

# TRANSICIÓN A LA ECONOMÍA VERDE: EXPERIENCIA DE ESPAÑA

**Tatiana V. Sidorenko**

*Ph.D. (Economía) (tsidoren@yandex.ru)*

*Profesora auxiliar*

Universidad Financiera adjunta al Gobierno de la Federación de Rusia  
Leningradski prospect, 49, Moscú, 125993, Federación de Rusia

SPIN-código: 2713-1072; ORCID: 0000-0002-9100-1767;  
ResearcherID: B-6299-2016

Recibido el 7 de marzo de 2023

Aceptado el 1 de agosto de 2023

**DOI:** 10.37656/s20768400-2023-3-03

**Resumen.** *La autora analiza el estado actual y las metas de la transformación verde de la economía española. Dicha transformación es una de las prerrogativas de la estrategia económica del gobierno de Pedro Sánchez encaminada a lograr la neutralidad de carbono para el año 2050, de conformidad con el Pacto Verde aprobado por la Unión Europea en diciembre de 2019. Pese a los numerosos factores que benefician el desarrollo de las energías renovables en España (y gracias a los cuales la nación se ha convertido en uno de los líderes mundiales en este ámbito), hoy día el país tropieza con serias dificultades en el proceso de la transición verde. En particular, son altos costos de la producción eléctrica mediante las fuentes de energías renovables (FER); alto costo del hidrógeno verde, lo que lo hace poco competitivo; amenazas a la seguridad nacional como resultado de la digitalización de la infraestructura energética; riesgo de caer en dependencia de la materia prima extranjera, en primer término, metales raros (MR) y otros minerales de importancia vital para la producción y mantenimiento técnico de las instalaciones de energías renovables; riesgos ambientales debido al crecimiento de la extracción de los MR y a la utilización de las tecnologías que se emplean para generar las energías renovables.*

**Palabras clave:** *transición verde, política económica, fuentes de las energías renovables, hidrógeno verde, neutralidad de carbono, riesgos ambientales, España*

Tatiana V. Sidorenko

## TRANSITION TO GREEN ECONOMY: EXPERIENCE OF SPAIN

**Tatiana V. Sidorenko**

*Ph.D. (Economics) (tsidoren@yandex.ru)*

*Associate professor*

Financial University under the Government of the Russian Federation  
49, Leningradskiy prospect, Moscow, 125993, Russian Federation

Leningradski prospect, 49, Moscó, 125993, Federación de Rusia

SPIN-código: 2713-1072; ORCID: 0000-0002-9100-1767;

ResearcherID: B-6299-2016

Received on March 7, 2023

Accepted on August 1, 2023

**DOI:** 10.37656/s20768400-2023-3-03

**Abstract.** *The article deals with the current state of the green transformation in Spain, which is an important prerogative of its economic strategy aimed to achieve an outright carbon neutrality by 2050, according to the Green Deal of the European Union adopted in December 2019. The country has many drivers to make it one of the world leaders in the field of renewable energy. At the same time, Spain faces hardships which hamper its efforts on the way to the green economy: high costs of electricity from renewable energy sources (RES); expensive green hydrogen production, which bars this kind of fuel from being competitive; a threat to national security due to the digitalization of energy infrastructure; the risk of dependence on outlandish minerals critical for the making and revamping of renewable energy installations; environmental risks stemming from the rare earth metals mining, as well as from the need to utilize the equipment and outfits used for renewable energy production.*

**Key words:** *green transition, economic policy, renewable energy sources, green hydrogen, carbon neutrality, environmental risks, Spain*

## ПЕРЕХОД К «ЗЕЛеноЙ ЭКОНОМИКЕ»: ОПЫТ ИСПАНИИ

**Татьяна Викторовна Сидоренко**

*Канд. экон. наук (tsidoren@yandex.ru)*

*Доцент*

Financioso университет при Правительстве РФ  
РФ, 125993, Москва, Ленинградский проспект, 49

SPIN-código: 2713-1072; ORCID: 0000-0002-9100-1767;  
ResearcherID: B-6299-2016

Статья получена 7 марта 2023 г.

Статья принята 1 августа 2023 г.

**DOI:** 10.37656/s20768400-2023-3-03

***Аннотация.** В статье анализируются современное состояние и задачи зеленой трансформации испанской экономики как одной из прерогатив экономической стратегии правительства Педро Санчеса по достижению углеродной нейтральности к 2050 г. согласно принятому в декабре 2019 г. Зеленому курсу Европейского союза. Несмотря на факторы, стимулирующие развитие возобновляемой энергетики, благодаря которым Испания превратилась в одного из мировых лидеров в данной области, в настоящее время существуют и существенные препятствия на пути зеленого перехода: большие издержки при выработке электроэнергии из возобновляемых источников (ВИЭ); высокая стоимость и неконкурентоспособность производства зеленого водорода; угроза национальной безопасности в связи с цифровизацией энергетической инфраструктуры и проблемами кибербезопасности; зависимость от импорта редкоземельных металлов и минералов, необходимого для строительства и обслуживания установок, производящих возобновляемую энергию; экологические риски из-за роста добычи редкоземельных металлов, а также необходимости утилизации технологий, используемых при производстве электроэнергии на основе ВИЭ.*

