

Ayer y hoy de la energía fotovoltaica en España

Yesterday and today of photovoltaics in Spain

Rosa Esteban Amaro^a, Ismael Lengua Lengua^b, Sofia Estellés Miguel^{ib c}.

^aDepartamento Ingeniería Gráfica, Universitat Politècnica de València, roesam@degi.upv.es; ^bCentro de Investigación en Tecnologías Gráficas, Universitat Politècnica de València; ilengua@upv.es;

^cUniversitat Politècnica de València, Valencia, Spain, soesmi@omp.upv.es.

How to cite: Esteban Amaro, R.; Lengua Lengua, I.; Estellés Miguel, S. 2022. Ayer y hoy de la energía fotovoltaica en España. In the proceedings book: International conference on innovation, documentation and education. INNODOCT/22. Valencia, November 2nd-7th 2022. <https://doi.org/10.4995/INN2022.2022.15780>

Abstract

The current context of rising gas and, therefore, electricity prices in Europe is unsustainable. In March, energy prices in the Eurozone recorded an annual increase of 44.7%, which has led to inflation reaching record highs and exceeding 5% in the three months of 2022. Indeed, the war in Ukraine has aggravated an already delicate energy situation in Europe due to a huge dependence on non-EU gas, mainly Russian.

Energy prices do not reflect reality, but they do confirm the need to take immediate action to reduce energy dependence, which involves, among other measures, boosting self-consumption.

In this situation, Spain has a free, renewable, clean and inexhaustible resource, solar energy, which it should make use of. Not only because it can reduce pollution, mitigating climate change, but also because it is a quick and achievable alternative for thousands of users and companies in Spain that have been paying exorbitant prices for electricity for months.

This work presents the state of the art of photovoltaic energy in Spain; what has been its evolution over the last 25 years, the technological situation of the industry at present, the legal framework that supports it and the projection that it may have in the short and medium term.

Keywords: *photovoltaics, technology, production, issues, challenges*

Resumen

El contexto actual de incremento de precios del gas y, por ende, de la electricidad, en Europa, es insostenible. El precio de la energía registró en

marzo un crecimiento anual en la eurozona del 44,7%, lo que ha derivado en una inflación que se sitúa en cotas máximas y que supera el 5% en los tres meses de 2022. Efectivamente, la guerra en Ucrania ha venido a agravar una situación energética en Europa, ya de por sí delicada, debido a una enorme dependencia de gas extracomunitario, principalmente ruso.

Los precios de la energía no reflejan la realidad, pero sí confirman la necesidad de tomar acciones inmediatas para disminuir la dependencia energética, lo que pasa por, entre otras medidas, potenciar el autoconsumo.

España dispone, en esta situación, de un recurso; la energía solar, gratuita, renovable, limpia e inagotable, del cual debe hacer uso. No sólo porque permite reducir la contaminación, mitigando el cambio climático, sino porque se presenta como una alternativa rápida y alcanzable para miles de usuarios y empresas en España que llevan meses, teniendo que pagar un precio desorbitado por la electricidad.

Este trabajo presenta el estado del arte de la energía fotovoltaica en España; cuál ha sido su evolución a lo largo de los últimos 25 años, la situación tecnológica de la industria en la actualidad, el marco legal que la sustenta y la proyección que puede tener en el corto y medio plazo.

Palabras clave: *fotovoltaica, tecnología, producción, desafíos*

Introducción

La superficie terrestre recibe 120.000 teravatios (TW) de radiación solar y con esa cantidad se puede satisfacer 20.000 veces más potencia de la que necesita el planeta entero (Entrecanales, 2019).

Por ello, no parece descabellado considerar este recurso inagotable como una fuente de generación de electricidad clave en el mundo.

La condición climatológica de España lo convierte en un país perfectamente posicionado para la implantación de esta energía y no es de extrañar que España fuera uno de los países pioneros en el desarrollo de la energía fotovoltaica, al empezar a instalar el mayor volumen de potencia en el mundo a finales de los años 90.

Este artículo abordará el pasado, presente y futuro de esta energía que se ha convertido además, en el contexto económico actual, en el buque insignia de la transición energética hacia una Europa más sostenible e independiente energéticamente del exterior.

