

ENERGÍA DEL OLAJE: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

WAVE ENERGY: STATE OF THE ART AND FUTURE PERSPECTIVES



Recibido: 23/01/08

Aceptado: 13/02/08



Pablo Ruiz Minguela
Ingeniero industrial
MSc in Advanced
Manufacturing
Technologies
Unidad de
Tecnalia Energía



Jose Luis Villate Martínez
Licenciado en
Ciencias Físicas
Unidad de
Tecnalia Energía



Fernando Salcedo Fernández
Ingeniero industrial
Unidad de
Tecnalia Energía

RESUMEN

De todas las formas de aprovechamiento de la energía del mar, la energía del oleaje es la más prometedora por su alto potencial energético y por el número de proyectos de desarrollo existentes. Aunque los intentos de aprovechar la energía del oleaje se remontan a épocas similares a otras energías renovables, todavía no se ha impuesto una tecnología concreta. Este artículo realiza una clasificación de los diversos dispositivos que existen en la actualidad. Además, se revisan las acciones estratégicas,

de ámbito nacional e internacional, que se están llevando a cabo con el fin de impulsar el desarrollo de las tecnologías de extracción de la energía del oleaje. Finalmente, se indican las perspectivas futuras de este tipo de energía.

Palabras clave: convertidores de energía del oleaje, energías marinas, fuentes de energías renovables.

ABSTRACT

Among all the ways for harnessing ocean energy, wave energy is

the most promising one due to its high power density and the number of existing projects under development. Although the first attempts to exploit wave energy go back to similar periods of other renewable energy sources, no particular technology has yet proved to be successful. This article introduces a classification of the various devices being developed at present. Also, there are reviewed the different international and national strategic actions set in place in order to promote technology development of wave energy extraction. Finally, the

future perspectives of this kind of energy source are pointed out.

Key words: wave energy converters, ocean energy, renewable energy sources.

1. INTRODUCCIÓN

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. Otras, sin embargo, continúan aún sin haber explorado todo su potencial. Este es el caso de las energías marinas.

Una característica de las energías marinas es su densidad, la cual es muy superior a la de otras energías renovables existentes, sin embargo, cabe destacar las grandes dificultades que existen para extraer dicha energía, ya que el mar es un medio adverso de por sí.

En la actualidad el aprovechamiento de las energías marinas es mínimo, con una potencia instalada reducida a varias plantas piloto situadas en unos pocos países. No obstante, los primeros intentos de su aprovechamiento se remontan a fechas similares a otras energías renovables. Se puede decir que las energías marinas se encuentran en un

momento divergente tecnológicamente en el que existen muchas ideas pero ninguna ha demostrado su liderazgo tecnológico.

Del mar se puede obtener energía aprovechando fundamentalmente cinco fenómenos:

1. Mareas: El ascenso y descenso del nivel del agua del mar producido

diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo que puede alcanzar 20°C.

5. Gradiente salino: Consiste en aprovechar la diferencia de salinidad entre el agua de los océanos y el agua de los ríos.

En la Figura 1.1 se establece el potencial de cada una de las energías.

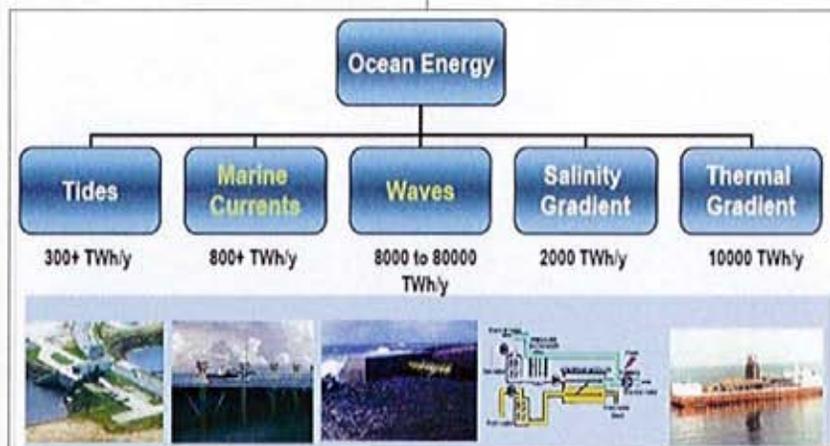


Figura 1.1: Potencial de las diferentes energías marinas.

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 estas se trasladan recorriendo centenares de kilómetros.

3. Corrientes marinas: Se originan por la diferencia de densidad y contenido de sal del agua, así como por la temperatura, la evaporación y la rotación de la Tierra.