***Ключевые слова:** зеленый переход, экономическая политика, возобновляемые источники энергии, зеленый водород, углеродная нейтральность, экологические риски, Испания*

La transformación verde de la economía es uno de los ejes estratégicos de la política económica del gobierno de Pedro Sánchez. Su objetivo es lograr la neutralidad del carbono para el año 2050, en cumplimiento del Pacto Verde Europeo aprobado por la Unión Europea (UE) en diciembre de 2019. Dicho documento confirma el apego de la UE a la política de descarbonización completa de las economías de sus países miembros, lo que convierte este bloque en líder mundial de la

transición a la economía verde con el fin de aminorar la dependencia de las importaciones de los recursos energéticos y ser un centro económico capaz de proponer estándares en nuevos mercados prometedores [1, p. 5]. Es importante notar que el Pacto Verde se sustenta en el Acuerdo de París, sellado en diciembre de 2015 y orientado a limitar el calentamiento global a 2 grados centígrados en el presente siglo y, paralelamente, buscar medios para limitarlo hasta 1,5 grados [2]. Por otro lado, esta política procura alcanzar los objetivos de la Agenda para el Desarrollo Sostenible hasta el año 2030. En primer término, se trata de los objetivos 13 (medidas urgentes para afrontar el cambio climático y sus consecuencias) y 7 (garantía de acceso universal a las fuentes de energía baratas, seguras, infalibles y modernas) [3].

### **La transición verde como una de las prerrogativas de la estrategia económica del gobierno español**

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia para el período de 2021-2026 considera la transición verde como una tarea primordial [4, pp. 8, 22]. En en abril de 2021, el gobierno español sometió este plan la consideración de la Comisión Europea para recibir 140 mil millones de euros prometidos para efectuar las reformas conforme a las prioridades europeas. Hay que resaltar que para España cumplir este cometido sería muy importante tanto por la necesidad de enfrentar el cambio climático como para disminuir la dependencia de los hidrocarburos importados, ante todo, del petróleo y del gas. Como España no posee reservas de estos combustibles, entre los países de la UE es uno de los que más dependen de su importación. En 2020, el 68,9% de los recursos energéticos consumidos fue importado, lo que superaba la tasa promedio de la UE (el 57%) [5, p. 38].

De acuerdo con el Plan, la transición energética justa e inclusiva constituye un medio transcendental para alcanzar el

objetivo declarado. A su vez, tal transición supone el empleo de cuatro herramientas básicas [4, pp. 26, 150-153]:

- la introducción de fuentes de energía renovable (FER). Se propone aumentar su aportación al consumo final de la energía y aprovechar oportunidades sociales y económicas de aquella. Los principales objetivos a conseguir en este campo se hallan consignados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, aprobado en marzo de 2021. Para estos fines el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia asigna 3,16 mil millones de euros;

- la infraestructura eléctrica, promoción de redes intelectuales y creación de depósitos de la energía. La tarea principal consiste en modernizar las redes de transmisión de la energía eléctrica para que sea más flexible, segura y sostenible y pueda basarse, en primer lugar, en las energías renovables. Para estos fines en el Plan están previstos 1,36 mil millones de euros;

- la hoja de ruta para la producción y el uso del hidrógeno renovable y su integración sectorial. La tarea consiste en crear un ambiente favorable para producir e implementar el hidrógeno renovable como vector clave del desarrollo energético a largo plazo. Tal enfoque pone en evidencia el compromiso de España con la política europea de descarbonizar la economía, por un lado, y el anhelo de convertir el país en un verdadero patrón tecnológico en la producción y utilización del hidrógeno renovable, así como en la formación de cadenas innovadoras de valor agregado, por el otro. A estos fines se destinan 1,56 mil millones de euros;

- una estrategia de transición justa. Este mecanismo tiene por objeto reducir al mínimo perniciosos efectos económicos y sociales que pueda traer la transición a la economía verde y baja en carbono, proceso que indefectiblemente implica el cierre de las minas, las centrales eléctricas de carbón, así como de las centrales atómicas. Todo esto tendrá efecto negativo para el empleo y puede provocar la despoblación de varias regiones del

país. Es importante señalar que España planea cerrar en 2027-2035 todas las centrales atómicas en funcionamiento. Para este rubro el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia ofrece 300 millones de euros.

En total, para el período de 2021 a 2023 el Plan asigna el 8,9% del presupuesto nacional (69,5 mil millones de euros) para llevar a cabo una transición energética justa e inclusiva. Si se toman en cuenta otras corrientes de la política económica del gobierno español que también contribuirán a la transición verde, resulta que en el lapso indicado el Estado destinará para estas actividades el 39,7% de los recursos presupuestarios [4, p. 11].