El artículo se dividirá en cuatro apartados. Los tres primeros apartados realizan un recorrido sobre la evolución, tanto a nivel tecnológico como de capacidad instalada, según una línea temporal dividida en tres periodos de tiempo; desde la aparición de la energía fotovoltaica

hasta hoy, considerando hoy, el periodo comprendido entre el 2019 y el 2021, y por último; el futuro a partir del 2022. Este ejercicio se ha realizado revisando la literatura existente y las cifras que se indican provienen principalmente de la UNEF (Unión Española Fotovoltaica) y de IRENA (International Renewable Energy Agency).

Igualmente, se incluye en cada apartado el marco legal en vigor que, como se verá durante la lectura, ha condicionado y sigue condicionando considerablemente tanto la implantación de esta energía como su precio.

Por último, en el apartado 4 se realizará un análisis de los desafíos existentes que deben ser tratados de forma adecuada para que el desarrollo de esta energía sea sostenible y duradero en el tiempo.

1.Objetivos

El objetivo principal de este artículo es presentar el estado actual de la energía fotovoltaica en España.

Para llegar a este objetivo, y exponerlo de una forma clara y precisa, es necesario integrar España en el contexto mundial y europeo, al tratarse de una energía utilizada para la generación de electricidad que tiene condicionantes más allá de los nacionales, como son el suministro de materiales o el establecimiento de los precios.

Este primer objetivo ha permitido la consecución de un análisis que, sin ser exhaustivo, puede dar cierta visibilidad sobre los principales frenos o desafíos que pueden encontrarse en la implantación en el futuro de la energía fotovoltaica en general y en España, en particular.

1.1.La energía fotovoltaica desde sus inicios hasta el día de hoy

La energía fotovoltaica se descubre en 1839 por el físico francés Becquerel. Tras una serie de descubrimientos posteriores, W. G. Adams y R.E. Day crean en 1877 la primera célula fotovoltaica a partir de Selenio. Sin embargo, se tardaron años hasta que en el 1954 los laboratorios Bell dieron con la forma de fabricar una célula fotovoltaica más eficiente, lo que consiguieron sustituyendo el Selenio por Silicio.

La primera aplicación de los módulos fotovoltaicos fue dar electricidad a los satélites artificiales que orbitaban alrededor de la Tierra. Dada la necesidad de alimentar estos equipos cuando se encontraban en órbita, se desarrollaron aplicaciones que permitieron obtener energía eléctrica procedente de la radiación solar. A lo largo de los años, surgieron una gran variedad de aplicaciones de módulos fotovoltaicos, que abarcaron ámbitos variados como la agricultura, el alumbrado, la instrumentación, la telemetría, la medicina, los sistemas de seguridad o el transporte (Moreno, Miguel, Alvarado 2017).

Toda la actividad de investigación y desarrollo de la tecnología fotovoltaica entre los años 1980 y 2000 se centró en incrementar la eficiencia y reducir el coste de los paneles. Si bien este trabajo también permitió identificar ciertas limitaciones técnicas y realizar mejoras en

cuanto a la calidad, tratamientos superficiales y el ensamblaje de celdas. De hecho, en este periodo se consiguió mejorar la protección de los módulos usando aluminio y vidrio y se inició el encapsulado de las celdas (Pressley et al. 2015).

Estos trabajos de optimización del uso de materiales y la reducción de costes dieron paso, de la primera generación de celdas solares en base Silicio (c-Si), a la segunda generación basada en tecnologías de capa fina, e incluso a una tercera generación, basada en células orgánicas.

A pesar de estos desarrollos, la tecnología predominante durante este periodo, representando más del 90% de la potencia instalada, fue en base Silicio, al ser la que tenía mayor eficiencia de conversión. Dentro de esta tecnología, encontramos dos tipologías; la monocristalina y la policristalina con coeficientes de conversión y costes ligeramente diferentes.

En contrapartida, la tecnología en base Silicio o de primera generación, es la que requerirá mayor consumo de energía, más tiempo de amortización energética o EPBT, por sus siglas en inglés, y generará mayor emisión de gases de CO₂ comparado con las otras (Ludin et al. 2018).

