

Energías renovables en el medio marino



José Luis Villate Martínez

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad del País Vasco (1991). Actualmente es el Director del Área de Energías Marinas de Tecnalia, la mayor entidad privada de I+D en España, además del representante español en la sección de energías marinas de la Agencia Internacional de la Energía, donde además ocupa el cargo de vicepresidente.



Pablo Ruiz-Minguela

Ingeniero Industrial por la Universidad del País Vasco (1991), MSc en Tecnologías Avanzadas de Fabricación por la Universidad de Manchester (1992), Diploma de Estudios Avanzados en Generación Distribuida y las Energías Renovables por la Universidad del País Vasco (2008) y MBA por la Escuela de Negocios ESEUNE (2012). Responsable de Energía de las Olas dentro del área de Negocio de Energías Marinas de Tecnalia.



Germán Pérez Morán

Ingeniero superior de Telecomunicaciones por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao (1998). Responsable de Eólica Marina dentro del área de Negocio de Energías Marinas de Tecnalia. Además de la dirección de proyectos de I+D en este campo, es autor y co-autor de ocho artículos y ponencias, así como de una patente para energía marina.

Palabras clave: Energías marinas, eólica offshore.

Resumen:

En los últimos años se ha acrecentado el interés por el desarrollo de fuentes de energía alternativas. El progresivo aumento de la población mundial, la creciente demanda de energía, el constante incremento del precio del petróleo o el calentamiento global son algunos de los factores que favorecen el desarrollo de las energías renovables. Algunas de ellas, como la energía eólica, han sufrido una evolución espectacular en los últimos años. Otras, sin embargo, continúan aún sin que se haya explorado todo su potencial. Este es el caso de las energías marinas.

Key words: Marine energy, offshore wind energy.

Abstract:

In recent years the interest for developing alternative energy sources has continuously increased. The progressive growth in world population and energy demand, the steady increase in oil prices or global warming are the main factors behind the development of renewable energy. Some, such as wind power, have undergone a dramatic evolution over the last year. Others, however, continue even without having explored its full potential. This is the case of marine energy.

La idea de utilizar la fuerza del mar para producir energía no es nueva. Basta viajar por el litoral cantábrico para ver ancestrales molinos de mareas, muchos de ellos reconvertidos hoy en museos. Hasta la fecha, la utilización rentable de este tipo de energía es muy baja, con una potencia instalada reducida a varias plantas piloto. Una característica de las energías marinas es su densidad -muy superior a la de otras energías renovables-, sin embargo, su aprovechamiento presenta grandes dificultades ya que el mar es un medio adverso de por sí.

Del mar se puede obtener energía aprovechando fundamentalmente cinco fenómenos:

1. *Mareas*: El ascenso y descenso del nivel del agua del mar producido por las acciones gravitatorias del sol y la luna.

2. *Oleaje*: Las olas son producidas por la acción del viento sobre la superficie del mar. Posteriormente éstas se trasladan recorriendo centenares de kilómetros.

3. *Corrientes marinas*: Se pueden originar por diferentes fenómenos: diferencia de densidad y contenido de sal del agua, mareas, diferencias de temperatura, evaporación y rotación de la Tierra.

4. *Gradiente térmico*: La radiación solar sobre el mar produce diferencias de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo que puede alcanzar 20 °C.

5. *Gradiente salino*: En las desembocaduras de los ríos se producen fuertes diferencias de concentración salina entre el agua de los océanos y el agua de los ríos.

Todas las formas de extraer energía del mar están en desarrollo a nivel mundial, existiendo una gran variedad de conceptos para su aprovechamiento, destacando en Europa las tecnologías de aprovechamiento de la energía de las olas y de las corrientes. Actualmente se pueden encontrar decenas de conceptos y tecnologías en desarrollo, lo que constituye una de las principales características de las energías marinas: su gran diversidad tecnológica. Aunque estas tecnologías están en una fase incipiente y económicamente no son

aún competitivas frente a otras fuentes renovables más maduras, el interés de ciertos gobiernos y de grandes empresas está acelerando su evolución hacia las primeras instalaciones comerciales.