El fundamento jurídico de la transición son la Ley de Cambio Climático y Transición Energética y el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2023, aprobados en 2021; la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP 2050), aprobada en 2020; la Estrategia Contra la Pobreza Energética y la Estrategia de Transición Justa aprobadas en 2019.

En lo que se refiere a la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, es importante subrayar que ha sido la primera en la historia del país que brinda protección legal y orientada para conseguir el objetivo 13 de la Agenda para el Desarrollo Sostenible hasta el año 2030. Su entrada en vigencia acredita el apego de España a la orientación de la Unión Europea de afrontar el cambio climático y de beneficiar la transición verde como componente clave del desarrollo económico nacional. Conforme a las estimaciones gubernamentales, la transición verde tendrá un efecto positivo, propiciando tanto el crecimiento del PIB como el aumento del empleo, lo cual será posible gracias a la inversión de 200 mil millones de euros [6, p. 62012].

La herramienta más importante para lograr la neutralidad del carbono de la economía española para el año 2050 es el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, cuyos objetivos fundamentales hasta el año 2030 son los siguientes:

- reducir las emisiones de los gases de invernadero a la atmósfera en el 23% en comparación con el nivel del año 1990;
- incrementar hasta el 42% la parte de las fuentes de energía renovable en el consumo energético final;
- aumentar hasta el 74% el porcentaje de la energía renovable en la estructura de la producción eléctrica;
- elevar la eficiencia energética en el 39,5%.

Para llegar a la neutralidad de la emisión de los gases de invernadero para el año 2050, el país ha de reducirlos como mínimo en un 90% en comparación con el año 1990, así como generar la electricidad exclusivamente mediante las FER [7, p. 36807]. Dado que el grueso de las emisiones en España viene del sector energético (tres de cada cuatro toneladas), la descarbonización de esta rama es la piedra angular de la transición energética y de la transformación económica del país.

El Plan fija cinco esferas que serán foco de atención del gobierno durante los próximos cinco años. Se trata de:

- descarbonizar la economía, reduciendo en un 20% las emisiones de los gases de invernadero a la atmósfera en comparación con el año 1990. Para lograrlo, será importante acrecentar la parte de las FER en el consumo final;
- mejorar la eficiencia energética;
- fortalecer la seguridad energética disminuyendo hasta el 61% la dependencia de los recursos extranjeros;
- desarrollar el mercado energético interno;
- impulsar I y D, implementar innovaciones y aumentar la competitividad de la economía nacional [7, pp. 36807-36813].

### **El desarrollo de la energía renovable: su estado actual y las tareas hasta el año 2030**

Los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima implican cambio profundo del balance energético debido al fomento acelerado de la energía renovable. Hay que subrayar que existe una serie de factores que estimulan el uso de las FER en España.

Primero, el país posee un potencial considerable para usar energía renovable gracias a favorables condiciones naturales y climáticas. Específicamente, son el alto nivel de la insolación y gran capacidad eólica del Océano Atlántico y del Mar Mediterráneo.

Segundo, España depende fuertemente de la importación de recursos energéticos. Esta dependencia tuvo su máximo histórico en 2008 alcanzando el 81,3% [8]. La consecuencia fue el déficit del balance comercial que en aquel año llegó a 85 mil millones de euros (en 2021 se logró reducirlo a 34 mil millones) [9].

Tercero, España ha tenido éxitos en el desarrollo de la energía alternativa, lo que la colocó en el quinto lugar en el mundo y el segundo en Europa (después de Alemania) en cuanto a la capacidad eólica. También se encontró en la lista de diez países del mundo que cuentan con la mayor capacidad de generación fotovoltaica solar. Todo eso ha sido posible gracias al esmero gubernamental en desarrollar las energías renovables (España aplica esta política desde 1986, cuando fue aprobado el primer plan de utilización de las energías renovables).

Cuarto, varias compañías energéticas españolas (*Iberdrola*, *Enel*, *Endesa*) son líderes mundiales en la generación de la electricidad a base de las FER. Dichas empresas disponen de tecnologías más modernas para producir energías renovables, lo que les permite no solo exportarlas sino también invertir en la construcción de centrales solares y eólicas en diferentes regiones del mundo. Así, según los datos de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), en 2020 España ocupó la quinta posición a nivel mundial en las exportaciones de equipos para las centrales eólicas, siendo su parte en el mercado mundial del 8,3% [10].

Quinto, la UE proporciona enormes recursos financieros para que el país pueda realizar su transición verde.



Lo expuesto arriba convierte a España en uno de los países más atractivos con respecto al desarrollo de las energías renovables. Según la investigación titulada *Renewable Energy Country Attractiveness Index* (RECAI), publicada por la compañía de auditoría y consultoría *Ernst & Young*, España se encuentra en la octava posición mundial por el Índice de Atracción de Energía Renovable [11, p. 27].

