En este artículo se exponen las ventajas de los aprovechamientos eólicos marinos y las principales diferencias entre los parques eólicos *offshore* (en alta mar) y *onshore* (en tierra) haciendo hincapié en las ventajas ambientales y de transporte de elementos al emplazamiento designado en el mar. Para el desarrollo de la tecnología *offshore* en España son necesarios dos elementos: una ordenación clara del espacio marítimo y una tecnología adecuada para poder instalar y operar parques eólicos *offshore*.

La no existencia de barreras en alta mar hace que el viento generado en esas zonas sea más constante y con una velocidad media mayor. Esta mayor intensidad y regularidad del viento que sopla en el mar hace que pueda llegarse, incluso, a duplicar la producción energética si se compara con un parque eólico terrestre medio.

Además, al ser una energía renovable, nos provee de múltiples beneficios. El viento es un recurso ilimitado, renovable y no contaminante. Por otro lado, explotada convenientemente, es una energía con un muy bajo impacto ambiental, incluyendo bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este bajo impacto ambiental queda reflejado en que tanto el impacto visual como el acústico puede ser muy bajo, haciendo posible que su capacidad sea mayor que en tierra, pudiendo llegar a varios cientos de megavatios, utilizando potencias unitarias y tamaños de los aerogeneradores mayores que en los parques eólicos *onshore*.

El sector eólico no puede seguir creciendo al ritmo de antes en la España peninsular, en tierra (*onshore*). La mayoría de los buenos emplazamientos ya están copados y el resto de emplazamientos disponibles en el interior no van a ser tan rentables o viables económicamente como los ya existentes. Para seguir con el desarrollo de la eólica en tierra tan sólo queda disponible el *repowering* de los parques ya existentes, cuando lleguen al final de su vida útil, y copar los emplazamientos disponibles que sean rentables y que queden todavía por explotar. Por todo ello, el sector eólico mira con esperanza al mar, nunca mejor dicho, para seguir expandiéndose, pero en este caso proyectando instalaciones *offshore* (en el mar).

Esta mayor intensidad y regularidad del viento que sopla en el mar hace que pueda llegarse, incluso, a duplicar la producción energética

Pero para que esa esperanza sea una realidad, sobre la mesa se necesitaban dos cosas: una ordenación clara del espacio marítimo y una tecnología adecuada para poder instalar y operar parques eólicos *offshore*. El primer requisito, con la reciente aprobación de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), ya ha sido alcanzado. De esta forma se delimitan áreas del espacio marítimo que cumplen las siguientes condiciones:

1. Disponen del viento adecuado para generar la cantidad de energía suficiente que hace viable económicamente al parque eólico marino.
2. Poseen características físicas favorables que hacen viable técnica y económicamente las instalaciones:

distancias a la costa, características del fondo marino, su pendiente y las profundidades a las que se encuentra en el emplazamiento del parque eólico.
3. En estas zonas se permite la coexistencia de los parques eólicos *offshore* con otros usos y actividades del espacio marítimo (pesca, acuicultura, navegación, turismo, etc.) respetando la biodiversidad del entorno.

Ponderar y analizar todos los elementos relacionados con la elaboración de los POEM ha sido un proceso difícil y dilatado en el tiempo. Se elaboraron varios borradores y se realizó una consulta pública sobre los mismos. A partir de estas consultas, la Administración realizó varios cambios y adaptaciones sobre la ordenación inicialmente propuesta (algunas propuestas iniciales se han eliminado y otras se han visto reducidas). Pese a esto, y en primera instancia, el sector eólico valora los resultados como positivos, ya que se identifican espacios suficientes para desarrollar la energía eólica tal y como figura en las previsiones de cara al despliegue necesario para cumplir los compromisos de sostenibilidad y crecimiento en el sector propuestos para 2030.

¿Qué diferencias clave hay entre un parque eólico marino y uno terrestre?

La capacidad para generar electricidad es mayor en el mar, pues el viento tiene mayor velocidad y es más regular que en tierra firme, lo cual proporciona una mayor producción de electricidad. Sin embargo, la construcción y operación de parques eólicos en el mar no sólo requiere el uso de una logística muy especializada, sino que implica una mayor dificultad tecnológica. La construcción y el mantenimiento son procesos más complejos debido a las condiciones más extremas del entorno marino, que además requieren de medidas de seguridad muy especiales.

Aun así, la facilidad de traslado de los diferentes componentes de la instalación de los parques es mayor en el mar (no es necesario realizar pistas para el paso de camiones en zonas montañosas o de difícil acceso como en los parques eólicos en tierra), por lo que se están utilizando aerogeneradores de potencias unitarias superiores a los 10 MW, llegando en ocasiones a los 15 MW de potencia. Al aumentar la dificultad de transporte en tierra se tienen actualmente parques eólicos con potencias unitarias por aerogenerador de unos 5 MW.

