

APUNTES - 2019/02

Las renovables: una solución climática económica

Pablo Ralón

(Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA))

fedea

Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores y no coinciden necesariamente con las de FEDEA.

Las renovables: una solución climática económica

Pablo RALON

Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)

1. Introducción

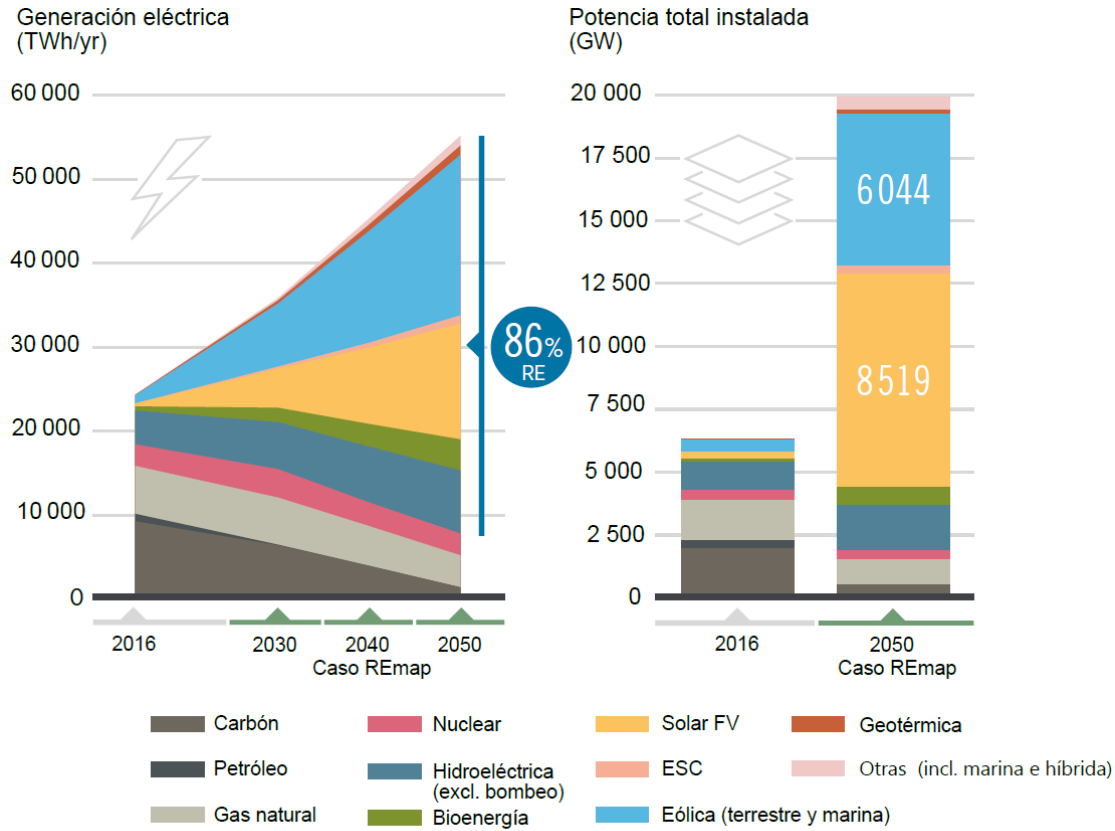
En muchas partes del mundo, la energía renovable es ahora la fuente de generación eléctrica más barata. Las energías renovables, de la mano de un incremento rápido de la eficiencia energética, proveen a los países una solución climática económica capaz de alcanzar la escala necesaria para cumplir con los objetivos climáticos del Acuerdo de París. Sin embargo, mantener el aumento de la temperatura media global muy por debajo de 2°C sobre los niveles preindustriales implica necesariamente la toma de medidas rápidas y decididas a nivel mundial. Estas pueden acelerar una transformación energética global que está ya en marcha y de la cual las renovables son un pilar fundamental.