Además, cabe señalar que en las condiciones actuales los riesgos del cambio climático en nuestro planeta obligan a incrementar las inversiones en la transformación verde. Al mismo tiempo, la crisis energética originada por la operación militar de Rusia en Ucrania ha dado un impulso inusitado al desarrollo de las energías renovables en el mundo, incluida España. Conforme a los datos oficiales, de enero a noviembre de 2022 España pudo atraer US\$32,8 mil millones de inversiones extranjeras directas que es un récord histórico absoluto. De este monto, US\$12,5 mil millones (el 38%) se invirtieron en la energía renovable [12].

Los logros españoles en el desarrollo de energía renovable durante los últimos 35 años realmente impresionan. De acuerdo con el informe *Statistical Review of World Energy*, preparado por la compañía *British Petroleum*, en 2021 la parte de las FER en la generación eléctrica en España fue del 46,1%. A su vez, la parte del carbón fue no más que el 2,2%; del petróleo, el 3,8% y del gas, el 25,4%. Las centrales atómicas generaron el 20,7% de la energía eléctrica (Véase el Diagrama 1).

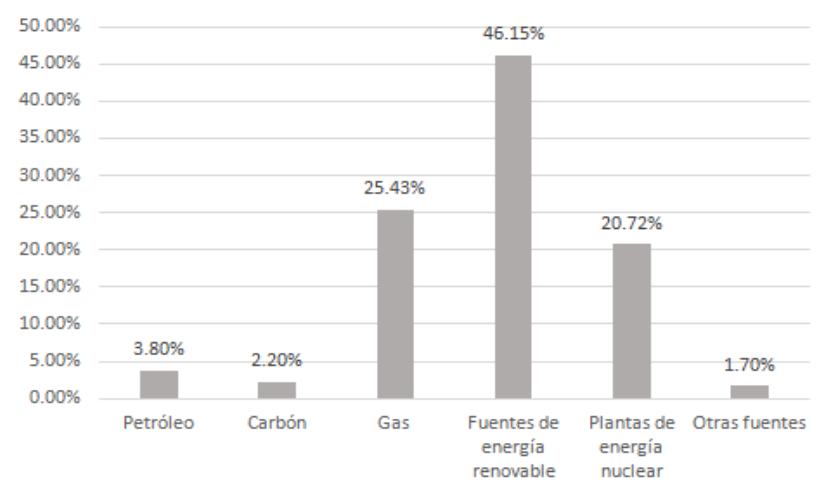
El 49,8% de la energía eléctrica proveniente de las FER fue generado por las centrales eólicas, el 23,6%, por las hidroeléctricas, el 21,4% por energía solar y el 5,3% por las plantas de otro tipo [13, p. 45].

Los avances se deben a nuevas centrales de energías renovables y al aumento de su capacidad conjunta. En el cuadro 1 podemos ver que en los años 2010-2019 la potencia de las centrales de esta índole creció 1,3 veces. El mayor crecimiento lo mostraron parques de energía solar, sobre todo,

centrales heliotérmicas, cuyo rendimiento se acrecentó 3,1 veces, mientras el de las plantas fotovoltaicas aumentaron 2,3 veces.

### Diagrama 1

La estructura de la producción de la energía eléctrica por el tipo de combustible



Calculado por: BP Statistical Review of World Energy, 2022, p. 51.

### Cuadro 1

Las capacidades de las centrales de energías renovables en España, 2010-2019, megavoltios

	2010	2019
En total	44806	58269
Entre ellas:		
Eólicas	20693	25583
Hidroeléctricas	18535	20114
Fotovoltaicas	3873	8973
Heliotérmicas	732	2304
Centrales de biomasa	545	723

Fuente: La Energía en España, 2019. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022, p. 199.

La potencia de las plantas eólicas aumentó en dicho período 1,2 veces. El crecimiento acelerado de las capacidades de plantas de energía solar frente a las de parques eólicos y centrales hidroeléctricas hizo que la parte de los parques eólicos dentro de las capacidades de las centrales eléctricas renovables bajara del 46,2 al 43,9% y la de las hidroeléctricas, del 41,4 al 34,5%; que subiera la parte de las plantas fotovoltaicas del 8,6 al 15,4% y la de las heliotérmicas, del 1,6 al 4%. Mientras tanto, la parte de las centrales de biomasa no se ha alterado, manteniéndose en el 1,2%. Es de indicar que según las evaluaciones preliminares de la Asociación de Empresas de Energías Renovables de España, en 2021 las capacidades de las centrales de energías renovables aumentaron en 5649 megavoltios [14, p.7].

El potencial del desarrollo de las energías renovables se diferencia conforme a la situación geográfica de cada tipo. Según el Cuadro 2, la energía eólica ha tenido el mayor impulso en cuatro comunidades autónomas: Castilla y León, Andalucía, Castilla-La Mancha y Galicia. En 2019 dichas regiones acumulaban el 70% de las capacidades eólicas. El 63% de las plantas fotovoltaicas se ubican en Castilla-La Mancha, Andalucía, Extremadura y Castilla y León; el 97% de las heliotérmicas se concentran en el territorio de Andalucía, Extremadura y Castilla-La Mancha; lo que se refiere a las hidroeléctricas, el 37% se encuentra en Galicia, Castilla y León y Castilla-La Mancha.

