un papel fundamental a la hora de determinar la eficiencia y el tamaño de los equipos. Las aplicaciones específicas de la energía solo representan una pequeña parte del mercado mundial de los componentes electrónicos¹⁸³, pero las redes marítimas y las turbinas eólicas dependen de que estas funcionen correctamente en condiciones de alta mar. La inversión en I+D destinada a las tecnologías HVDC es principalmente privada. La financiación pública a nivel de la UE a través de Horizonte 2020 es modesta, pero se ha visto impulsada por el proyecto «Promotion» recientemente finalizado¹⁸⁴.

Mercado mundial: el mercado mundial de HVDC está liderado fundamentalmente por tres empresas, concretamente Hitachi ABB Power Grids, Siemens y GE¹⁸⁵. Siemens e Hitachi ABB Power Grids abarcan alrededor del 50 % del mercado en la mayoría de los segmentos de mercado, mientras que las empresas de cables¹⁸⁶ suponen alrededor del

177 Los modelos energéticos de la UE (p. ej., Primes) no tratan la HVDC de forma separada, por lo que no se dispone de cifras a más largo plazo. No obstante, se espera sin duda que el mercado de la HVDC crezca de forma constante, especialmente a la luz del crecimiento del mercado de la energía marina.

178 La UHVDC no se utiliza en la UE. Es especialmente útil para transportar electricidad a muy larga distancia, algo que reviste menor importancia en la UE. Además, la UHVDC resulta menos atractiva en la UE puesto que la concesión de permisos es más compleja, entre otras cosas, porque las torres de cableado son más altas que las del transporte de alta tensión convencional. El mercado mundial de UHVDC se estima en 6 500 millones EUR, principalmente en China.

179 A modo de comparación, los sistemas llave en mano de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) son a menudo suministrados por empresas de ingeniería, suministro y construcción.

180 Entre los principales componentes de las estaciones convertidoras se encuentran los transformadores, los convertidores, los interruptores y la electrónica de potencia utilizada para convertir energía de corriente alterna a corriente continua y viceversa. Los convertidores conmutados por la red, también conocidos como convertidores de fuente de corriente, y los convertidores de fuente de tensión constituyen las principales tecnologías comerciales de convertidores HVDC. Tanto las estaciones de convertidores conmutados por la red como de convertidores de fuente de tensión, al ser más complejas que las subestaciones de HVAC, también son más caras¹⁸⁰. A pesar de la integración de las tecnologías comunes, los transformadores y las estaciones convertidoras de HVDC no están normalizados y los diseños y costes dependen en gran medida de las especificaciones de los proyectos locales.

181 En la UE, los costes de los cables son normalmente superiores: Informe sobre competitividad de ASSET para la Comisión Europea.

182 La electrónica de potencia constituye una tecnología esencial para integrar la generación y el consumo de corriente continua que se utiliza en muchas partes del (futuro) sistema energético, como las instalaciones fotovoltaicas, los molinos de viento, las baterías y los convertidores HVDC. La tecnología de la electrónica de potencia se basa en la tecnología de semiconductores y permite controlar la tensión o la corriente, por ejemplo, con el fin de gestionar la red y convertir electricidad entre corriente alterna y continua. Por tanto, podría abordarse en muchas partes del presente informe, pero se trata aquí debido a una dificultad específica relativa a la energía eólica marina y las redes.

183 El mercado total de la electrónica de potencia, esto es, los componentes pasivos, activos y electromecánicos, se estimó en 316 000 millones EUR en 2019: Cuota de mercado de los componentes electrónicos activos a nivel mundial, por usuario final, 2018. www.grandviewresearch.com.

184 <https://www.promotion-offshore.net/>

185 Guidehouse Insights (2020): *Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview* (Panorama general de las tecnologías avanzadas de transporte y distribución). Extraído de <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>.

186 Prysmian, Nexans y NKT Cables son las tres principales empresas europeas de cables.

70 % del mercado en la UE, y los principales competidores son japoneses. En China, otro proveedor, China XD Group, domina el mercado.