En España, el inicio de la energía fotovoltaica comenzó en 1986 cuando se aprobó el primer plan de energías renovables en el que se preveía la instalación de 3 megavatios (MW). Aunque el verdadero desarrollo comenzó entre 1997 y 1998 a raíz de la ley 54/1997 del sector eléctrico y el RD 2818/1998 que promocionaron la generación eléctrica a través de energías renovables con el objetivo principal de aumentar la independencia energética del país.

Como consecuencia de las diferentes normativas favorables a la fotovoltaica que se fueron publicando, los objetivos de producción para el 2010 se habían alcanzado ya en el 2007. El Gobierno de España intentó entonces garantizar un desarrollo más sostenible reduciendo los incentivos y en el RD 1578/2008 impuso una fecha límite (Septiembre del 2008) para la entrada de las últimas instalaciones que deseaban tener las primas de retribución. Esta estrategia produjo el efecto contrario e hizo que en 2008 hubieran más de 2,7 gigavatios (GW) de nueva capacidad instalada en España (más de la mitad de las instalaciones mundiales de ese año). A partir de esa fecha, la potencia instalada cayó estrepitosamente debido a la crisis mundial que hizo a España tomar medidas y puso fin a los subsidios a la fotovoltaica.

Hubo que esperar hasta el 2014 para disponer de un nuevo esquema de remuneración del sector de energías renovables. Este nuevo esquema con carácter retroactivo proveyó un modelo de retribución más razonable a las instalaciones fotovoltaicas, que dio como resultado menos de 5MW de potencia instalados desde el 2014 y hasta el 2015 (Santos, Alonso-García 2018).

En Europa, la implantación de la tecnología fotovoltaica para generación de electricidad experimentó la misma evolución desigual que en España. Hasta que, en el año 2018, diversos factores como la reducción de su coste y la necesidad de acelerar la transición energética permitieron dar un nuevo empuje a su instalación, tal y como muestra el gráfico a continuación.

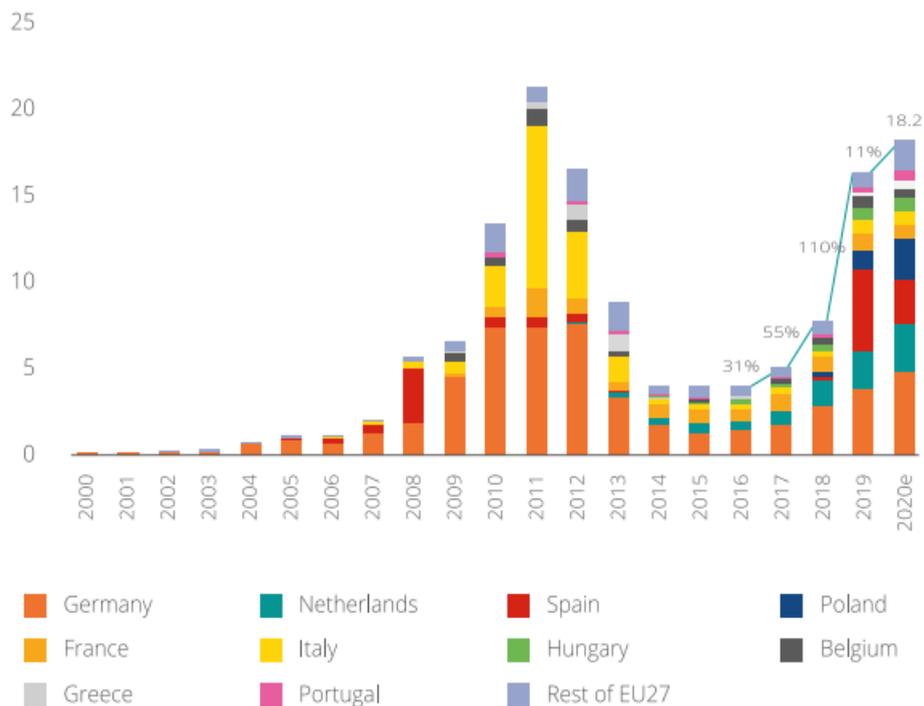


Fig. 1 Potencia Fotovoltaica Instalada Anual (GW) en la Unión Europea.