Existen otras fuentes renovables de origen marino como es la eólica en el mar. Estrictamente hablando, la eólica marina no se suele considerar incluida bajo el término de energías marinas ya que no es el agua el elemento fundamental del que se extrae la energía. Sin embargo, comparte muchas similitudes con las energías marinas por lo que, en un sentido amplio, podemos hablar de energías renovables en medio marino e incluir las cinco fuentes mencionadas anteriormente y otras renovables como la eólica en el mar.

A continuación se explican los diferentes tipos de energías marinas, incluyendo también información de eólica marina.

Energía de las mareas o mareomotriz

Consiste en aprovechar el ascenso y descenso de las aguas del mar producidos por las acciones gravitatorias del sol y la luna. Actualmente, es técnicamente viable sólo en aquellos puntos de la costa en los que la diferencia entre la marea alta y la baja es superior a 5 ó 6 m. Esta situación únicamente se da en 40 zonas en todo el mundo.

La forma de extraer esta energía se basa en realizar un dique que permita crear un depósito, el cual se llena durante la pleamar y posteriormente se vacía cuando la marea está en su cota más baja. En este momento toda el agua retenida pasará por una turbina que aprovechará el salto de agua creado por el desnivel. Este tipo de aprovechamiento energético se ha utilizado desde hace siglos en nuestras costas en molinos de marea. A pesar de ello, no es un recurso aprovechable en España para la generación de electricidad ya que el recorrido de mareas es, en general, inferior a los 5 ó 6 m salvo en lugares muy concretos como puertos comerciales y rías de la cornisa cantábrica, lugares habitualmente dedicados a otro tipo

de aprovechamiento y con gran impacto medioambiental.

La tecnología utilizada en este tipo de centrales es una tecnología madura y muy desarrollada en las centrales hidráulicas. Uno de los grandes problemas, aparte del coste financiero y el lento retorno de la inversión con los que se encuentra la construcción de grandes proyectos de aprovechamiento mareomotriz, es el impacto ambiental. Las localizaciones óptimas se encuentran normalmente en estuarios, lo que presenta importantes inconvenientes medioambientales al ser lugares con una gran diversidad biológica. El cierre de un estuario obliga a la instalación de esclusas para el transporte marítimo y provoca una modificación completa de la ecología. Todo ello está limitando un gran desarrollo de esta energía.

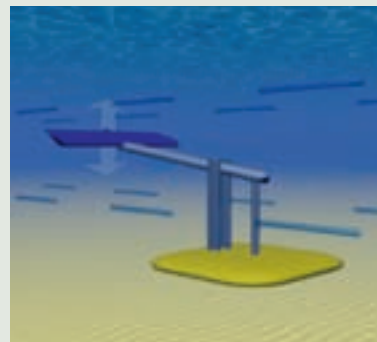
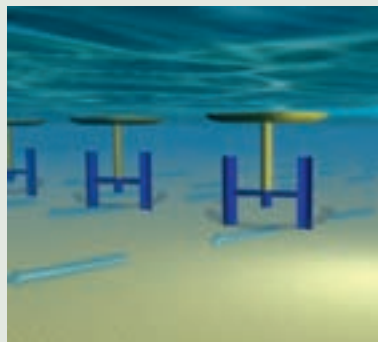
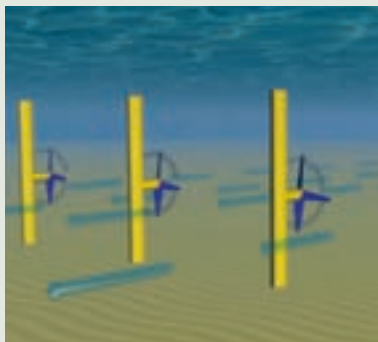
Entre las grandes instalaciones destaca la central de La Rance en Francia, que comenzó a funcionar en 1967 con una generación media anual de 4.400GWh y una potencia instalada de 240MW. En 2011 se puso en marcha en Corea la que es hasta ahora la mayor planta de energía de las mareas con una potencia instalada de 256MW.

Energía de las corrientes marinas

Las corrientes marinas pueden originarse por diferentes fenómenos como, por ejemplo, la diferencia de salinidad o temperatura de los océanos o los cambios de mareas, siendo éste último el más habitual en las zonas donde actualmente se está analizando el aprovechamiento energético de las corrientes marinas.