Hasta la fecha, los proveedores han vendido sistemas llave en mano de forma independiente, ya que se instalaban como conexiones HVDC punto a punto. En la red marítima más interconectada del futuro, los sistemas HVDC de distintos fabricantes tendrán que interconectarse. Esto añade dificultades tecnológicas al mantenimiento del control de la red¹⁸⁷ y, en particular, a la garantía de la interoperabilidad de los equipos y sistemas HVDC. Asimismo, puesto que todos los componentes necesitan ser instalados en plataformas marinas, es importante reducir su tamaño y es necesario desarrollar soluciones de electrónica de potencia específicamente para aplicaciones de energía marina.

ii) Soluciones digitales para operaciones de red y para la integración de las energías renovables

Tecnología y cadena de valor: se prevé que el mercado de las tecnologías de gestión de red crezca con mucha rapidez. La AIE ha estimado el posible ahorro derivado de estas tecnologías específicas en casi 20 000 millones USD a nivel mundial en reducción de costes de operación y mantenimiento y en casi 20 000 millones USD en ahorro de inversión en redes¹⁸⁸. El mercado consta de distintas tecnologías y servicios en una cadena de valor que es difícil de separar con claridad, que parecen ir integrándose a medida que aumenta la necesidad de soluciones integradas para gestionar el almacenamiento, la respuesta de la demanda, la distribución de energías renovables y la propia red. Este informe destaca dos aspectos.

Los servicios energéticos basados en *software* y en datos, que son fundamentales para optimizar la integración de las energías renovables, también a nivel local, mediante el control a distancia de diferentes tecnologías, en particular las de energías renovables y las centrales eléctricas virtuales¹⁸⁹. Se trata de un mercado de rápido crecimiento, que se prevé aumentará de los 200 millones EUR (a nivel mundial¹⁹⁰) en 2020 a los mil millones EUR en 2030¹⁹¹¹⁹². Constituye la base de una nueva industria que presta servicios energéticos a empresas del sector de la energía (incluidos los operadores de redes) así como a los consumidores domésticos y empresariales de energía. Gracias a la combinación del aumento de las cuotas de energías renovables y las políticas de apoyo al mercado, Europa ha sido la fuerza motriz que ha empujado los mercados de centrales eléctricas virtuales, y abarca casi el 45 % de las inversiones mundiales en 2020. La mayor parte de esto ha tenido lugar en Europa noroccidental, incluidos los países

¹⁸⁷ Algunas tecnologías clave en este ámbito son los convertidores de formación de red y los interruptores de corriente continua.

¹⁸⁸ <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

¹⁸⁹ Esto incluye los sistemas de gestión de fuentes de energía distribuida (DERMS, por sus siglas en inglés), las centrales eléctricas digitales y análisis de fuentes de energía distribuida. Véase el apartado 3.17.4. del documento CETTIR [SWD(2020) 953] para una descripción más detallada.

¹⁹⁰ Desafortunadamente, no hay cifras disponibles para la UE.

¹⁹¹ Informe sobre competitividad de ASSET para la Comisión Europea. Capítulo 10.3.2. Gestión de red (Tecnologías digitales).

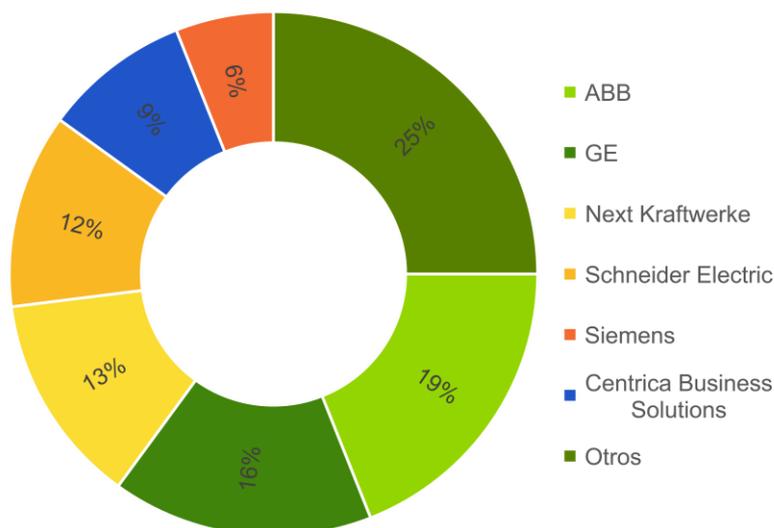
¹⁹² Se desprende claramente que estos mercados son significativos si esto se compara con mercados más consolidados, como el mercado del sistema de gestión energética de edificios (BEMS) de la UE, que tiene un tamaño de 1 200 millones EUR en 2020 (fuente: Informe sobre competitividad de ASSET para la Comisión Europea). En el documento CETTIR [SWD(2020) 953], apartado 3.17.4., esta tecnología se describe junto al sistema de gestión de la energía doméstica y el mercado de los agregadores de energía. También podría esperarse que estos mercados se integren poco a poco con los mercados aquí descritos.