Source: (UNEF 2021)

1.2.La energía fotovoltaica a día de hoy (2019-2021)

La energía fotovoltaica se ha visto favorecida por una disponibilidad de capacidad de producción en China, principal productor de módulos a nivel mundial, a pesar de la pandemia Covid 19, por una bajada de precios y por numerosos cambios en las normativas políticas que favorecen su integración en el sistema eléctrico, como pueden ser las subastas de capacidad renovable.

Además, sus usos se han incrementado y en la actualidad la encontramos como alimentación auxiliar de calculadoras, en pequeños dispositivos electrónicos, parquímetros, lámparas, electrificaciones rurales en edificios domésticos o industriales, sistemas de bombeo y en aplicaciones para transportes, como pueden ser las estaciones de carga para vehículos eléctricos o vehículos impulsados por esta tecnología.

Año 2019:

La capacidad mundial de fotovoltaica alcanza 627 GW en el 2019, de las cuales 132 GW corresponden a Europa. El mercado europeo lo lidera Alemania con 49 GW mientras que España se acerca a los 10 GW (Financia 2021).

España se sitúa en la quinta posición a nivel mundial en lo que a nueva capacidad fotovoltaica instalada en el 2019 (4,8 GW) se refiere, por detrás de China, USA, India y Japón (<https://www.statista.com>).

Año 2020

La capacidad mundial es de 760 GW, de los cuales 151 GW corresponden a Europa (UNEF 2021). En el 2020 se instalan en Europa 18,2 GW de fotovoltaica, lo que supone una mejora del 11% respecto al 2019. De los cuales 4,8 GW corresponden a Alemania y 2,6 GW a España.

La energía fotovoltaica representa en España un 6,3% del total de la estructura de generación de electricidad nacional, suponiendo un incremento del 68,2% en comparación con 2019, llegando así a los 11,5 GW.

Según datos de la UNEF el incremento del autoconsumo fotovoltaico en el 2020 es de un 30% superior al registrado en el 2019, de forma que en 2020 España cuenta con 1,5 GW.

Años 2021

Europa tiene una capacidad de fotovoltaica de 183 GW (<https://www.statista.com>), de los cuales 15 GW corresponden a España (<https://www.ree.es>).

La necesidad medioambiental ha sido un factor clave en el desarrollo de la tecnología fotovoltaica. Se ha comprobado que la generación de electricidad con combustibles fósiles genera emisiones de CO₂ de entre 400g y 1000 gr CO₂ eq/Kwh, mientras que la emisión de CO₂ a través de paneles solares en base silicio es prácticamente despreciable (Chowdhury et al. 2020).

En España las emisiones brutas totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se han incrementado un 8,5% desde el año 1990 y más del 75% de las emisiones se originan en el sistema energético. El incremento de producción de energía a partir de tecnologías renovables como la energía fotovoltaica ha permitido reducir del 28,9% las emisiones anuales y que sigan cayendo desde el año 2018 (www.agenda2030.gob.es).

De los paneles solares instalados en 2021, el 73% son de tecnología en base Silicio mientras que el 10,4% es de segunda generación y el 16,3% corresponde a otras tecnologías emergentes (Chowdhury et al. 2020).

Según IRENA, los paneles en base Silicio contienen aproximadamente 76% de vidrio (superficie del panel), 10% de polímero (en el encapsulado y la capa posterior), 8% de

aluminio (el marco que protege el panel), 5% de silicio, 1% de cobre y algo menos de 0,1% de plata y otros metales.

De estos materiales, hay tres que se encuentran en la lista de materias primas críticas o CRM, por sus siglas en inglés, de la Unión Europea. Son; el silicio, que se usa como semiconductor en las celdas, la antimonio, que se usa en el vidrio de los módulos para mejorar su eficacia frente a los rayos UV y, por último, el fluorspar, que se usa para fabricar el PVF (polifloruro de vinilo) de la capa posterior de los módulos. Esta capa es fundamental para mejorar la vida útil de los módulos. Son consideradas materias primas críticas puesto que su suministro está en riesgo al tratarse de materiales de gran importancia en la economía de Europa, estar producidas fuera de Europa y ser difíciles de remplazar. Como ejemplo, el 61% del silicio metalúrgico se fabrica en China mientras que el 64% de la producción de antimonio se produce en Turquía.