La tecnología actual se puede asemejar al de las turbinas eólicas, de tal forma que se están desarrollando diferentes configuraciones de molinos sumergidos para su aprovechamiento. Las dimensiones de las palas y su robustez son muy diferentes a las utilizadas en eólica ya que la densidad del agua marina es muy superior a la del aire, aproximadamente 1.000 veces superior.

Para que la extracción de energía de las corrientes sea viable se suele



Fuente: www.aquaret.com

plantear la necesidad de velocidades de entre 4,5 y 5 nudos (entre 2 y 3m/s), equivalentes a entre 11 y 12m/s en aire. Los lugares más adecuados en Europa se concentran en el Reino Unido, donde se están llevando a cabo diferentes proyectos demostradores. Por el contrario, en la costa española existen muy pocas ubicaciones con estas características, y las que existen, habitualmente están en zonas de tránsito marino, como desembocadura de rías o el estrecho de Gibraltar, en el cual el impacto sobre el transporte marino es enorme haciendo muy difícil cualquier tipo de proyecto.

Los sistemas de aprovechamiento de la energía de las corrientes marinas pueden clasificarse básicamente en tres grupos:

- *Turbinas de eje vertical:* La turbina se sitúa dentro de la zona de corrientes marinas, la circulación de agua provoca la rotación de las palas de la turbina que a su vez impulsa un generador eléctrico.

- *Turbinas de eje horizontal:* Estas turbinas son similares a las empleadas en los aerogeneradores; al igual que en el caso anterior la circulación del agua provoca la rotación de las palas de la turbina, produciéndose energía eléctrica por medio de un generador.

- *Hidroalas o Hydrofoils Recíprocos:* Su funcionamiento se asemeja al de la cola de los peces o alerón en los aviones. Las corrientes provocan en las hidroalas un movimiento ascen-

dente y descendente producido por la diferencia de presión entre las láminas de agua inferior y superior que puede aprovecharse para la generación de energía eléctrica.

Este tipo de aprovechamiento está experimentando una clara consolidación tecnológica hacia turbinas de eje horizontal con la participación de grandes empresas como Iberdrola, EDF, Alstom o Siemens que están trabajando ya en la definición de los primeros parques marinos, fundamentalmente en Reino Unido y Francia.

Energía del gradiente térmico

La diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo es el resultado del grado de penetración del calor solar en el agua del mar. Así, en la superficie, la temperatura puede superar los 20°C y en el fondo suele mantenerse a una temperatura bastante constante en torno a los 4°C. Estos gradientes térmicos pueden aprovecharse en máquinas térmicas para la producción de energía. Para que estos sistemas sean rentables, se requiere diferencias de temperatura en torno a 20°C o superiores. Esta situación se da en zonas tropicales con la necesidad de instalar tubos de agua que alcancen una profundidad del orden de los 1.000 m.

Las ventajas de este tipo de aprovechamiento son principalmente la densidad energética, que el gradiente

térmico es muy constante y predecible y que en principio no son necesarios grandes avances tecnológicos ya que pueden emplearse soluciones de la industria petrolífera. Sin embargo, el coste de producción de la energía resulta muy elevado, ya que es necesario trabajar a grandes profundidades y además el recurso se encuentra normalmente alejado de los puntos de consumo.

Se han realizado instalaciones de carácter experimental en Hawái, India y Japón. En concreto, en el año 2001 se instaló una plataforma experimental flotante en la costa de Tamil Nadu (India). La potencia de la planta fue de 1 MW y recogía agua a 1.000 m de profundidad. En Europa el recurso es prácticamente nulo, sin embargo, hay interés por este tipo de aprovechamiento por parte de empresas francesas como DCNS interesadas en el recurso en territorio francés de ultramar.

Energía del gradiente salino

La diferencia de salinidad entre el agua de los océanos y el agua de los ríos se mantiene esencialmente por evaporación del agua de los océanos y por la lluvia recibida por los ríos. Las mayores diferencias de salinidad ocurren en las desembocaduras de los ríos donde el agua dulce del río entra en contacto con el agua marina. Básicamente existen dos tecnologías de aprovechamiento del gradiente salino.

- *Retardo de la presión osmótica (Pressure-Retarded Osmosis (PRO))*. Es el método más empleado y consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluirá a través de una membrana semipermeable incrementando el volumen (o la presión) en el depósito. Este aumento de la presión es utilizable por un sistema turbogenerador.