nórdicos. Dentro de Europa, se prevé que Alemania capte alrededor de un tercio de la capacidad anual total del mercado de las centrales eléctricas virtuales para 2028.

Las tecnologías digitales para una mejor operación y mantenimiento de la red, un mercado que se centra particularmente en los operadores de red. Este es también un mercado en crecimiento, que se espera alcance los 200 millones EUR para plataformas de *software* de mantenimiento predictivo en la UE de aquí a 2030, y 1 200 millones EUR para los sensores de la internet de las cosas. Se prevé que el mercado de la internet de las cosas crezca en un 8,8 % entre 2020 y 2030.

Mercado mundial: la UE ocupa una posición destacada en ambos ámbitos. Muchas de las empresas globales son europeas (Schneider Electric SE y Siemens). La competencia más fuerte proviene de empresas estadounidenses, incluidas varias empresas emergentes innovadoras. El mercado del *hardware* de dispositivos sensores y de control de la internet de las cosas se compone de varios agentes principales con amplias carteras y numerosas pequeñas y medianas empresas en nichos de mercado. Unas cuantas empresas globales (Hitachi ABB193, IBM, Schneider Electric SE, Oracle, GE, Siemens y C3.ai) dominan el mercado de las soluciones de *software*, al que los nuevos operadores tienen más dificultades para acceder. El mercado mundial de los servicios digitales se muestra en el gráfico 17.

Gráfico 17: Principales agentes del mercado y cuota de mercado de los servicios digitales, a nivel mundial, 2020



Fuente 15: Estudio de ASSET sobre competitividad

Varios proveedores de petróleo y gas y de otras energías están realizando inversiones estratégicas en tecnologías de gestión de redes, en particular en servicios, y han adquirido o invertido en empresas emergentes más pequeñas en los mercados europeo y estadounidense. Shell y Eneco han invertido en las empresas alemanas Sonnen¹⁹⁴ y Next

¹⁹³ Todavía tienen que analizarse mejor las consecuencias de la cesión de ABB a Hitachi (<https://new.abb.com/news/detail/64657/abb-completes-divestment-of-power-grids-to-hitachi>).

¹⁹⁴ Shell es propietaria del 100 % de las acciones de Sonnen: <https://www.shell.com/media/news-and-media-releases/2019/smart-energy-storage-systems.html>, 15 de febrero de 2019.

Kraftwerke respectivamente¹⁹⁵, y Engie ha invertido en la británica Kiwi Power¹⁹⁶. Esta tendencia parece verse confirmada por el hecho de que sesenta y cinco de las doscientas empresas de reciente creación en las que han invertido las empresas petroleras y de gas pertenecen al ámbito de la digitalización, que es el sector situado en tercer lugar después de las empresas convencionales de fase inicial y las energías renovables¹⁹⁷.

Aunque las plataformas de *software* están alcanzando niveles de madurez, las aplicaciones para que las tecnologías digitales proporcionen servicios de red siguen impulsando la innovación en el mercado. El volumen de datos es relativamente pequeño en comparación con otros sectores, por lo que el reto de innovación no reside en los volúmenes de datos ni en las tecnologías de análisis de datos¹⁹⁸. Este tiene que ver con la disponibilidad de distintas fuentes de datos distribuidas —y el acceso a estas— para que los proveedores de *software* puedan suministrar soluciones integradas a sus clientes. Por tanto, es fundamental que haya plataformas interoperables en todo el mercado para un fácil acceso a los datos e intercambio de datos.