4. Gradiente térmico: El calor solar sobre el agua de mar provoca una

Aunque todas las formas de extraer energía del mar están en pleno desarrollo, cabe destacar la energía del oleaje como la tecnología en la que existe un mayor número de proyectos.

El objetivo de este artículo es revisar el estado actual de la tecnología para el aprovechamiento de la energía del oleaje, así como presentar diversos ejemplos significativos de sistemas en fase de desarrollo e indicar las perspectivas futuras de la energía del oleaje.

2. RESUMEN HISTÓRICO

La idea de aprovechar la energía del oleaje no es un concepto reciente. Ya en 1799 fue registrada en París la primera patente que consistía en aprovechar el movimiento oscilatorio, provocado por una palanca gigante acoplada a un barco, para accionar diferentes dispositivos mecánicos, tales como sierras y bombas.

A lo largo del siglo XIX el interés por la energía del oleaje se incrementa. Un estudio realizado por el *National Engineering Laboratory* (UK) indi-

Una característica de las energías marinas es su densidad, la cual es muy superior a la de otras energías renovables existentes, sin embargo, cabe destacar las grandes dificultades que existen para extraer dicha energía, ya que el mar es un medio adverso de por sí

Existen distintos criterios de clasificación, siendo los más comunes los que clasifican los convertidores en función de su ubicación, principio de captación o tamaño y orientación

ca que entre 1860 y 1890 el ritmo de presentación de patentes es aproximadamente de tres por año, alcanzando ya a principios del siglo XX, las seis por año. En general, se trataba de patentes de dispositivos que proponían aprovechar el movimiento oscilatorio de las olas por medio de bombas y otros medios mecánicos (engranajes, cremalleras, trinquetes, cables o palancas).

La primera patente española fue registrada en 1885 por **José Barrufet y Veciana**. En ella se presentó un sistema de extracción de la energía del oleaje que consistía en una serie de

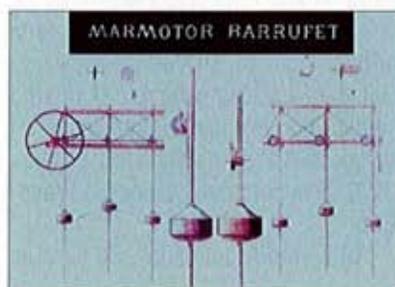


Figura 2.1: Plano original del Marmotor de Barrufet (1885).

flotadores que subían libremente con el impulso de las olas. Al bajar, mediante un mecanismo de trinquete, transmitían su energía a un eje horizontal que estaba asociado a un volante de inercia (Figura 2.1).

Una de las primeras aplicaciones prácticas de la energía del oleaje fue el dispositivo construido en **Royan**, cerca de **Burdeos**, alrededor de 1910 por **Boucheaux-Praceique** (Figura 2.2-a). El aparato suministraba 1 kW

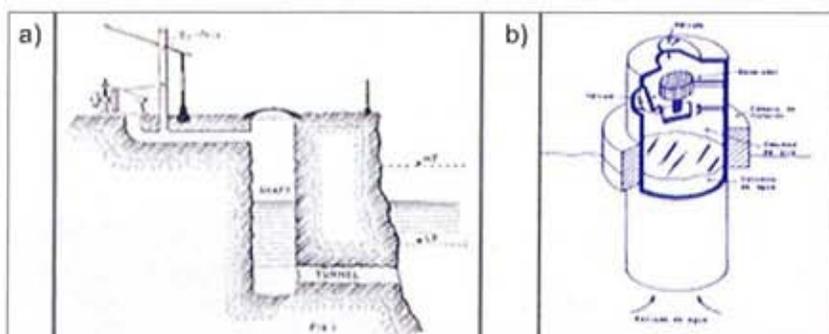


Figura 2.2: Primeras aplicaciones de la energía del oleaje: a) Ingenio de Boucheaux-Praceique (1910); b) Boya de Yoshio Masuda (1965).

de energía eléctrica a su casa mediante un sistema hidroneumático consistente en una turbina accionada por el aire que las olas bombeaban a través de un orificio vertical realizado en el acantilado.

La Segunda Guerra Mundial hace dar un salto en el conocimiento de la dinámica del oleaje. En esta época comienzan los trabajos de Yoshio Masuda, del *Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC)*, que materializa en 1965 la primera aplicación comercial: una boya de señalización marítima auto-alimentada que utiliza un sistema hidroneumático con turbina unidireccional de baja presión (60 W) para la carga de baterías (Figura 2.2-b).