- *Electrodialisis inversa (Reverse electrodialysis, RED)*. Consiste en utilizar membranas selectivas a los iones; los iones de sal se difunden a través de la membrana y crean una corriente de baja tensión. Con este método se genera directamente electricidad en corriente continua.

Es importante reconocer el potencial de los gradientes salinos como fuente energética, principalmente debido a su alta densidad de energía y a que a diferencia de otras energías como la eólica o la de las olas, tienen un carácter no cíclico, lo que asegura una producción continua y predecible.

Sin embargo, hay que resaltar que desde el punto de vista tecnológico todavía hay mucho por hacer: la tecnología de membranas ha avanzado mucho, pero su coste sigue siendo muy elevado. Por otra parte, las ubicaciones, desembocaduras de ríos, plantean en muchos casos limitaciones por impacto medioambiental.

En Europa, el aprovechamiento del gradiente salino está siendo liderado por la empresa Noruega Statkraft que en 2009 puso en marcha la primera planta piloto basada en

tecnología por ósmosis inversa. Se trata de una planta con una potencia instalada de 2kW con fines de investigación, fundamentalmente en la tecnología de membranas.

Energía de las olas

La energía de las olas es posiblemente la fuente renovable de origen marino con mayor número de desarrollos en marcha aunque todos ellos en fases incipientes y sin haber llegado a tener la madurez suficiente como para hablar de tecnología comercial. Por otra parte, la energía de las olas es el recurso con mayor potencial a nivel mundial y también en España.

Las olas son generadas por la acción del viento pero luego se propagan a grandes distancias (cientos e incluso miles de kilómetros) sufriendo por el camino un gran número de procesos que las transforman y convierten en lo que podemos observar cuando nos acercamos a la costa. Se puede considerar que la energía de las olas es una forma concentrada de energía eólica.

A lo largo de la historia se han propuesto diversos conceptos para el aprovechamiento de la energía del oleaje. Sin embargo, no se ha producido aún una etapa convergente hacia una tecnología común y en la actualidad co-existen diferentes sistemas de captación. A continuación se repasan algunos de ellos atendiendo a tres criterios de clasificación:

• Clasificación según ubicación

Se trata del criterio adoptado en el proyecto europeo WaveNet que clasifica los dispositivos principalmente

en función de su distancia a costa, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

• Clasificación según principio de captación

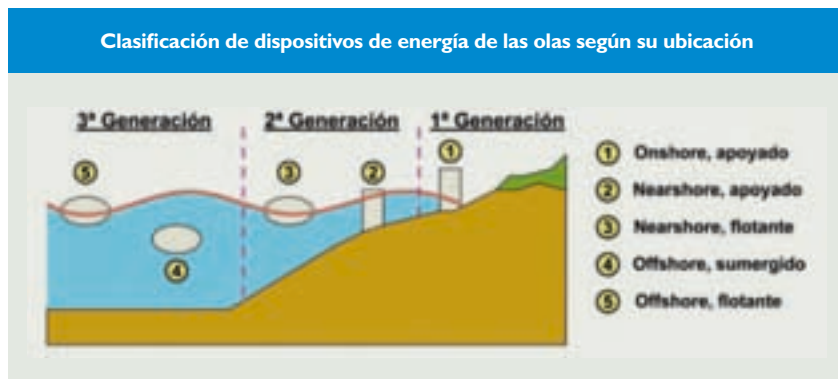
Diferencias de presión. Se aprovecha la diferencia de presión creada por el oleaje en un fluido, normalmente aire, distinguiéndose dos fenómenos:

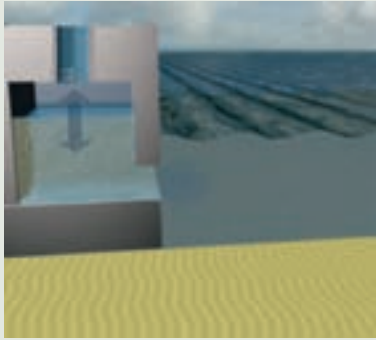
- *Columna de agua oscilante (OWC - Oscillating Water Column)*. Mediante una cámara semisumergida, abierta por la parte inferior; el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Este flujo de aire acciona una turbina que, con un diseño especial, gira siempre en el mismo sentido a pesar del flujo de aire bidireccional.