Por otro lado, los principales productores de módulos solares se encuentran concentrados en Asia. El primer fabricante a nivel mundial se encuentra en China y su nombre es Longi Solar. Esta compañía es puntera en el desarrollo de nuevas tecnologías y ofrece únicamente módulos en base silicio monocristalino con tecnología PERC (uso de emisor pasivo y celda posterior). Esta tecnología permite incrementar considerablemente la eficiencia de las celdas.

Los trabajos de investigación y desarrollo en este periodo se han focalizado en la durabilidad de los paneles para garantizar e incluso alargar su vida útil. Las celdas ya tienen una vida útil de aproximadamente 25 años, sin embargo, el deterioro del encapsulante por efecto de los rayos UV o la rotura de los cables por estrés térmico, no permiten alcanzar estos valores en el panel en su conjunto (Pressley et al. 2015).

La reducción del coste ha sido otro factor clave en el desarrollo de la energía fotovoltaica ya que hoy cuesta la décima parte de lo que costaba un panel en el 2008 (UNEF 2021). Si bien el rally de precios al alza de la materia prima y de la energía desde finales del 2021, ha generado un incremento del coste de los módulos de un 16% (Cozzi, Gould 2021) . Aun así, su coste sigue resultando muy interesante comparado con el de otras tecnologías llamadas convencionales: Nuclear, Carbón y Ciclo combinado (UNEF 2021).

En la gráfica a continuación se puede observar la evolución del coste nivelado de electricidad o LCOE, por sus siglas en inglés, que puede emplearse para valorar la relación entre coste/producción de diferentes energías y que en este caso se presenta únicamente para la energía fotovoltaica. Se calcula como el cociente entre los costes totales del sistema empleado para la producción de energía entre la energía producida por el sistema a lo largo de su vida útil, dando un valor de USD/kWh. En el año 2020 este coste ha oscilado entre 0,03 USD/ kWh y 0,04 USD/ kWh.