El rápido auge de la industria de energías renovables incrementó la parte de esta rama en el PIB: del 0,94 en 2013 al 1,58% para el año 2021 [14, p. 6]. Al mismo tiempo, el empleo en este sector aumentó 1,45 veces: de 76,9 mil personas en 2014 a 111,4 mil en 2021 [14, p. 15].

Cuadro 2

La distribución geográfica de las energías renovables en España, 2019, %

Comunidades autónomas	Centrales eólicas	Centrales fotovoltaicas	Centrales heliotérmicas	Centrales hidroeléctricas
Andalucía	16	19	43	4
Castilla-La Mancha	16	21	14	8
Castilla y León	27	10	0	13
Extremadura	0	13	40	0
Galicia	11	0	0	37
Total	100	100	100	100

Fuente: La Energía en España, 2019. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022, p.204.

El desarrollo de las energías renovables guarda una relación intrínseca con el aumento de inversiones en I y D que es muy importante para España, cuyos gastos para este campo en 2021 fueron el 1,43% del PIB, es decir, mucho menos de la meta del 2,12% que el país plantea alcanzar para el año 2027 [15]. Vale la pena de destacar, sin embargo, que el volumen de los gastos para I y D en la rama de energías renovables (en 2021 equivalía al 2,66% del PIB sectorial) es considerablemente superior al indicador promedio en la economía y al promedio en la UE (el 2,32% del PIB) [14, p. 9].

Otro aspecto relevante es que las energías renovables contribuyen a la sustitución de importaciones en el sector energético, lo que es especialmente importante para España, dado que el 90% de su déficit comercial recae justamente sobre las compras del petróleo y del gas. En 2021 las FER permitieron ahorrar 10,3 mil millones de euros (por este monto se redujo la importación de los combustibles fósiles) [14, p.10].

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima encomienda la tarea de acrecentar 1,4 veces las capacidades de todos los

tipos de las centrales (de 111,9 mil megavoltios en 2020 hasta 160,8 mil en 2030) con el fin de aumentar hasta el 74% la parte de las FER en la producción de la electricidad para el año 2030. En 2020-2030 la capacidad de las centrales de energías renovables crecerá dos veces (véase Cuadro 3), mientras que su parte en la generación de la energía eléctrica aumentará en el mismo período del 54 al 76,3%. Es de señalar que para el año 2030 han de desaparecer las centrales de carbón, mientras que la cantidad de las centrales de petróleo y de gas deberá disminuir del 3,3 al 0,01%.

Cuadro 3

Metas para aumentar las capacidades de las centrales eléctricas en España, 2020-2030, megavoltios

	2020	2030
Eólicas	28033	50333
Hidroeléctricas	20133	24133
Fotovoltaicas	9071	39181
Heliotérmicas	2303	7303
Centrales de biomasa	613	1408
Centrales de biogas	211	241
FER de otro tipo	0	80
Centrales de carbón	7897	0
Ciclo combinado	26612	26612
Cogeneración	5239	3670
Combustible (petróleo, gas)	3708	1854
Desechos domésticos sólidos (no renovables)	610	341
Centrales atómicas	7399	3181
Depositos	0	2500
Total	111829	160837

Fuente: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. *Boletín oficial del Estado*, 2021, núm. 77, p. 37036.

El volumen total de inversiones para alcanzar las metas del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima es de 241,412 mil

millones de euros, el 38% se destinará al sector de energías renovables; el 35%, a los fines de ahorro y eficiencia, el 24%, al desarrollo de las redes eléctricas y electrificación y el 3% a otros fines. Se supone que el 80% de las inversiones será financiado por la empresa privada y el 20% por el Estado [7, p. 36816]. Las inversiones privadas principalmente se dirigirán al desarrollo de las FER, redes de distribución y transporte, así como para aumentar el ahorro y eficiencia.

Aparte de priorizar el fomento de las energías renovables, este plan contempla emplear el hidrógeno verde (es decir, ecológicamente limpio) hecho mediante la electrólisis de agua con la electricidad generada por las FER. Según IRENA, el hidrógeno verde es el último componente del enrevesado proceso de transición energética [16], cuya ventaja está relacionada con que su producción no implica emisiones de los gases de invernadero y al mismo tiempo permite hacer uso de la electricidad sobrante de las FER en los tiempos de demanda baja. Además, es capaz de descarbonizar la mayoría de los procesos industriales que no pueden ser electrificados, por ejemplo, en la producción de acero, industria petroquímica, refinación de petróleo, producción de combustible sintético, transporte pesado.