- *Efecto Arquímedes*. Aprovecha la fluctuación de la presión estática originada por la oscilación del nivel del agua al paso de la ola. Se utiliza una cámara de aire cerrada que puede variar su volumen en función de la presión a la que es sometida. La parte inferior se fija al fondo, mientras que la superior puede desplazarse verticalmente. Un ejemplo de esta tecnología es el dispositivo *Archimedes Wave Swing* desarrollado por la compañía holandesa Teamwork Technology y licenciado para su explotación a la empresa escocesa AWS Ocean Energy.

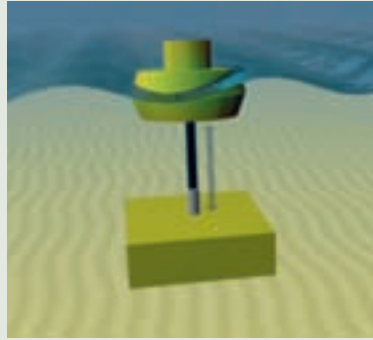
Cuerpos flotantes. Son dispositivos basados en un cuerpo flotante que es movido por las olas. El movimiento oscilatorio aprovechable puede ser vertical, horizontal, de cabeceo o una combinación de ellos. Por otra parte, este movimiento inducido puede ser bien un movimiento absoluto entre el cuerpo flotante y una referencia fija externa o bien relativo entre dos o más cuerpos. De todos los dispositivos existentes, el que está en una fase más avanzada de desarrollo es *Pelamis* de la compañía escocesa Pelamis Wave Power.

Sistemas de rebosamiento y/o impacto. Son dispositivos en los que las olas inciden en una estructura lo que consigue aumentar su energía potencial, cinética o ambas. Los

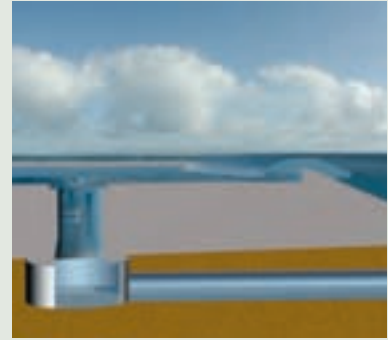




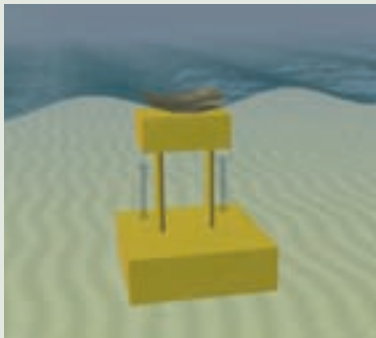
OWC.



Cuerpo flotante de ref. fija.



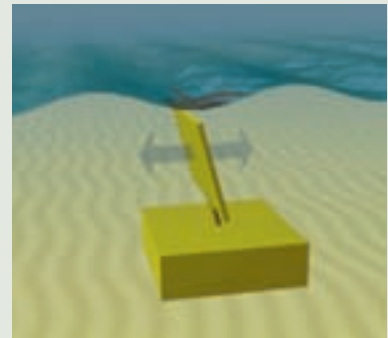
Rebosamiento.



OWC.



Cuerpo flotante de ref. fija.



Rebosamiento.

Fuente: www.aquaret.com

sistemas de rebosamiento fuerzan a que el agua pase por encima de la estructura mientras que en los de impacto las olas inciden en una estructura articulada o flexible. Los sistemas de impacto pueden situarse en la costa o en mar abierto. Un sistema representativo de rebosamiento es *Wave Dragon* desarrollado en Dinamarca por la empresa del mismo nombre. Los sistemas de impacto suelen situarse cerca de la costa como el dispositivo *Oyster* desarrollado por la compañía escocesa Aquamarine Power.

• Clasificación según tamaño y orientación

Absorbedores puntuales. Se trata de estructuras pequeñas en comparación con la longitud de la ola incidente y formas cilíndricas, esto es, con simetría axial, por lo que no les afecta la dirección del oleaje. Generalmente se colocan varios absorbentes puntuales agrupados formando una línea. Los absorbentes puntuales suelen

basarse en sistemas tipo boya como *PowerBuoy* de la empresa estadounidense Ocean Power Technologies.