Las renovables han experimentado un continuo aumento en competitividad y madurez tecnológica en los últimos años y existen sólidos indicios de que su ventaja en términos de reducción de coste continuará. La mitad o más del total de la capacidad adicional instalada anualmente en el mundo desde el año 2012 ha sido renovable. Solo en 2018, el 63% de la capacidad eléctrica instalada correspondió a renovables (IRENA, 2019a). Se espera que esta tendencia de mayor penetración de las renovables en el sistema energético continúe.

La hoja de ruta de energías renovables, REmap, elaborada por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) predice que, en el futuro, en un escenario alineado con los objetivos del Acuerdo de París, la capacidad instalada total a nivel global será dominada por las renovables. Esto significará un aumento en la proporción de generación eléctrica con renovables. Concretamente, REmap¹ prevé que para el año 2050, el 86% de la generación eléctrica anual provendrá de renovables (IRENA, 2019b). Es de esperar, a su vez, que la generación esté dominada por las fuentes eólica y solar fotovoltaica (véase **Figura 1**).

¹ Este escenario incluye el despliegue de tecnologías bajas en carbono, basadas en gran parte en energías renovables y eficiencia energética, para generar una transformación energética global que limita el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales. El escenario se centra en las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la generación de energía, que conforman alrededor de dos tercios de las emisiones totales.

Figura 1. Desglose de la generación de electricidad por fuente en un escenario compatible con el Acuerdo de París



Nota: ESC se refiere a energía solar de concentración (CSP por sus siglas en inglés).

Fuente: IRENA, 2019b.

2. Historia reciente de la generación eléctrica renovable

IRENA cuenta con una amplia Base de Datos de Costes de Renovables, que integra datos de costes de aproximadamente 17.500 proyectos renovables de gran escala con información proveniente tanto de fuentes públicas como confidenciales. En años recientes, ha sido también complementada con la base de Datos de Subastas de IRENA. El análisis de la Base de Datos de Costes de Renovables muestra que el coste nivelado de la energía (LCOE por sus siglas en inglés) de las fuentes renovables modernas ha disminuido considerablemente en los últimos años. El Recuadro sintetiza las variables utilizadas².

² Más detalles sobre la metodología del análisis de costes y las bases de datos se pueden encontrar en los Anexos I y II de IRENA, 2019c.

Recuadro: Coste Medio Nivelado de la Energía (LCOE), coste de instalación y factor de capacidad

El análisis de costes de IRENA se realiza desde la perspectiva del inversor privado, sin incluir incentivos o subsidios públicos, costes de equilibrio de red. No se toman en consideración externalidades positivas ni el precio del CO₂. El LCOE de las energías renovables varía para cada proyecto, tecnología y país específico. Se calcula mediante un flujo de caja descontado a lo largo de la vida económica de la instalación (n), que para eólica y solar son 25 años. Hay que tener en cuenta que estas tecnologías son capital intensivas, por lo que el coste medio ponderado del capital (WACC por sus siglas en inglés) o tasa de descuento que se utilice es muy relevante. La expresión es:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

donde I_t , M_t , F_t recogen, respectivamente, los gastos de Inversión (I), de Operación y mantenimiento (M) y de Combustible (F) en el año t. Por su parte, E_t mide la generación de electricidad en el año t, y r es la tasa de descuento empleada. El LCOE mide pues el precio de mercado que requeriría un proyecto de inversión para igualar sus costes, incluyendo la remuneración por el capital invertido, que toma un valor del 7,5% para OCDE y China, y del 10% para el resto del mundo como valor medio (aunque en la realidad pueden variar según cada proyecto).

Adicionalmente, IRENA calcula dos indicadores, relacionados con el LCOE. Por un lado, el coste total de las instalaciones, que considera la inversión inicial y está medido en términos de coste por unidad de potencia instalada. Por otro lado, un factor de capacidad (o factor de utilización de la planta) que es la relación entre la energía que produce la planta y la energía que produciría en el caso de que hubiese funcionado en todo momento al máximo de su potencia instalada. Este último varía en función de la tecnología empleada o la localización, entre otros factores.