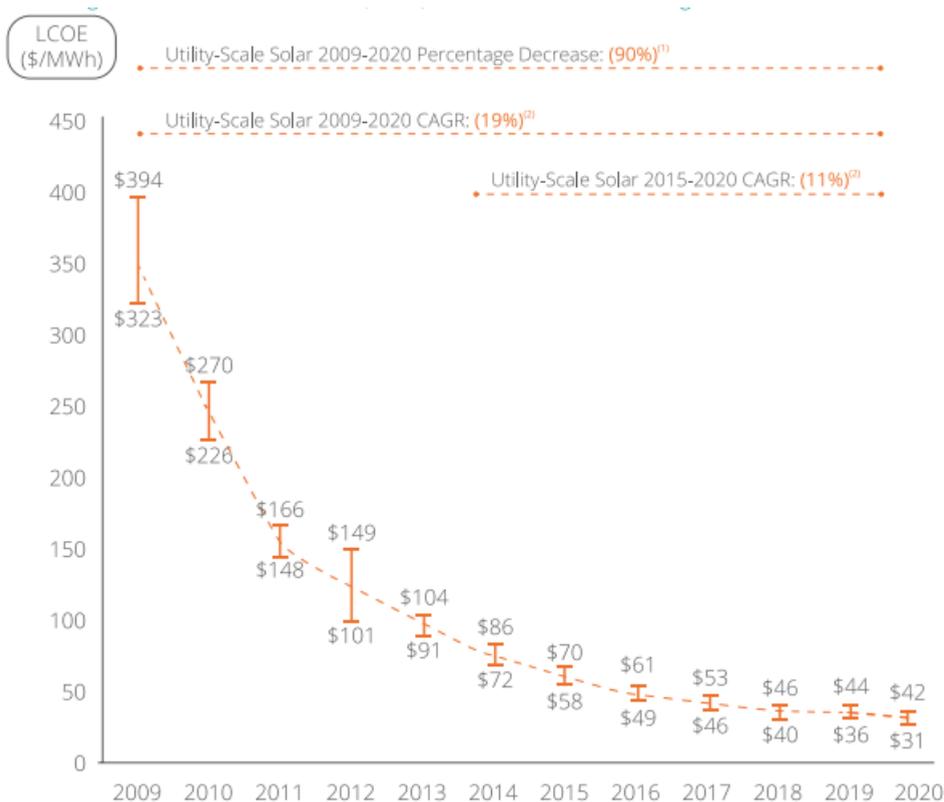


Fig. 1 Evolución del coste (LCOE) medio mundial de la energía fotovoltaica.

Source: (UNEF 2021)

1.3.La energía fotovoltaica a partir de hoy

Dos tercios de la población mundial vive en países en los que la fotovoltaica, la eólica o ambas, son las fuentes más baratas de producir electricidad.

Esto lleva a pensar que en 2050 la energía solar fotovoltaica podría constituir la segunda fuente de generación eléctrica más importante, solo por detrás de la eólica, marcando así la transformación del sector energético global. Lo que significaría que la energía solar fotovoltaica generaría el 25% de la electricidad total necesaria a escala global, convirtiéndose en una de las fuentes de generación más importante para 2050.

Este objetivo supone alcanzar 2840 GW en el 2030 y 8519 GW en 2050 de manera global. Es decir, multiplicar por 3 las capacidades adicionales anualmente hasta el 2030 y por 4 hasta el 2050 (International Renewable Energy Agency, IRENA 2019).

El Pacto Verde Europeo, con su nueva estrategia de crecimiento y transformación hacia una Europa más sostenible, eficiente en recursos y sin emisiones de gases de efecto invernadero en el 2050; obliga a acelerar el desarrollo y la adopción de tecnologías renovables. El objetivo del 2030 establece que al menos el 32% de las necesidades energéticas de Europa provengan de fuentes renovables (Kastanaki, Giannis 2022).

En España la huella ecológica asciende a 4 hectáreas globales, lo que significa que se necesitarían 2,8 veces su superficie para poder atender su consumo de recursos naturales, lo que hace a España dependiente de otros países para poder cubrir las necesidades de su sistema económico. En cifras, la dependencia energética de España con respecto al exterior es de casi el 75%, frente a una media europea del 61% aproximadamente (www.agenda2030.gob.es).

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) tiene como objetivo reducir nuestra dependencia energética en 14 puntos. Para ello, el PNIEC considera necesarios instalar 39 GW de fotovoltaica hasta 2030, es decir multiplicar por 3 la capacidad actual. Lo que significa instalar 2,7GW por año hasta el 2030. En términos económicos se traduce en una inversión del orden de 20 000 millones de euros (Financia 2021).

En este sentido tanto los fondos Next Generation EU que la Unión Europea ha puesto en marcha a raíz de la pandemia de Covid 19 para impulsar el crecimiento económico de los países miembros, como los planes de recuperación del Gobierno de España, ofrecen subvenciones, préstamos, garantías y dotaciones encaminados a la consecución de los objetivos marcados.

En esta dirección va encaminado el PNIEC que contempla como principal herramienta las subastas de cara a fijar un precio competitivo de fijación de precios permitiendo así un crecimiento sostenido en el futuro, evitando de esta manera, el parón ocurrido en el periodo comprendido entre el 2014 y el 2018.

El marco normativo también ha acompañado este impulso desde el 2020 al aprobar una serie de novedades regulatorias. Ahora bien, este marco normativo se muestra insuficiente puesto que se han originado un número desorbitado de peticiones. Según la Asociación Nacional de Productores e Inversores de Energía Fotovoltaica (ANPIER), se han solicitado permisos por un total de 120 GW mientras que el objetivo del PNIEC es de 39MW hasta el 2030. Lo que ha llevado a un atasco en la tramitación de las solicitudes que puede derivar en una burbuja difícil de manejar o en una debacle económica por una reducción del precio de la electricidad. Martínez-Aroca M.A. (23 de Mayo de 2022). *Presente y futuro de la fotovoltaica en la Comunitat Valenciana*. Encuentro Fundación Bancaja, Valencia.