Terminadores o totalizadores. Se trata de dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola y que pretenden captar la energía de una sola vez. Un dispositivo ideal de este tipo no reflejaría ninguna energía, aprovechando el 100% de la misma.

Atenuadores. También se denominan absorbentes lineales. Consisten en estructuras alargadas, colocadas en paralelo a la dirección de avance de las olas, de forma que van extrayendo energía de modo progresivo y direccional.

• Clasificación de dispositivos de energía de las olas por su forma

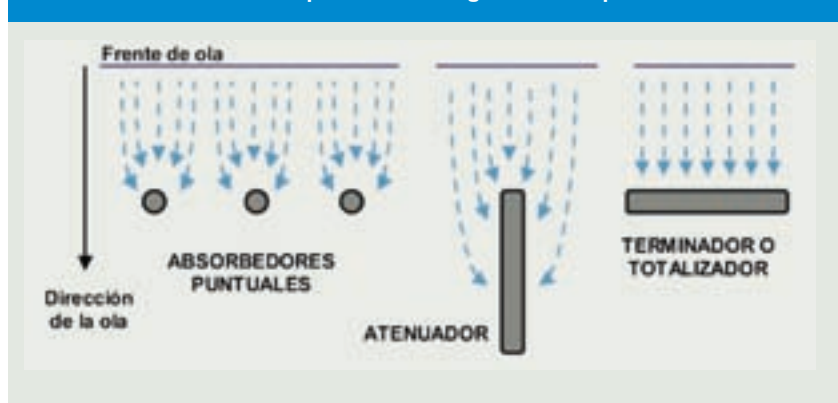
La energía de las olas se encuentra todavía en una fase de clara divergencia tecnológica. El número de sistemas propuestos desde el inicio de la investigación en energía de las olas es muy elevado. A nivel internacional

existen más de 1.000 patentes registradas. En 2009, la sección de Energías Oceánicas de la Agencia Internacional de la Energía contabilizó más de 70 dispositivos en diferentes fases de desarrollo y en 2012 podemos decir que esta cifra se incrementado. En la mayoría de los casos, las tecnologías de aprovechamiento de la energía de las olas todavía requieren de un considerable esfuerzo de I+D+i. El mercado será el que convierta esta etapa divergente en convergente en una o dos tecnologías consolidadas como las más adecuadas para el aprovechamiento de la energía de las olas.

Eólica Marina

El sector de la energía eólica marina está experimentando un gran desarrollo impulsado principalmente por países del norte de Europa, entre los que destaca el Reino Unido, junto con Alemania y Dinamarca. La apuesta decidida de estos gobiernos en forma de fuertes inversiones y tarifas atractivas, está atrayendo a los

Clasificación de dispositivos de energía de las olas por su forma



principales actores de toda la cadena de valor a estos países. Grandes empresas españolas como Iberdrola, Gamesa, Acciona o Repsol no son ajenas a las oportunidades que presenta esta tecnología en despliegue y están apostando por la eólica marina.

Según datos de la EWEA (European Wind Energy Association) durante el año 2011 se instalaron 866MW de eólica marina en Europa, para totalizar 3,8GW. Sólo en 2011, la inversión se calcula que fue de 2400M€ y ya están en fase de construcción nueve parques que añadirán 2,4GW más. Estas cifras dan idea de la importancia de la energía eólica instalada mar adentro, más aún cuando este desarrollo se está produciendo en una coyuntura de crisis financiera. Países como Reino Unido, que suma prácticamente el 50% de la eólica marina instalada en Europa, Dinamarca, Alemania, Bélgica o Suecia están apostando por esta tecnología para cumplir con los objetivos marcados por la UE para 2020. Fuera de Europa, China ya tiene instalado su primer parque eólico marino, y países como EE UU o Corea están dando los primeros pasos en este sector. Además, el accidente de la central nuclear de Fukushima, ha provocado que Japón y otros gobiernos como el de Alemania, anuncien mayores inversiones en renovables, siendo la eólica marina la que más potencial presenta en estos momentos.