Los elementos, partes y piezas de aerogeneradores, material eléctrico, torres flotantes, etc., requieren una mayor fiabilidad y durabilidad debido a las limitaciones de acceso existentes durante la operación y funcionamiento de los mismos, por lo que los componentes se diseñan con unos niveles de redundancia superiores a los de los parques terrestres.

Los costes de ambos tipos de tecnologías han estado bajando desde 2010 y hasta 2019 de media un 39% en la eólica terrestre y un 29% en la eólica marina, según el último informe publicado sobre costes por IRENA (Asociación Internacional de Energías Renovables). También durante los años de pandemia se puso de manifiesto que estas tecnologías no habían perdido su capacidad para abaratar costes, la experiencia adquirida y el despliegue de nuevos parques eólicos *offshore* en el norte de Europa hicieron el resto, así pues, en 2021 los costes de estas tecnologías bajaron un 15% de media para la eólica terrestre y un 13% para la eólica marina, poniéndose de manifiesto que la bajada de costes en ambas tecnologías cada vez es más pareja a la vez que las inversiones en parques eólicos *offshore* siguen aumentando.

¿Qué tipo de parque eólico marino se instalaría en nuestras costas?

Debido a la profundidad del fondo marino en nuestras costas a las distancias recomendadas por el POEM para empezar a instalar parques eólicos *offshore*, normalmente profundidades mayores de 60 metros, la tecnología recomendada es la de aerogeneradores marinos sobre plataforma flotante. Este tipo de emplazamientos permiten tener parques más alejados de la costa en zonas de mayor profundidad, de esta forma se pueden desplegar aerogeneradores en extensas áreas marinas con elevado potencial de viento. En esta tecnología la restricción de profundidad viene marcada por el tendido de las infraestructuras eléctricas submarinas de

evacuación, que son actualmente capaces de llegar a cientos de metros de profundidad.

Con la tecnología flotante, existen varias posibilidades, pero ya se están decantando las empresas tecnológicas y los fondos de inversión por opciones concretas, como el proyecto propuesto por BlueFloat Energy y Sener en la costa catalana. Además hay que tener en cuenta que España es también el socio europeo con más instalaciones de I+D para eólica flotante, como la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) y la Plataforma de Energía Marina de Vizcaya (BiMEP). Hay varios ejemplos de tecnología de empresas españolas puestas en marcha y en pruebas para cumplir el reto de ser el sistema de parque eólico flotante puntero en el mundo.

Actualmente, la cantidad de parques eólicos flotantes comerciales en el mundo es todavía limitada y no está claro cuál es el diseño (o los diseños) de flotador que serán predominantes en el mercado. Aunque si es verdad que los diseños en pruebas funcionan, hay que ver cuáles van a funcionar mejor y tendrán menores costes de implantación, operación y mantenimiento.

La capacidad para generar electricidad es mayor en el mar

Los parques eólicos flotantes supondrán un coste extra en el precio de adjudicación final, debido a que todavía tiene recorrido de maduración esta tecnología y que no tiene una cadena industrial y de suministro solidificada. Tomando como referencia a Francia, que se encuentra actualmente en pleno proceso de adjudicar 250 MW de este tipo de tecnología, es de suponer que la horquilla del precio en la subasta dará un precio final de adjudicación por debajo de 100 €/MWh.

Puede que el nivel de coste sea alto, pero las empresas dedicadas al *trading*[1] y la financiación como Bloomberg y Lazard exponen, en sus informes sobre el LCOE (Levelized Cost of Energy) valores medios para la eólica *offshore* de 83 $/MWh, inferiores al precio de adjudicación, el recorrido de beneficio instalando a ese precio medio es muy ajustado, como puede observarse en el gráfico de Lazard en la referencia adjunta. Pero por otro lado la utilización de aerogeneradores flotantes puede suponer una gran oportunidad industrial para España, que puede aprovechar el impulso de las subastas para posicionarse como fabricante y proveedor internacional de estas tecnologías.

Mientras los costes de la eólica *offshore* y *onshore* siguen bajando, las empresas siguen demandando ingenieros para un sector que está creciendo en muchos países por encima de todas las expectativas creadas. Más de 12 millones de empleos creados en todo el mundo en el sector de las renovables y cerca de 1.400.000 empleos creados sólo en el sector eólico. Son muchas buenas noticias para un sector que encontraba limitada su expansión en tierra y que amplia mucho sus posibilidades allende los mares.