3.7 Otras conclusiones sobre otras tecnologías y soluciones de energías limpias y de bajas emisiones de carbono

Tal como se describe en el documento de trabajo de los servicios de la Comisión que acompaña a este informe, la UE tiene una posición competitiva fuerte en las **tecnologías de energía eólica terrestre y energía hidroeléctrica**. En lo que respecta a la energía eólica terrestre, la gran escala del mercado¹⁹⁹ y la creciente capacidad fuera de Europa ofrecen perspectivas prometedoras para que la industria de la UE llegue a estar relativamente bien situada en la cadena de valor de la energía eólica²⁰⁰. Del mismo modo, para la **energía hidroeléctrica**, la importancia del mercado²⁰¹ y el peso de la UE en las exportaciones mundiales (48 %) constituyen elementos clave de cara a una industria competitiva. No obstante, un reto fundamental de cara al futuro para ambas tecnologías es centrar la investigación para aprovechar la oportunidad de repotenciar/renovar las instalaciones más viejas con el fin de aumentar su aceptación social y reducir su huella. En cuanto a los **combustibles renovables**, la cuestión fundamental es pasar de combustibles de primera generación²⁰² a combustibles de segunda y tercera generación a fin de incrementar la sostenibilidad de las materias primas y optimizar su uso. Para ello, los proyectos de expansión y demostración adquirirán importancia de ahora en adelante.

Para aumentar la cuota de mercado de la UE en los mercados de las **tecnologías de la energía geotérmica** (mercado de aprox. mil millones EUR) y las **tecnologías de la energía solar** (mercado de aprox. 3 000 millones EUR), el reto que se plantea es realizar un mayor despliegue de las aplicaciones de calor nuevas y ya existentes tanto para los edificios (especialmente en el caso de la geotérmica) como para la industria

¹⁹⁵ Eneco posee una participación minoritaria del 34 %: <https://www.next-kraftwerke.com/news/eneco-group-invests-in-next-kraftwerke>, 8 de mayo de 2017.

¹⁹⁶ Engie posee algo menos del 50 % de las acciones, pero es el mayor accionista: <https://theenergyst.com/engie-acquires-dsr-aggregator-kiwi-power/>, 26 de noviembre de 2018.

¹⁹⁷ *The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices* (La transición energética y las difíciles decisiones de las empresas petroleras) – Oxford Institute for Energy Studies, julio de 2019; Rob West, fundador, asociado de energía e investigación de Thundersaid, OIES y Bassam Fattouh, director, OIES, p. 6.

¹⁹⁸ Véase el documento CETIR [SWD(2020) 953], apartado 3.17., para más información.

¹⁹⁹ Ingresos de la industria eólica de la UE en 2019: 86 100 millones EUR.

²⁰⁰ Los fabricantes europeos representan alrededor del 35 %; los chinos, casi el 50 %.

²⁰¹ Actual mercado de la Europa de los Veintiocho: 25 000 millones EUR.

²⁰² El volumen de negocios de la industria de biocombustibles de la Europa de los Veintisiete fue de 14 000 millones EUR en 2017 (principalmente materias primas de primera generación).

(especialmente la energía solar), así como seguir fomentando el potencial de innovación para integrar estas tecnologías a escala. El desarrollo de las tecnologías de **captura y almacenamiento de carbono** se está viendo obstaculizado por la falta de modelos de negocio y mercados viables. En lo que respecta a las tecnologías de energía **nuclear**, las empresas de la UE son competitivas a lo largo de toda la cadena de valor. El actual enfoque de la competitividad consiste en desarrollar y construir conforme a unos plazos fijados y en garantizar la seguridad de todo el ciclo de vida de la energía nuclear, con especial atención a la eliminación de residuos radioactivos y la clausura de las centrales que cierran. Se están desarrollando innovaciones tecnológicas como reactores modulares pequeños para mantener la competitividad de la UE en el ámbito nuclear.