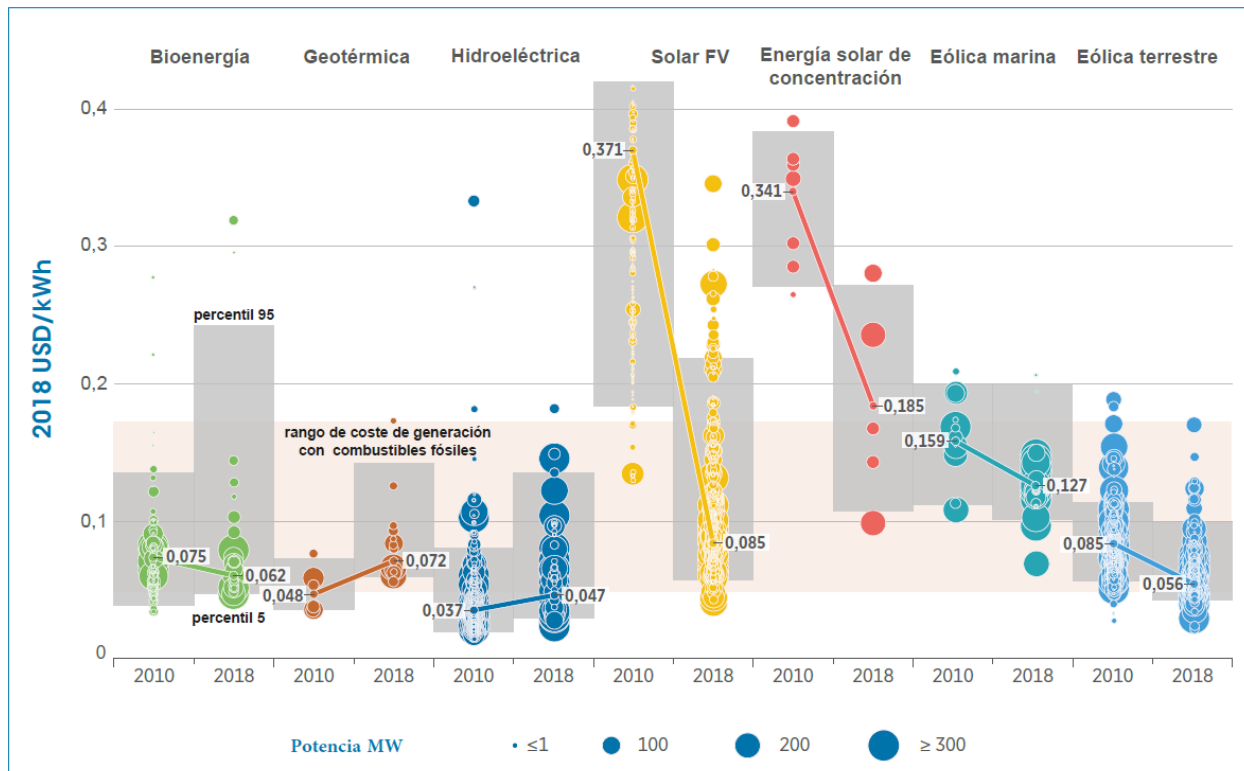
Los valores agregados que se muestran para estos indicadores se corresponden con valores medios ponderados.

Como puede apreciarse en la **Figura 2**, si bien diferentes maneras de estimar los costes pueden ser útiles en diversas situaciones, el LCOE es una medida de coste utilizada ampliamente por medio de la cual es posible comparar tecnologías de generación eléctrica. Actualmente en el sector de gran escala, con excepción de la energía solar de concentración (ESC), el LCOE global medio ponderado a partir de todas las renovables se sitúa dentro del rango de generación eléctrica basada en combustibles fósiles.

El coste global medio ponderado de la energía a partir de la tecnología solar fotovoltaica (FV) ha disminuido más rápidamente que todas las demás fuentes de energía, partiendo de un valor de

USD 0,371/kWh³ en 2010 hasta llegar a USD 0,085/kWh en 2018 (IRENA, 2019c). Este valor representa una disminución del 77% durante este período (y una caída del 13% respecto de 2017). Durante 2018, el 55% de la nueva capacidad renovable instalada en el mundo correspondió a proyectos fotovoltaicos, cuya tecnología ha visto un descenso de coste sostenido y muy pronunciado.