La ciencia e ingeniería del aprovechamiento de la energía del oleaje, basada en teorías y métodos apropiados de investigación, empezó realmente después de 1973, a consecuencia de la crisis del petróleo, que obligó a explotar todas las posibles fuentes alternativas de energía.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CAPTACIÓN

A lo largo de varias décadas se ha propuesto una gran variedad de conceptos para el aprovechamiento de la energía del oleaje. Sin embargo, contrariamente a lo que sucede en el resto de fuentes de energía, no se ha producido una etapa convergente hacia una única tecnología sino que en la actualidad existen diferentes sistemas de captación por lo que resulta imposible realizar una clasificación unívoca.

Existen distintos criterios de clasificación, siendo los más comunes los que clasifican los convertidores en función de su ubicación, principio de captación o tamaño y orientación.

3.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU 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 Figura 3.1.

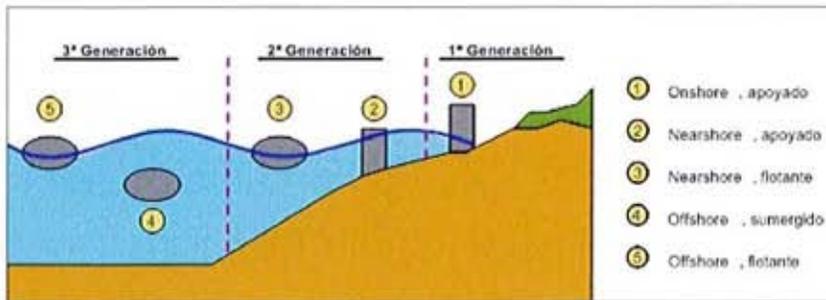


Figura 3.1: Clasificación de dispositivos según su ubicación.

1. Dispositivos en costa (onshore)

Se trata de dispositivos apoyados en la costa: en acantilados rocosos, integrados en estructuras fijas como diques rompeolas o sobre el fondo en aguas poco profundas. Estos dispositivos también se conocen como *Dispositivos de Primera Generación*.

Los dispositivos *onshore* presentan unas ventajas importantes en términos de facilidad de instalación, inexistencia de amarres, bajos costes de mantenimiento, mayor supervivencia y menor distancia a costa para el transporte e integración de la energía producida. Sin embargo, su desarrollo está limitado por el reducido número de ubicaciones potenciales, menor nivel energético del oleaje y su impacto medioambiental y visual.

2. Dispositivos cercanos a la costa (nearshore)

Son dispositivos ubicados en aguas poco profundas (10-40m) y distanciados de la costa unos cientos de metros. Estas profundidades moderadas son apropiadas para dispositivos de gran tamaño apoyados por gravedad sobre el fondo o flotantes. Estos dispositivos también se conocen como *Dispositivos de Segunda Generación*.

La elección de una ubicación *nearshore* se realiza para superar los problemas asociados a los dispositivos en costa y evitar la necesidad de sistemas de fondeo costosos.

3. Dispositivos fuera de costa (offshore)

Se trata de dispositivos flotantes o sumergidos ubicados en aguas profundas (50-100m). Son el tipo de convertidores más prometedor ya que explotan el mayor potencial ener-

gético existente en alta mar. Estos dispositivos también se conocen como *Dispositivos de Tercera Generación*.

Hasta el momento, su desarrollo

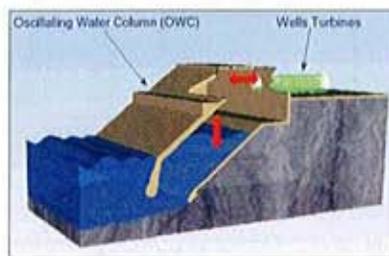


Figura 3.2: OWC-WaveGen

se ha visto perjudicado y retrasado porque deben hacer uso de tecnologías muy fiables y costosas que garanticen su supervivencia ya que ésta representa un aspecto clave para este tipo de dispositivos.

Por lo tanto, la explotación de la energía del oleaje *offshore* de modo

rentable requiere de plantas con potencias instaladas de decenas de megavatios formadas por conjuntos de unidades. Estas plantas multi-dispositivo pueden llegar a ocupar superficies extensas y en consecuencia pueden llegar a interferir con la navegación.