Un sector clave para la reducción del consumo energético son los **edificios**, que representan el 40 % del consumo de energía en la UE. La UE ocupa una posición destacada en determinados sectores²⁰³, como el de los componentes de construcción prefabricados²⁰⁴, los sistemas de calefacción urbana, las tecnologías de bomba de calor y los sistemas de gestión energética doméstica/de edificios (HEMS/BEMS, por sus siglas en inglés). En lo que respecta a la industria de la iluminación de bajo consumo²⁰⁵, la UE tiene una larga tradición en el diseño y el suministro de sistemas de iluminación innovadores y de alta eficiencia. El reto en materia de competitividad reside en la fabricación en serie a gran escala que es posible en el caso de los dispositivos de iluminación con semiconductores. Los proveedores asiáticos se encuentran en una posición más favorable puesto que pueden ampliar a una capacidad mucho más elevada (economías de escala). No obstante, por su parte, el sector industrial europeo cuenta con elevadas cualificaciones en diseños innovadores y nuevos enfoques.

Por último, la transición energética no trata solo de las tecnologías, sino que también consiste en integrar estas tecnologías en el sistema. A fin de avanzar con éxito hacia economías y sociedades de cero emisiones netas hay que situar a los **ciudadanos** en el centro de todas las acciones²⁰⁶ mediante un atento análisis de los principales factores y estrategias de motivación para implicarlos y situando al consumidor de energía en un contexto social más amplio. El actual marco jurídico a nivel de la UE ofrece una clara oportunidad para que los consumidores de energía y los ciudadanos tomen la delantera y se beneficien claramente de la transición energética. Sobre la base de las tendencias de urbanización observadas, las **ciudades** pueden desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de un enfoque holístico e integrado²⁰⁷ de la transición energética, y su vínculo con otros sectores, como la movilidad, las TIC y la gestión de residuos o de aguas. Esto, a su vez, requiere investigación e innovación en materia de tecnologías y

²⁰³ No se han podido cubrir todos los sectores en este primer informe debido a limitaciones de disponibilidad de datos. Otros sectores que se deberían analizar prioritariamente incluyen el envoltorio de los edificios y técnicas/modelización/diseño de construcción.

²⁰⁴ El valor de la producción de la Europa de los Veintiocho aumentó de 31 850 millones EUR (en 2009) a 44 380 millones EUR (en 2018). En ese mismo período, las exportaciones de la Europa de los Veintiocho al resto del mundo aumentaron de 830 millones EUR a 1 880 millones EUR. Por otro lado, las importaciones se han mantenido relativamente estables: alrededor de 180 millones EUR en 2009 hasta 260 millones EUR en 2018, con un mínimo de 150 millones EUR en 2012 y 2013.

²⁰⁵ Se espera que el mercado europeo de la iluminación crezca de 16 300 millones EUR en 2012 a 19 800 millones EUR en 2020 - Centro para la Promoción de las Importaciones (CBI) del Ministerio de Asuntos Exteriores neerlandés, «Iluminación electrónica en los Países Bajos», 2014.

²⁰⁶ Las estrategias de implicación tienen que ser a la vez individuales y orientadas a la comunidad, destinadas no solo a ofrecer incentivos económicos, sino también a cambiar los comportamientos individuales atendiendo a factores no económicos, como proporcionar retroalimentación sobre consumo energético recurriendo a las normas sociales.

²⁰⁷ Entre otras cosas, mediante las tecnologías, la planificación urbana holística, una combinación de inversiones públicas y privadas a gran escala y la creación conjunta entre los responsables de las políticas, los actores económicos y los ciudadanos.

procesos, conocimientos y aumento de las capacidades en el que participen las autoridades municipales, las empresas y los ciudadanos.

CONCLUSIONES

En primer lugar, el presente informe pone de manifiesto el potencial económico del sector de las energías limpias. Esta conclusión está también respaldada por la reciente evaluación de impacto del Plan del Objetivo Climático para 2030²⁰⁸. El hecho de que el Pacto Verde Europeo presente un claro potencial para constituir la estrategia de crecimiento de la UE a través del sector energético también refuerza esta idea. En este análisis, los hechos demuestran que el sector de las tecnologías energéticas limpias está obteniendo mejores resultados que las fuentes de energía tradicionales y, en comparación, está generando más valor añadido, empleo y mano de obra productiva. El sector de las energías limpias está adquiriendo importancia en la economía de la UE, en consonancia con el aumento de la demanda de tecnologías limpias.