Es de recalcar que la hoja de ruta de la UE para reducir a cero las emisiones de los gases de invernadero hacia 2050 tiene por objetivo aumentar la producción y usar justamente el hidrógeno verde [17, p.85]. La estrategia de la UE en este campo adquirió una importancia especial en mayo de 2022, cuando la Comisión Europea sometió a consideración el Plan *REPowerEU* que busca disminuir a corto plazo la dependencia de los combustibles fósiles rusos y realizar una rápida transición ecológica. Eso, a su vez, implica tomar medidas para diversificar las fuentes de energía, aumentar la eficiencia energética y acelerar el uso práctico de las FER. El cumplimiento del plan requerirá atraer inversiones adicionales por un monto de 210 mil

millones de euros en el lapso de 2022-2027. Además, la Comisión Europea propuso engrosar el paquete financiero del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia a través de dotaciones por 20 mil millones de euros [18]. España recibirá 2 mil 586 millones de euros y pasará a la tercera posición en la Unión Europea después de Polonia e Italia en cuanto al volumen de dotaciones asignadas para producir el hidrógeno verde [19].

Se puede destacar las siguientes metas que España quiere conseguir en la producción del hidrógeno verde para el año 2030:

- elevar la potencia de los electrolizadores hasta 4 gigavoltios;
- aumentar la parte del hidrógeno renovable hasta el 25% en el consumo total del elemento en todas las ramas que lo usan como materia prima y fuente de energía;
- poner en operación 5000-7500 vehículos ligeros y pesados con motores de hidrógeno, y 150-200 autobuses con pilas de hidrógeno;
- crear una red de 100-150 estaciones de hidrógeno de acceso amplio;
- emplear de modo ininterrumpido trenes con motores de hidrógeno como mínimo en dos líneas comerciales de vías todavía no electrificadas de mediana y larga distancia;
- poner en operación el equipo de carga y descarga que funcionen a base de pilas de hidrógeno renovables; organizar puntos de suministro en cinco puertos y aeropuertos que tienen mayores volúmenes de cargas y pasajeros respectivamente [20, p. 9].

El objetivo estratégico de España en la producción del hidrógeno verde consiste en convertir el país en un *hub* internacional y en exportador del hidrógeno verde a otros países de la UE. Según la ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Teresa Ribera, hoy día cerca del 20% de todos los proyectos del mundo en el campo de hidrógeno

renovable se halla en España que es adelantada solo por EE.UU. [21]

Otro problema importante que enfrenta España consiste en crear una infraestructura energética inteligente y fomentar interconexiones eléctricas con otros países. Eso, sin duda, contribuirá a una distribución más racional de la energía eléctrica en la Unión Europea, permitiendo lograr su ahorro. Es de señalar que en 2020 el índice de transmisión transfronteriza de electricidad en España fue inferior a la meta establecida de 10%. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima pone de objetivo elevar el grado de la incorporación del sistema eléctrico español al sistema energético europeo hasta el 15% [7, p. 36861]. En este contexto España se dispone a llevar a la práctica para el año 2030 las interconexiones siguientes:

- interconexión con Portugal que posibilite aumentar la potencia de intercambio hasta 3000 megavoltios;
- nuevas interconexiones con Francia que incrementen la potencia de las interconexiones entre España y Francia hasta 8000 megavoltios. Se trata de las interconexión entre Aquitania (Francia) y el País Vasco (España), conocida como proyecto del Golfo de Vizcaya; entre Aragón (España) y Pirineos Atlánticos (Francia); entre Navarra (España) y Landes (Francia) [7, pp. 36975-36976].

Además, España toma parte en cuatro de los once pasillos prioritarios de la infraestructura energética que la Unión Europea pretende crear dentro de su política orientada a unir la infraestructura energética de los países miembros conocida como Redes Energéticas Transeuropeas (TEN-E) [22]. En particular, España participa en tres pasillos de transmisión eléctrica y en uno de transmisión del hidrógeno:

- en las redes eléctricas Norte-Sur en Europa Occidental que incorporan, además de España, a Alemania, Austria, Bélgica, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Malta, Países Bajos y Portugal;



- en el sistema energético marítimo del Sur y Este con participación de Bulgaria, Chipre, Croacia, Francia, Grecia, Italia, Malta, Rumania y Eslovenia;
- en la red marítima de Europa Suroccidental con participación de Francia, Portugal e Irlanda;
- en las redes de hidrógeno en Europa Occidental que abarcarán a Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Portugal y España [23, pp. 1-2].

### **Problemas de la transición verde en España**

Pese a la voluntad política y condiciones favorables para el desarrollo de las energías renovables, España afronta numerosos problemas que obstruyen el proceso de transición verde.

Primero, la economía española sufrió un fuerte impacto por la pandemia del COVID-19 que desencadenó una caída inaudita del PIB nacional en el 11% en 2020, según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística. En los años 2021 y 2022 el PIB español creció en el 5,5% al año [24], esto contiene las inversiones tanto privadas como públicas al sector de energías renovables.

Segundo, aunque la fuerte dependencia energética del país actúa de incentivo y motivación para la transición verde, a la vez constituye un gran obstáculo para descarbonizar la economía nacional. Justamente por esta razón, como hemos indicado antes, el gobierno español propone bajar este indicador no más que hasta el 61% para el año 2030.