El caso de Reino Unido responde a una estrategia de país que apuesta clara y decididamente por la eólica marina para cumplir con sus objetivos de reducción de emisiones. Se

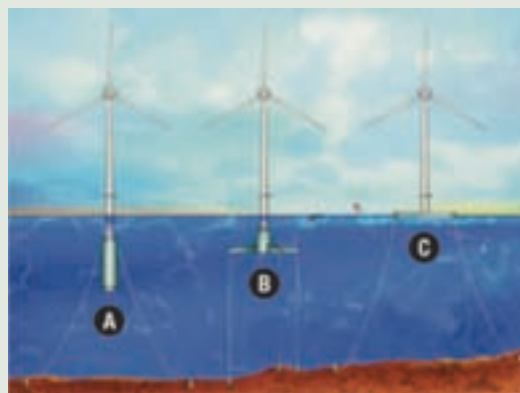
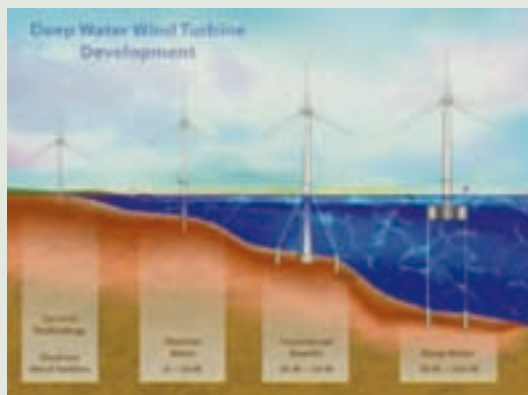
han desarrollado varios concursos o "rondas" para adjudicar el desarrollo de parques eólicos marinos (más de 40GW en tres fases) de forma ordenada. Pero la apuesta británica no se queda en el reparto de las zonas, sino que pasa por el apoyo a todos los sectores involucrados en la cadena de valor, atrayendo a las grandes compañías hacia su territorio: GE, Mitsubishi, Siemens y Gamesa están llevando a cabo inversiones de más de 450M€ en el sector offshore en este país. Gamesa ha implantado en Reino Unido su división de energía eólica marina, lo que supone inversiones de más de 150M€ y una creación de 1000 puestos de trabajo directos y otros 800 entre sus proveedores. También Acciona ha anunciado recientemente que está analizando las mejores oportunidades para invertir en la eólica marina fuera de nuestras fronteras y Repsol ha comprado la compañía SeaEnergy Renewables para entrar en el mercado Británico.

En España, el desarrollo de la eólica marina ha chocado con dos grandes dificultades. Por un lado, la falta de una regulación clara y una legislación que dilata mucho en el tiempo la obtención de permisos para su instalación. No es de extrañar que las empresas españolas interesadas en este sector estén volviendo su mirada y sus inversiones hacia el norte de Europa. A esto hay que añadir la progresiva reducción de las estimaciones para la eólica marina en España: en poco más de un año se ha pasado de una previsión de 3GW instalados en 2020, a la última revisión del

PER2011-2020 en la que la cifra se reduce a 750MW.

El segundo obstáculo viene de las características geográficas de nuestra costa. La tecnología utilizada hasta la fecha en todos los parques eólicos marinos es la misma que la que estamos acostumbrados a ver en tierra: aerogeneradores tripala adaptados para funcionar en el medio marino, básicamente para evitar la corrosión. Las máquinas están cimentadas sobre el fondo, utilizando diferentes tipos de estructuras soporte en función del tipo de éste y de la profundidad: estructuras de gravedad (gravity base), monopilotes "clavados" en el fondo, trípodes de acero o estructuras tipo jacket apoyadas sobre el fondo. El límite de utilización de esta tecnología ronda los 35-45m de profundidad, siendo muy cara en profundidades superiores. La amplia plataforma continental del norte de Europa, con profundidades inferiores a 35m hasta varios kilómetros mar adentro, hace posible que se puedan construir parques eólicos marinos a grandes distancias de la costa, donde el impacto visual es prácticamente nulo. No es éste sin embargo el caso de España, donde a una distancia de apenas 2 km de la costa, nos encontramos con profundidades de 50 m o superiores, que hacen inviable económicamente la instalación de aerogeneradores cimentados sobre el fondo. Pocas zonas (delta del Ebro y Andalucía, principalmente) son aptas para el despliegue de la tecnología fija.