Figura 2. Coste global nivelado de la energía a partir de renovables, 2010-2018



Nota: Los datos corresponden al año de puesta en servicio. El diámetro del círculo representa el tamaño del proyecto, su centro el valor del coste de cada proyecto en el eje vertical. Las líneas gruesas son el valor medio ponderado global del LCOE para las plantas. El coste medio ponderado real de capital (CMPC) es del 7,5% para los países de la OCDE y China y del 10% para el resto del mundo. La banda única representa el rango de costo de generación de energía alimentada con combustibles fósiles, mientras que las bandas para cada tecnología y año representan las bandas de percentil 5 y 95 para proyectos renovables.

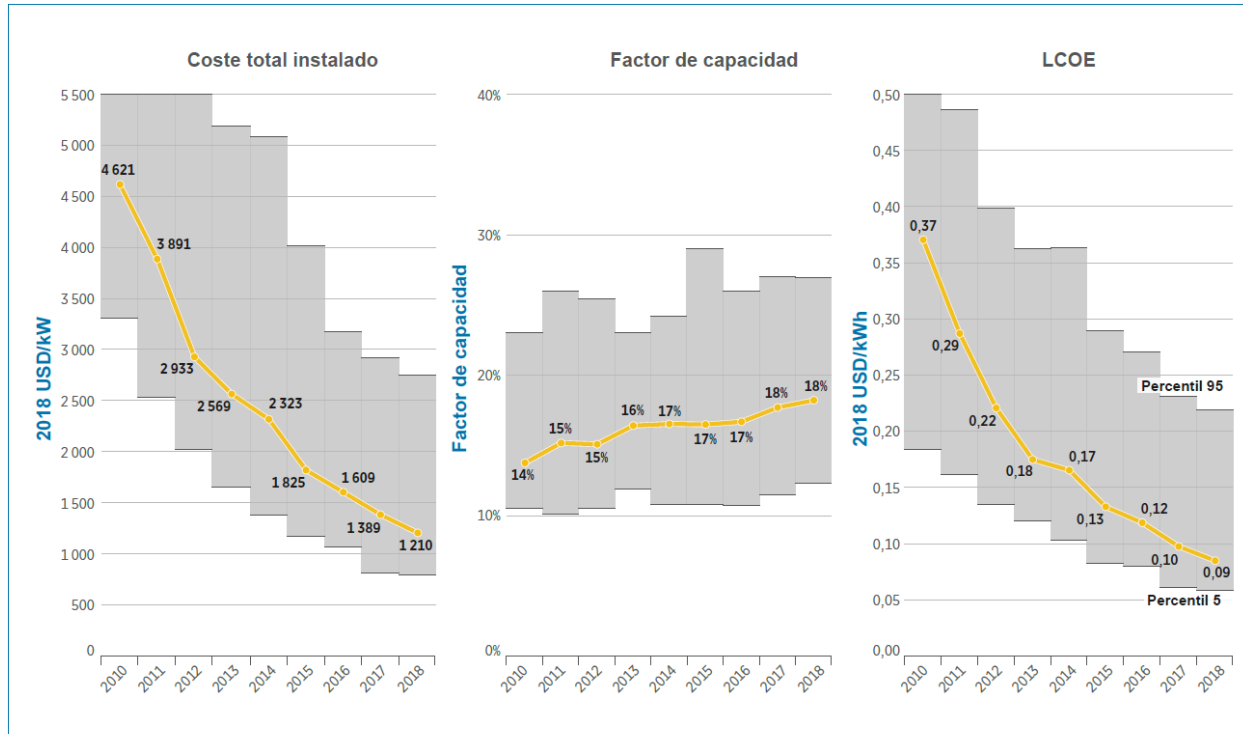
Fuente: IRENA, 2019c.