En el capítulo tecnológico, se estima en 2030 que el 45% de los paneles se realicen con la tecnología de primera generación o en base Silicio, 11% con tecnología de segunda generación y 44% con nuevas tecnologías (Chowdhury et al. 2020).

Según IRENA, para este mismo horizonte temporal los paneles de silicio habrán aumentado el contenido de vidrio en un 4% alcanzando el 80% del peso total del panel y se habrá

reducido el silicio a valores inferiores al 3%, el aluminio se habrá disminuido de un 1% y otros metales, como la plata se habrán disminuido o sustituido completamente.

En lo que respecta a la producción, sigue existiendo una concentración de fabricantes de módulos en Asia. Por ello, la Comisión Europea incentiva la producción en Europa de cara a reducir la competencia del mercado asiático que hemos venido teniendo en los últimos años (<https://photorama-project.eu>).

En lo que se refiere al coste, se espera que en la década de los 2020-2030, la fotovoltaica continúe reduciendo sus costes hasta en un 34% gracias a la mejora de eficiencia en la cadena de producción. Queda por ver el efecto del coste de los materiales, que a día de hoy sigue siendo incierto por las tensiones de suministro. A escala global el coste nivelado de electricidad o LCOE de la energía fotovoltaica se estima seguirá bajando a valores de 0,02 y 0,08 USD/kWh en 2030 y entre 0,014 y 0,05 USD/kWh en 2050 (International Renewable Energy Agency ,IRENA 2019).

1.4.Desafíos de la energía fotovoltaica

El estudio de las etapas anteriores nos permite detallar a continuación una serie de desafíos importantes que deberán ser tratados de forma inmediata para poder permitir el incremento constante que requiere los objetivos planteados a nivel europeo y nacional.

En primer lugar, encontramos las diferentes tecnologías desarrolladas, que si bien todas siguen su curso, ninguna parece haber desbancado a la tecnología en base Silicio debido, principalmente, a su mayor eficiencia. El silicio, aún siendo abundante en la corteza terrestre, tiene un coste elevado en cuanto a consumo energético y emisión de CO₂, y un suministro crítico, por estar concentrada la producción fuera de Europa y por la inexistencia de materiales sustitutivos en muchas de sus aplicaciones. Aplicaciones que no dejan incluso de aumentar, como por ejemplo su uso en automoción para los vehículos eléctricos y baterías.

Un segundo desafío para la energía fotovoltaica es su incapacidad para suministrar electricidad de forma continuada en el tiempo, siendo además, dependiente de la climatología. Esto hace que ante una demanda de energía volátil y con picos como es la eléctrica, la energía fotovoltaica tiene que asegurar el suministro a través del almacenamiento o energías alternativas. Del mismo modo, se debe disponer de interconexiones adecuadas a nivel nacional y europeo y de un sistema de digitalización idóneo para alertar de los fallos de suministro dando una solución rápida.

El tercer desafío corresponde a la capacidad de producción de módulos. Esta capacidad existe a los niveles de demanda actuales, pero no es tan seguro que pueda responder en el futuro en el caso de priorizarse un cambio tecnológico por motivos de suministro o por exigencias medioambientales.

En cuarto lugar, aparece el desafío derivado de la inversión que requiere la movilización de toda la instalación fotovoltaica necesaria para cumplir con los objetivos a horizonte 2030 y

2050. Independientemente de las subvenciones y ayudas procedentes de Europa o de las retribuciones de cualquier gobierno, los precios de la fotovoltaica deben resultar lo suficientemente atractivos para que se considere una inversión rentable a medio-largo plazo.

Por último, encontramos el desafío medioambiental debido al crecimiento exponencial de esta energía que conlleva a una degradación de los módulos, durante, o al final de su vida útil, un desmantelamiento y posterior reutilización o reciclaje. Debe existir un sistema de recogida y tratamiento definido y dimensionado adecuadamente para absorber las cantidades de residuos que se van a generar.