Tercero, la transformación digital de la economía (que también abarca el sector energético y consiste en digitalizar los sistemas de control de la infraestructura energética; que se fundamenta en los cálculos de nube y en el trabajo con enormes bases de datos y está orientada a bajar el costo de la electricidad y crear una reserva de la potencia para los consumidores finales) es capaz de generar una amenaza a la seguridad por faltar una apropiada base jurídica internacional. Conforme al informe A

*New World The Geopolitics of the Energy Transformation* publicado por IRENA en 2019, grupos criminales, terroristas o servicios de seguridad de países hostiles pueden hackear los sistemas digitalizados que controlan los servicios y redes sociales con fines diletivos (estafas, robos, etc.) o de espionaje militar o industrial. En casos extremos los cibermaleantes intentarán interrumpir, sabotear o destruir infraestructura industrial, incluido el sistema de suministro energético [25, p. 57]. Tal situación crea una amenaza a la seguridad nacional y requiere que se tomen medidas necesarias, incluso las que aumentan la cantidad de especialistas en tecnología de la información (TI).

Uno de los puntos vulnerables de la digitalización de la economía española es el nivel profesional relativamente bajo de los especialistas en TI. Esto se debe al escaso número de egresados universitarios en tales carreras como ciencia, tecnologías, ingeniería y matemáticas. En el período de 2015-2019 su número se redujo en el 6,7%. Además, en España el indicador de los egresados en dichas carreras por cada mil habitantes en edad entre 20 y 29 años es inferior al de otros países de la UE: en España es del 20,9%, mientras que en Francia se ubica en el 27,5% y en Alemania, en el 24,4% [26, p. 41].

Cuarto, los altos costos de la generación eléctrica mediante las FER y el alto precio de las baterías de acumuladores son un obstáculo evidente para el proceso de formación de la economía verde. No obstante, tanto los costos de la generación eléctrica como el precio de las baterías tienden a disminuirse en todos los países del mundo, lo que hace la electricidad generada por las FER más competitiva. IRENA pronostica que para el año 2025 el costo promedio mundial de la energía eléctrica generada por las plantas eólicas bajará en el 26%, por las eólicas marítimas, en el 35% y por las centrales fotovoltaicas, en el 59%. El costo

del almacenaje de las baterías fijas podría caer hasta el 60% [25, p.19].

Actualmente, los altos costos de la producción del hidrógeno verde lo hacen poco competitivo. Los investigadores rusos destacan: hasta los adeptos más acérrimos del empleo de la energía de hidrógeno a gran escala coinciden en que su promoción implicará cuantiosos recursos públicos y será imposible sin bajar cardinalmente el costo de la electricidad generada por las FER y sin las tecnologías para captar, enterrar y almacenar el carbón. Según el pronóstico más optimista, una disrupción tecnológica en la energía de hidrógeno será viable solo después del año 2030 [18, p. 86].

En cuanto a España, cabe mencionar que en este país el precio del hidrógeno verde es uno de los más competitivos en la UE [18]. Sin embargo, conforme a los datos oficiales, hoy día el costo real del hidrógeno hecho mediante electrólisis es de 5-7 euros por kilo (incluidos los gastos de inversión y explotación), mientras que el precio del hidrógeno obtenido de combustibles fósiles es de 1-1,5 euros por kilo [20, p.16]. Estos datos evidencian que, dado el nivel actual del desarrollo tecnológico, la producción del hidrógeno verde es imposible sin subsidios del Estado.

Quinto, el desarrollo acelerado de las energías renovables y la introducción de correspondientes equipos y tecnologías (paneles solares, turbinas eólicas, vehículos eléctricos, tecnologías de almacenaje de la energía) incentivan el aumento de la demanda de materiales indispensables para su producción. Según la Agencia Internacional de la Energía, en 2020 la demanda mundial a las tierras raras (TR) para la industria de energías verdes cuenta con 6,4 mil toneladas. La Agencia, que en sus análisis, considerando necesario alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, pronóstica que en 2030 la demanda a las TR por parte de las energías verdes llegará a 34,2 mil toneladas y en 2040, a 46,6 mil. Si durante el proceso de descarbonización el

consumo de las TR sigue de este modo, para el año 2050 la demanda global de este tipo de minerales podría alcanzar 544 mil toneladas [27, p. 136]. Tal circunstancia pondría a los países, que optaran por las energías verdes, en una nueva forma de dependencia; a saber, de la importación de las TR y de minerales que son de importancia vital para fabricar y mantener los equipos e instalaciones que generan las energías renovables. Hay que tener en cuenta que grandes yacimientos de estos recursos minerales se encuentran en los países de bajo nivel de desarrollo económico, con altas tasas de corrupción y con regímenes políticos inestables. Algunos tipos de minerales tienden a concentrarse en países concretos, lo cual implicaría interrupciones en las cadenas de suministros y crearía problemas para las energías renovables. Solo un ejemplo, la República Democrática del Congo controla más del 80% de la producción mundial del cobalto.