Estos valores medios del LCOE alcanzados por la tecnología solar FV, tan competitivos, se deben al efecto combinado de una reducción continua en el coste total de instalación y a un aumento sostenido (si bien más moderado) de los factores específicos de planta a medida que ha sido instalada capacidad adicional en sitios con excelentes recursos solares (véase

³ Todos los valores monetarios en este trabajo se expresan en dólares estadounidenses reales de 2018, es decir tomando en cuenta la inflación.

Figura 3).

Figura 3. Coste total instalado medio global, factores de capacidad de planta y LCOE de solar fotovoltaica, 2010-2018



Nota: En el caso de la tecnología solar fotovoltaica, en contraposición a las demás tecnologías discutidas en este artículo, el coste total instalado está expresado en referencia a los kilovatios de potencia de corriente continua. Para el cálculo de los factores de capacidad de planta, la producción eléctrica anual máxima teórica asumida también es expresada en términos de corriente continua (en vez de en términos de corriente alterna).

Fuente: IRENA, 2019c.

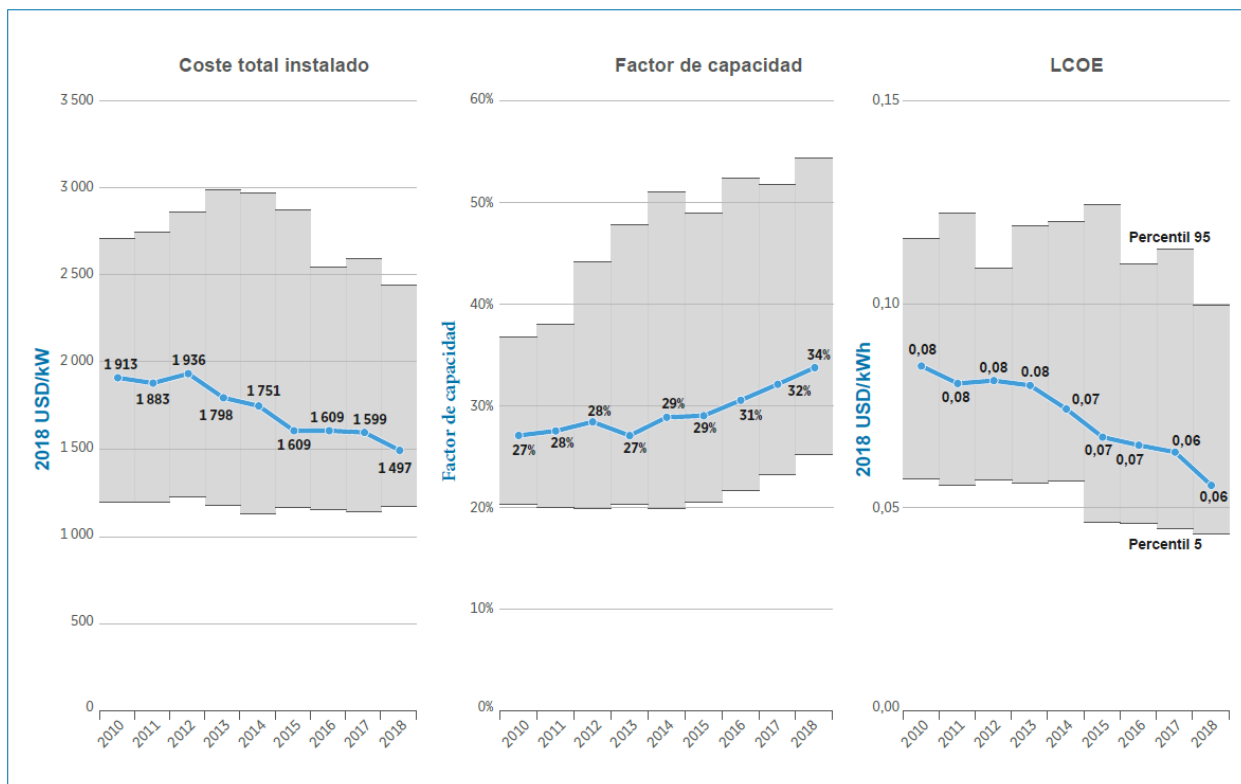
El coste medio ponderado de instalación de un sistema fotovoltaico de gran escala ha disminuido aproximadamente en tres cuartas partes, desde un valor de USD 4.621/kW en 2010 hasta USD 1.210/kW en 2018 (una caída anual del 13% respecto de 2017). Estas reducciones de coste se han apoyado en gran parte en reducciones del coste de los paneles solares. Por ejemplo, el coste medio de un panel solar cristalino ha disminuido un 90% entre el final de 2009 y el final de 2018. Sin embargo, a medida que han ido emergiendo nuevos mercados y los desarrolladores de proyectos han adquirido más experiencia y han normalizado y refinado sus procesos y cadenas logísticas, los costes de otros componentes también han caído. Estos, comúnmente conocidos como costes de *balance de planta*⁴, han también disminuido