Conclusiones

La evolución de la energía fotovoltaica ha tenido un largo recorrido con altibajos durante las últimas dos décadas debido principalmente a su coste y a la falta de un marco legal coherente a la naturaleza de la misma.

Sin embargo, el futuro de esta energía es prometedor ya que permite alcanzar los objetivos medioambientales fijados por todos los países del mundo, a unos costes que se han reducido tanto como para ser competitivos, en comparación con otras energías convencionales.

Aun así, existen ciertos retos a nivel tecnológico, productivo, económico y medioambiental, a los cuales se deben hacer frente para que la energía fotovoltaica pueda remplazar completamente a cualquier otra energía de una forma fiable, duradera y segura.

Referencias

- CHOWDHURY, MD SHAHARIAR, RAHMAN, KAZI SAJEDUR, CHOWDHURY, TANJIA, NUTHAMMACHOT, NARISSARA, TECHATO, KUAANAN, AKHTARUZZAMAN, MD, TIONG, SIEH KIONG, SOPIAN, KAMARUZZAMAN AND AMIN, NOWSHAD, 2020. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. *Energy Strategy Reviews*. 1 January 2020. Vol. 27, pp. 100431. DOI 10.1016/J.ESR.2019.100431.
- COZZI, LAURA AND GOULD, TIM, 2021. World Energy Outlook 2021. *IEA Publications*. Online. 2021. pp. 1–386. Retrieved from: www.iea.org/weo
- ENTRECANALES, J. M. (2019). acciona. Obtenido de business an unusual: <<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>>
- FINANCIA, PROMUEVE, 2021. Estudio de mercado y plan de internacionalización del sector fotovoltaico español. . 2021.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA), 2019. El Futuro de La Energía Solar Fotovoltaica. *International renewables energy agency*. Online. 2019. Vol. 1, pp. 73. Retrieved from: <https://irena.org/publications/2019/Nov/Future-of-Solar-Photovoltaic>
- KASTANAKI, ELENI AND GIANNIS, APOSTOLOS, 2022. Energy decarbonisation in the European Union: Assessment of photovoltaic waste recycling potential. *Renewable Energy*. 1 June 2022. Vol. 192, pp. 1–13. DOI 10.1016/J.RENENE.2022.04.098.

- LUDIN, NORASIKIN AHMAD, MUSTAFA, NUR IFTHITAH, HANAFIAH, MARLIA M., IBRAHIM, MOHD ADIB, ASRI MAT TERIDI, MOHD, SEPEAI, SUHAILA, ZAHARIM, AZAMI AND SOPIAN, KAMARUZZAMAN, 2018. Prospects of life cycle assessment of renewable energy from solar photovoltaic technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 1 November 2018. Vol. 96, pp. 11–28. DOI 10.1016/J.RSER.2018.07.048.
- MORENO, CARLOS ESCUELA, MIGUEL, JOSÉ AND ALVARADO, CÁCERES, 2017. Estudio sobre las posibilidades de valorización de residuos de paneles fotovoltaicos. Online. 2017. [Accessed 13 June 2022]. Retrieved from: [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5835/Estudio sobre las posibilidades de valorizacion de residuos de paneles fotovoltaicos.pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5835/Estudio%20sobre%20las%20posibilidades%20de%20valorizacion%20de%20residuos%20de%20paneles%20fotovoltaicos.pdf?sequence=1)
- PRESSLEY, PHILLIP N., LEVIS, JAMES W., DAMGAARD, ANDERS, BARLAZ, MORTON A. AND DECAROLIS, JOSEPH F., 2015. Analysis of material recovery facilities for use in life-cycle assessment. *Waste Management*. 1 January 2015. Vol. 35, pp. 307–317. DOI 10.1016/J.WASMAN.2014.09.012.
- SANTOS, J. D. AND ALONSO-GARCÍA, M. C., 2018. Projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050. *Journal of Cleaner Production*. 20 September 2018. Vol. 196, pp. 1613–1628. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2018.05.252.
- UNEF, 2021. Energía Solar Fotovoltaica. Oportunidad para la Sostenibilidad. *Unión Española Fotovoltaica*. 2021. pp. 73.