Al mismo tiempo, está disminuyendo la inversión pública y privada en I+i destinada a las energías limpias, lo cual pone en riesgo el desarrollo de tecnologías clave necesarias para descarbonizar la economía y lograr los ambiciosos objetivos del Pacto Verde Europeo. Este descenso también puede tener una repercusión negativa en el crecimiento económico y del empleo observado hasta la fecha. Asimismo, el sector energético no está invirtiendo demasiado en I+i en comparación con otros sectores y, dentro de la industria energética, las que invierten más en I+i son las empresas petroleras y de gas. Aunque hay indicios positivos y las empresas petroleras y de gas están invirtiendo cada vez más en tecnologías energéticas limpias (p. ej., eólica, fotovoltaica y digital), estas tecnologías siguen formando solo una pequeña parte de sus actividades.

Esta trayectoria no resulta suficiente para que la UE pase a ser el primer continente climáticamente neutro y lidere la transición a las energías limpias a nivel mundial. Se requiere un considerable aumento de la inversión en I+i, tanto pública como privada, para mantener a la UE en este camino hacia la descarbonización. Las futuras inversiones en la recuperación económica brindarán una oportunidad especialmente buena para ello. A nivel nacional, la Comisión alentará a los Estados miembros a considerar la fijación de objetivos nacionales de inversión en I+i para respaldar las tecnologías energéticas limpias como parte del llamamiento general a una mayor inversión en I+i destinada a la ambición climática. La Comisión también trabajará con el sector privado para intensificar sus inversiones en I+i.

En segundo lugar, los objetivos de la UE en materia de reducción de las emisiones de CO₂, energías renovables y eficiencia energética han impulsado inversiones en nuevas tecnologías e innovaciones que han propiciado unas industrias competitivas a nivel mundial. Esto demuestra que un mercado interno sólido es un factor clave para la competitividad industrial en las tecnologías energéticas limpias y que promoverá inversiones en I+i. Sin embargo, las principales características del mercado de la energía (en particular la elevada intensidad de capital, los largos ciclos de inversión, la nueva dinámica del mercado, en combinación con una baja rentabilidad de la inversión) hacen difícil atraer suficientes niveles de inversión a este sector, lo que afecta a su capacidad de innovación.

²⁰⁸ COM(2020) 562 final.

La experiencia en la fabricación de componentes de energía solar fotovoltaica en la UE indica que un mercado interno fuerte no es suficiente por sí solo. Además de fijar objetivos para generar demanda de nuevas tecnologías, se necesitan políticas que apoyen la capacidad de la industria de la UE de responder a esta demanda. Esto incluye el desarrollo de plataformas de cooperación industriales para tecnologías específicas (p. ej., sobre baterías y sobre hidrógeno). Este tipo de acciones adicionales también pueden ser necesarias para otras tecnologías, en cooperación con los Estados miembros y la industria.

En tercer lugar, pueden extraerse conclusiones concretas de las seis tecnologías analizadas que, según las previsiones, desempeñarán un papel cada vez más importante en la combinación energética de la UE para 2030 y 2050. En lo que respecta a la industria de la energía solar fotovoltaica, existen importantes oportunidades de mercado en los segmentos de la cadena de valor en los que resultan fundamentales la especialización o los productos de alto rendimiento/alto valor. Del mismo modo, en el ámbito de las baterías, la actual recuperación competitiva de la UE en el segmento de la fabricación de celdas a través de iniciativas como la Alianza Europea de Baterías complementa la posición más consolidada de la industria europea en los segmentos finales basados en el valor, como la fabricación e integración de conjuntos de baterías y el reciclado de baterías. Es esencial recuperar la ventaja competitiva en ambas tecnologías, habida cuenta de su demanda prevista, la modularidad y el potencial de efectos expansivos (p. ej., integración de la tecnología fotovoltaica en edificios, vehículos u otras infraestructuras).