⁴ Estos pueden incluir otros componentes físicos del sistemas (cableado, estructuras de montaje, etc.) o costes de instalación o costes indirectos de desarrollo del proyecto (IRENA, 2016).

sostenidamente, si bien aún es visible un amplio rango de costes de balance de planta entre los distintos mercados.

La otra tecnología solar para generación eléctrica, la energía solar de concentración, experimentó una reducción del 46% durante el período comprendido entre 2010 y 2018. La capacidad acumulada total instalada de la ESC se cuadruplicó entre 2010 y 2015. A pesar de este crecimiento, la ESC es aún la tecnología con menos capacidad instalada total en 2018 y por eso no es sorprendente que el coste nivelado medio ponderado de la tecnología de USD 0,185/kWh durante 2018 se encuentre todavía ligeramente por encima del rango de generación con combustibles fósiles. Sin embargo, una disminución anual del 26% entre 2017 y 2018, impulsada por el surgimiento de China como un actor incrementalmente activo e importante, hace pensar que la experiencia ganada por los desarrolladores y el crecimiento de la cadena productiva y logística empieza a rendir frutos importantes.

Figura 4. Coste total instalado medio global, factores de capacidad de planta y LCOE de eólica terrestre, 2010-2018



Fuente: IRENA, 2019c.

El coste medio nivelado de la energía proveniente de la tecnología eólica terrestre disminuyó un 35% entre 2010 y 2018 para alcanzar un valor de USD 0,056/kWh (una reducción del 13% respecto de 2017) y los costes de energía generada a partir de esta tecnología se sitúan en el

extremo inferior del rango de generación con combustibles fósiles. Este aumento en la competitividad de la energía eólica terrestre ha sido impulsado por la caída sostenida en los costes totales instalados vinculados a reducciones del coste tanto de las turbinas eólicas como de los costes de balance de planta a medida que la experiencia de los desarrolladores de proyectos ha ido en aumento. A la vez, en los últimos años la evolución tecnológica ha permitido una tendencia hacia mayores alturas del eje del rotor, áreas de barrida y potencia de la turbina en los proyectos eólicos. Esto ha ocasionado un incremento continuado del factor de planta medio de los proyectos (ver **Figura 4**).

Durante 2018 el LCOE medio global de la tecnología eólica marina fue de USD 0,127/kWh. Esto representó una caída del 1% respecto de 2017 y del 20% respecto de 2010. Durante 2018, un total de 4.5 GW de proyectos eólica marina fueron instalados en el mundo, siendo Europa y China las áreas en la que se añadió la gran mayoría de esta capacidad. El mercado, por lo tanto, se mantiene confinado a un número reducido de actores, si bien es de esperar que se amplíe el despliegue geográfico de la tecnología con proyectos a desarrollar en Norte América y Oceanía en los años venideros.