Hay un problema más relacionado con aumentar la extracción de estos recursos minerales, es decir, el riesgo de daño ecológico, lo que obligará a tomar medidas urgentes a escala global. Los riesgos ambientales también pueden incrementarse por la futura eliminación de las instalaciones eólicas, paneles solares y baterías de acumuladores que se usan para generar la electricidad a base de las FER. Todo eso exige grandes gastos, lo que encarece, a su vez, la transición verde tanto en España como en todo el mundo.

### **Bibliografía References Библиография**

1. Глобальная зелёная трансформация: как изменится мир? Доклад Международного дискуссионного клуба «Валдай». Январь 2021, 28 с. [Global'naya zelenaya transformatsiya: kak izmenitsya mir? Doklad Mezhdunarodnogo diskussionnogo kluba «Valday» [Global green transformation: how will the world change? Report of the Valdai International Discussion Club]. January, 2021, 28 p.

2. El Acuerdo de París. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (accessed 14.01.2023).

3. Objetivos del desarrollo sostenible. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> (accessed 14.01.2023).
4. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Gobierno de España, 16 de junio de 2021. URL: [https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/160621-Plan\\_Recuperacion\\_Transformacion\\_Resiliencia.pdf](https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/160621-Plan_Recuperacion_Transformacion_Resiliencia.pdf) (accessed 14.01.2023).
5. El Perfil Ambiental de España 2021. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid, 2021, 146 c.
6. Ley de Cambio Climático y Transición Energética. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, Núm. 121, 21 de mayo de 2021.
7. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, 20 de enero de 2020, 424 c.
8. Renovables en España. URL: <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-espana/> (accessed 24.01.2023).
9. La balanza comercial empeora en España. URL: <https://datosmacro.expansion.com/comercio/balanza/espana#> (accessed 24.01.2023).
10. La transición a las energías limpias dispara el empleo verde en España. URL: <https://www.informacion.es/medio-ambiente/2022/11/21/transicion-energias-limpias-dispara-empleo-78848499.html> (accessed 26.01.2023).
11. Renewable Energy Country Attractiveness Index. November 2022. 60 edition, 35 p.
12. Las esperanzas del hidrógeno verde impulsan la IED española en 2022. URL: <https://www.investinspain.org/es/noticias/2023/hidrogeno-verde> (accessed 27.01.2023).
13. BP Statistical Review of World Energy, 2022, 57 p.
14. Avance del Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España, 2021, Appa renovables, 15 p.
15. Evolución de la I+D. URL: <https://cotec.es/observacion/evolucion-de-la-i-d/6a8f4654-459b-c0ab-1385-ec0070e2e939> (accessed 07.02.2023).
16. Escribano G., Urbasos I. La geopolítica del hidrógeno renovable en España: implicaciones internacionales y reconfiguración regional. *Panorama Social*, 2022, núm. 36, pp. 79-91.
17. Копытин И. А. и Попадько А.М. Водородные стратегии крупнейших европейских энергетических компаний. *Современная Европа*, 2021, №4, с. 83-94 [Копытин И. А. і Попад'ко А.М. Водородні стратегії крупнейших європейських енергетических компаній [Hydrogen Strategies of Major European Energy Companies]. *Sovremennaya Evropa*, 2021, no. 4, pp. 83-94 (In Russ.)].

18. REPowerEU: Plan para reducir rápidamente la dependencia con respecto a los combustibles fósiles rusos y avanzar con rapidez en la transición ecológica. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_22\\_3131](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_3131) (accessed 10.02.2023).

19. REPowerEU otorga a España 2.586 millones de euros para los fondos Next Generation EU. URL: <https://www.zabala.es/noticias/plan-repowereu-ngeu/> (accessed 10.02.2023).

20. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Componente 9. Hidrógeno renovable: un proyecto país, 16 de junio de 2021, 36 p.

21. El futuro del hidrógeno renovable: España quiere producirlo, transportarlo y exportarlo. *El Confidencial*, 20.01.2023.

22. Trans-European Networks for Energy. URL: [https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/trans-european-networks-energy\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/trans-european-networks-energy_en) (accessed 22.01.2023).

23. ANEXOS de la Propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativo a las orientaciones sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas y por el que se deroga el Reglamento (UE), núm. 347/2013. Bruselas, 15.12.2020.

24. España: El PIB ascendió un 5,5%. URL: <https://datosmacro.expansion.com/pib/espana#> (accessed 24.02.2023).

25. A New World The Geopolitics of the Energy Transformation. IRENA, 2019, 89 p.

26. Economía digital en España. *Adigital, BCG*, 2022, 60 p.

27. Яценко А.А., Лебедева М.Е. Прогноз динамики спроса на мировом рынке редкоземельных металлов. *Мир экономики и управления*. 2021, Том 21, № 4, с. 124-145 [Yatsenko A.A., Lebedeva M.Ye. Prognoz dinamiki sprosa na mirovom rynke redkozemel'nykh metallov [Demand Forecasting in World Rare Earth Metals Market]. *Mir ekonomiki i upravleniya*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 214-145. (In Russ.).