Dadas las cifras de inversiones y la previsión de potencia instalada en la próxima década, se puede considerar la tecnología fija como una realidad más que como un desarrollo de futuro, aunque a buen seguro las cimentaciones y las turbinas seguirán evolucionando hacia desarrollos específicos para offshore. Sin embargo, a medida que la tecnología trata de adentrarse hacia zonas más profundas y alejadas de la costa, los costes de las cimentaciones hacen inviable la tecnología fija. ¿Cuál es el futuro entonces para países sin apenas plataforma continental, como España? En estos casos se habla de



Fuente: NREL.

soluciones flotantes: el aerogenerador descansa sobre una estructura fondeada que le proporciona la flotabilidad necesaria. Esta tecnología permitiría instalarlos lejos de la costa, reduciendo así su impacto visual. Aunque hay varios desarrollos en marcha, actualmente hay dos prototipos flotantes instalados en el mundo. Uno, desarrollado por la empresa Noruega Statoil bajo la denominación *Hywind*, consiste en un aerogenerador de Siemens de 2,3 MW fondeado a una profundidad de unos 220 m y a 12 km de la costa. Este prototipo lleva instalado y funcionando un año y medio con resultados prometedores. El segundo prototipo, promovido por EDP, está instalado en las costas de Portugal y utiliza un aerogenerador de Vestas y tecnología de la empresa americana Principle Power para la estructura flotante. En España, Acciona ha anunciado que su primer prototipo de aerogenerador flotante está previsto que se instale en 2013 en la costa cantábrica, con la colaboración de un consorcio de entidades europeas dentro del proyecto *HiPrWind*.

Conclusiones

Todas las formas de extraer energía del mar están en desarrollo a nivel mundial con diferentes proyectos de demostración pero sin haber llegado aún a una fase comercial, excepción hecha de la eólica marina cimentada

que ya se ha consolidado con unas cifras de negocio muy importantes y prometedoras.

Aparte de la eólica marina, en Europa destacan los proyectos de aprovechamiento de las olas y de las corrientes marinas con decenas de tecnologías en desarrollo, aunque todavía ninguna ha demostrado un claro liderazgo frente a otras. Esta diversidad tecnológica es una de las principales características de las energías marinas pero, en la práctica, está resultando ser una de las principales barreras para su desarrollo comercial, ya que supone una diversificación de los esfuerzos en Investigación y Desarrollo. Bajo esta perspectiva, parece razonable orientar las iniciativas públicas al desarrollo de infraestructuras de ensayo y herramientas que faciliten la evaluación de tecnologías, más que a financiar tecnologías concretas.

Por otro lado, la supervivencia de los dispositivos durante toda su vida útil en un medio complejo como el marino obliga al desarrollo de sistemas que, además de garantizar unos rendimientos adecuados, sean robustos, fiables y con pocas necesidades de mantenimiento para minimizar las operaciones en el mar. En este sentido, la experiencia y colaboración con otras tecnologías y sectores habituales al medio marino puede ser un elemento clave para el desarrollo de las energías marinas.

Superados estos inconvenientes, es de esperar que las energías marinas tengan una contribución apreciable a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de cara a los retos energéticos de futuro. Para ello será clave el apoyo de los Gobiernos, tanto en lo que se refiere a Investigación y Desarrollo como al establecimiento de marcos legales que favorezcan la creación de un mercado que atraiga la inversión, como ha ocurrido con otras fuentes renovables. Así lo han hecho ya gobiernos de países como Reino Unido, Irlanda, Estados Unidos o Canadá. Estos países han definido hojas de ruta detallando los pasos a dar para consolidar las energías marinas como un sector industrial, contribuyendo a cumplir los objetivos relacionados con políticas de cambio climático a la vez que mejoran la competitividad de la economía nacional y suponen una fuente de creación de empleo. En todos los casos, las hojas de ruta contemplan horizontes temporales muy similares: se espera que en el periodo 2012-2020 haya un desarrollo tecnológico e industrial enfocado a plantas piloto y de demostración que permitan un desarrollo comercial a gran escala en el periodo 2020-2030. Durante este periodo, será aún necesario el apoyo institucional hasta alcanzar tecnología completamente competitiva a partir de 2030. ■