El coste total instalado de proyectos de eólica marina durante 2018 cayó un 5% en comparación con 2010, en parte gracias a innovaciones en la tecnología de las turbinas, procesos de instalación y mejoras logísticas. La caída del LCOE ha sido más acelerada debido tanto a economías de escala que han reducido los costes de operación y mantenimiento, como a un aumento de los factores de capacidad de planta. Estos han aumentado desde un valor medio del 38% en 2010 al 43% en 2018. Esto se puede explicar principalmente por la tendencia a instalar plantas de mayor altura en aguas cada vez más distantes a la costa. Si bien realizar instalaciones en aguas lejanas a la costa puede ser más costoso que más cerca de la costa, se puede a la vez acceder a mejores recursos eólicos que aumenten el factor de capacidad de planta y reducen el LCOE del proyecto (IRENA, 2019c).

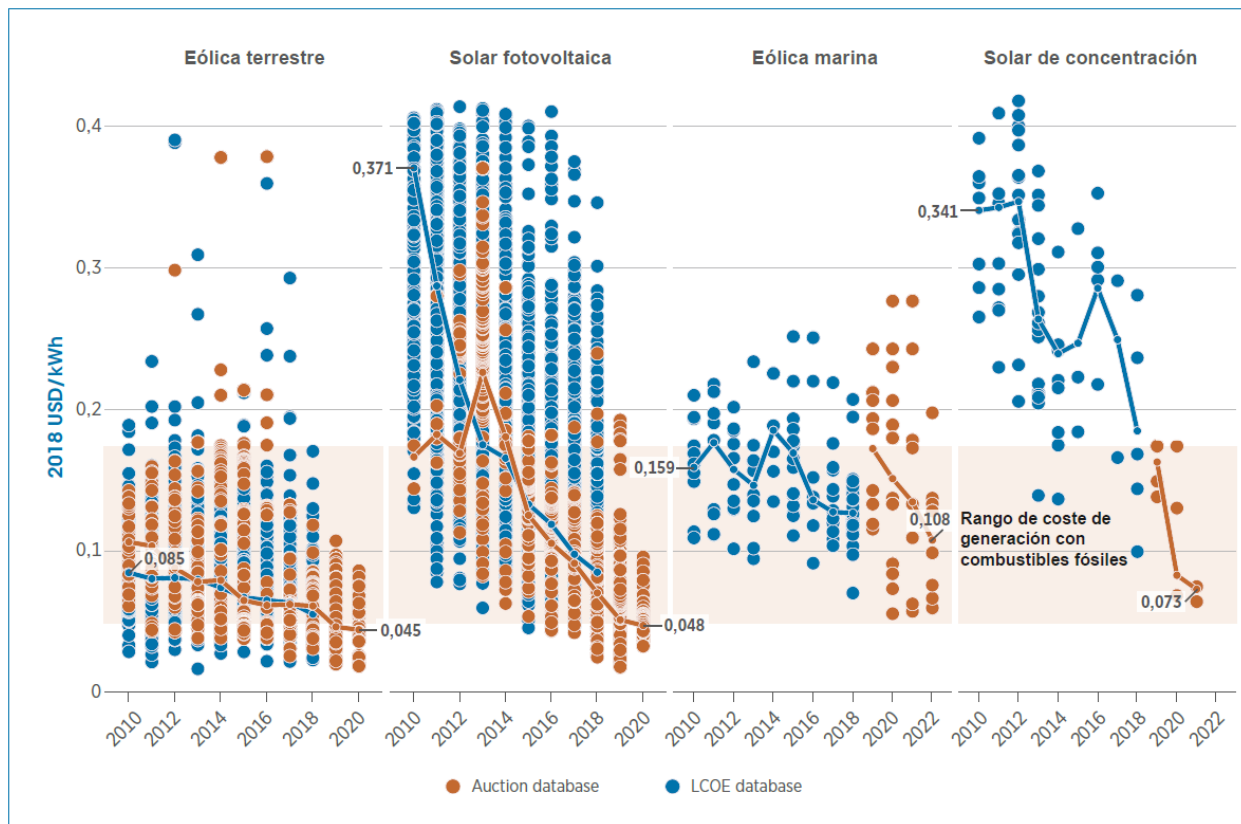
3. Expectativas sobre el coste futuro de generación eléctrica renovable

La innovación continúa siendo el motor que impulsa la transformación energética global. Las energías renovables, y en especial las tecnologías solar y eólica con sus rápidas reducciones de coste, han marcado el camino para un incremento de la competitividad del sector energético y es de esperar que esta continúe mejorando en el futuro. Muchas innovaciones que facilitan una mayor participación de las energías renovables variables (ERV) en el sector energético cobrarán más importancia a medida que la proporción de estas en el sector energético crezca aún más y se requerirán innovaciones a lo largo de todo el sector (IRENA, 2019d).