En la energía oceánica, el hidrógeno renovable y la industria eólica, la UE tiene actualmente la ventaja «de llevar la iniciativa». Sin embargo, el enorme aumento previsto de la capacidad de los mercados indica que la estructura de la industria cambiará inevitablemente: los conocimientos técnicos tendrán que ser compartidos entre las distintas empresas, y los Estados miembros y el sector privado tendrán que reestructurar y agrupar sus cadenas de valor para conseguir las economías de escala y los efectos indirectos positivos necesarios. Por ejemplo, la actual posición preponderante de la UE en el mercado de los electrolizadores, a lo largo de toda la cadena de valor, desde el suministro de componentes hasta la capacidad de integración final, ofrece un considerable potencial para que se produzcan efectos expansivos entre los ámbitos de las baterías, los electrolizadores y las pilas de combustible. La anunciada Alianza Europea por un Hidrógeno Limpio reforzará en mayor medida el liderazgo mundial de Europa en este ámbito. En lo que respecta a la energía oceánica, las tecnologías todavía no son comercialmente viables y deben identificarse regímenes de ayuda financiera al objeto de mantener y expandir la actual posición de liderazgo de la UE.

La industria de la energía eólica marina, con su consolidada capacidad innovadora que traspasa las fronteras de la tecnología (p. ej., parques eólicos flotantes), necesita adoptar la perspectiva de un mercado interno en expansión así como una financiación constante de la I+D+i a fin de beneficiarse del crecimiento en los mercados mundiales. Las industrias de redes inteligentes y HVDC de la UE también están obteniendo buenos resultados y, aunque se trata de un mercado pequeño en comparación con el de la energía eólica o la solar fotovoltaica, es también importante porque genera valor para todo aquello que se conecta a la red. Dado su carácter regulado, los gobiernos y los organismos reguladores de la UE tienen un papel fundamental en el aprovechamiento de los beneficios de esta industria.

En cuarto lugar, el avance hacia las tecnologías limpias también desplaza la dependencia de las importaciones de la UE desde los combustibles fósiles hasta un uso cada vez mayor de materias primas esenciales en las tecnologías energéticas. No obstante, esta dependencia es menos directa que la de los combustibles fósiles ya que estos materiales presentan el potencial de permanecer en la economía a través de la reutilización y reciclado. Esto puede mejorar la resiliencia de las cadenas de suministro de las tecnologías energéticas limpias y, con ello, reforzar la autonomía estratégica abierta de la UE. Existe una clara necesidad de inversión en I+i para que el diseño de los componentes de las tecnologías energéticas limpias sea más reutilizable y reciclable, con el fin de que los materiales se queden en la economía durante el mayor tiempo posible y con el valor/rendimiento más elevado posible. En relación con el progreso hacia una mayor circularidad, la participación de la UE en foros internacionales como el G-20, el Foro Ministerial sobre Energías Limpias y «Mission Innovation» le permitirá promover la creación de normas medioambientales para las nuevas tecnologías y seguir reforzando su liderazgo a nivel mundial, además de mitigar el riesgo de perturbaciones del suministro y los riesgos para la sostenibilidad y la calidad de las tecnologías.

En quinto lugar, la Comisión Europea seguirá desarrollando la metodología en materia de evaluación de la competitividad en cooperación con los Estados miembros y las partes interesadas. El objetivo de esto es mejorar el análisis macroeconómico del sector de las energías limpias, incluido el requisito indispensable de contar con más datos. Una metodología mejorada contribuirá al diseño de una política sobre I+i en materia de energía que ayude a crear una industria de las tecnologías limpias resiliente, competitiva y dinámica. La evaluación anual de la competitividad del sector de las energías limpias vendrá a complementar el marco de los planes nacionales integrados de energía y clima, el Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética y el Foro sectorial sobre energía limpia. El objetivo de una evaluación continua y mejorada es que el sector de las energías limpias pueda desempeñar plenamente su papel a la hora de hacer del Pacto Verde Europeo una estrategia de crecimiento de la UE en la práctica.