En los años venideros, las señales de coste que se pueden inferir a partir de un análisis de los resultados de subastas y de contratos de compraventa de energía (PPA, por sus siglas en inglés) muestran claramente que las reducciones de coste de las tecnologías solares y eólicas continuarán hacia el 2020 y más allá. La base de datos de subastas y PPAs de IRENA, que considera en torno a 393 GW provenientes de aproximadamente 9.850 proyectos o programas, sugiere que los costes continuarán bajando hacia 2020 o 2022 dependiendo de la tecnología. Si bien se debe ser cuidadoso a la hora de comparar directamente los resultados de subastas o PPA y los valores del LCOE, es posible que el precio medio de la electricidad generada por eólica terrestre disminuya hasta un valor de USD 0,045/kWh hacia 2020. En el caso de la energía solar fotovoltaica de gran escala, los resultados de las subastas muestran que el precio medio de electricidad podría llegar a un valor de USD 0.048/kWh hacia 2020. Esto significaría una caída del 44% comparado con el LCOE medio en 2018 para esta tecnología (véase

Figura 5).

Figura 5. Coste nivelado de energía de proyectos y coste medio ponderado global de las tecnologías: eólica terrestre, eólica marina, solar FV y solar de concentración, 2010-2022



Nota: Cada círculo representa un proyecto individual o un resultado de una subasta donde ha habido un precio de adjudicación. El centro del círculo muestra el valor del coste de cada proyecto en el eje vertical. Las líneas gruesas son el valor medio ponderado global del LCOE, o los valores de la subasta para cada año. Para el LCOE, el coste medio ponderado real de capital (CMPC) es del 7,5% para los países de la OCDE y China y del 10% para el resto del mundo. La banda representa el rango de costo de generación con combustibles fósiles.

Esta figura también muestra que la tecnología eólica marina podría reducir su coste medio de electricidad en un 15% hacia 2022. Los datos disponibles de coste de subastas para proyectos de energía solar de concentración a poner en servicio durante 2020 y 2021 son relativamente más escasos y los resultados para esta tecnología deben tratarse con cierta cautela. Sin embargo, sugieren que la energía solar de concentración podría experimentar una caída drástica del 61% de coste de electricidad entre 2018 y 2021.

Estas tendencias indican que la competitividad de las renovables continuará mejorando en los años venideros. Así, el 77% de la capacidad instalada total de proyectos de eólica terrestre que se conectarán en 2020 y que se incluyen en la base de datos de subastas de IRENA tienen costes más bajos que la opción más barata de nueva generación basada en combustibles fósiles. Para la tecnología solar fotovoltaica, este valor es del 83%. A su vez, el coste de generación de ambas tecnologías será cada vez más reducido en comparación con el coste marginal de operación de plantas de combustible fósil ya existentes. La caída, tanto histórica como proyectada, de los costes de la electricidad generada con la solar fotovoltaica y la eólica terrestre, así como las reducciones de coste esperadas hacia 2020 para la eólica marina y la energía solar de concentración, corroboran que la energía renovable se ha convertido en la columna vertebral de la transformación energética global.

Bibliografía

IRENA, 2016. The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf

IRENA, 2019a. Renewable Capacity Statistics 2019. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>

IRENA, 2019b. Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>

IRENA, 2019c. Renewable Power Generation Costs in 2018. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf

IRENA, 2019d. Panorama de la innovación para un futuro impulsado por las energías renovables: soluciones para integrar las energías renovables variables. Resumen para responsables políticos. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_Landscape_summary_ES.pdf?la=en&hash=8820F8D72B92132153459A58381901D71BD3688E