3.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PRINCIPIO DE CAPTACIÓN

• Diferencias de presión en un fluido

Son dispositivos basados en el aprovechamiento de la diferencia de presión creada por el oleaje en un fluido, normalmente aire, que opera como medio de transferencia. Cabe destacar dos tipos principales:

a) Columna de agua oscilante (*Oscillating Water Column - OWC*). Consiste en una cámara semi-sumergida que está abierta por la parte inferior de forma que el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Cuando la ola incide, el aire se comprime dentro de la cámara y sale al exterior a través de una turbina. Del mismo modo, cuando la ola se retira, el aire fluye hacia el interior de la cámara accionando nuevamente la turbina, que requiere un diseño especial para hacerla girar en el mismo sentido con un flujo bidireccional. En la Figura 3.2 se muestra un sistema OWC de la compañía escocesa **Wave-Gen**.

b) Efecto Arquímedes. Se basa en

La ciencia e ingeniería del aprovechamiento de la energía del oleaje, basada en teorías y métodos apropiados de investigación, empezó realmente después de 1973, a consecuencia de la crisis del petróleo, que obligó a explotar todas las posibles fuentes alternativas de energía.

la fluctuación de la presión estática originada por la oscilación del nivel del agua al paso de la ola. Básicamente se trata de una cámara de aire cerrada que puede variar su volumen en función de la presión a la que es sometida. La parte inferior de la cámara se fija al fondo, mientras que la superior puede desplazarse verticalmente. El aire de la cámara se comporta como un muelle cuya rigidez

Los dispositivos que utilizan una referencia fija son los más abundantes

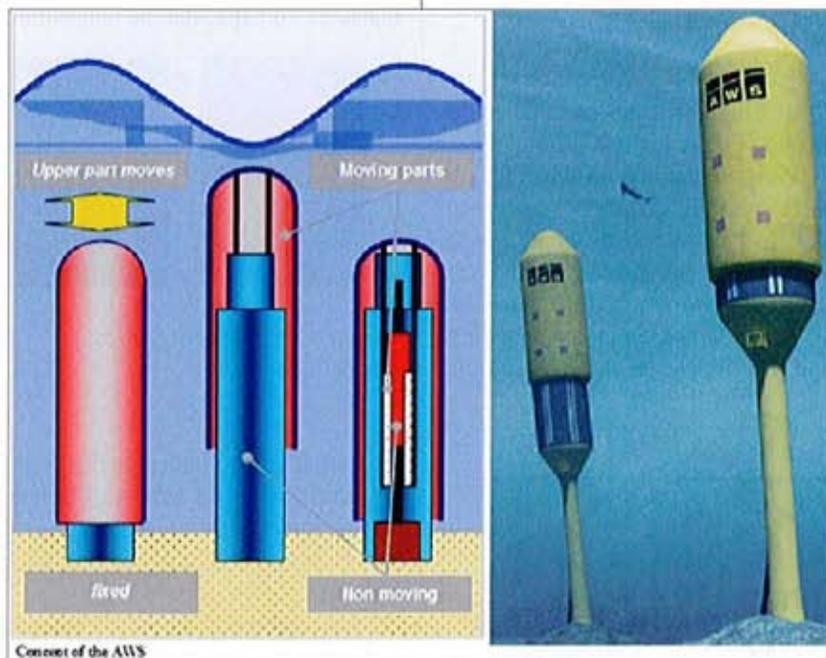


Figura 3.3: Archimedes Wave Swing

puede modificarse bombeando agua hacia el interior o exterior de la misma (cambiando así el volumen de la cámara). Un ejemplo de esta tecnología es el dispositivo *Archimedes Wave Swing* desarrollado originariamente por la compañía holandesa **Teamwork Technology** y licenciado para su explotación a la empresa escocesa **AWS Ocean Energy** (Figura 3.3).

• Cuerpos flotantes activados por las olas

Se trata de dispositivos constituidos por un cuerpo flotante que es movido por las olas. El movimiento oscilatorio que se aprovecha puede ser vertical, horizontal, entorno a un eje (cabeceo) o una combinación de los anteriores.

Por otra parte, este movimiento inducido por las olas puede ser bien

un movimiento absoluto entre el cuerpo flotante y una referencia fija externa (anclaje al fondo o lastre) o bien movimiento relativo entre dos o más cuerpos.

Los dispositivos que utilizan una referencia fija son los más abundantes. En estos casos, los esfuerzos a los que se ven sometidos los amarres son importantes; además, estos dispositivos son sensibles a las mareas, y su instalación y mantenimiento resultan complejos.

Los dispositivos basados en el movimiento relativo no presentan estos inconvenientes, sin embargo la dificultad reside en cómo conseguir una referencia fija interna sin pérdida apreciable de rendimiento. Hasta la fecha se han propuesto varias posibilidades: cuerpos flotantes articulados, cuerpos flotantes unidos a plataformas flotantes estables y cuerpos flotantes con masa inercial interna (i.e. péndulo). De todos los dispositivos existentes, el que está en una fase más avanzada de desarrollo es *Pelamis* de la compañía escocesa **Pelamis Wave Power** (Figura 3.4)

• Sistemas de rebosamiento y/o impacto

Son dispositivos en los que las olas inciden en una estructura lo cual consigue aumentar su energía potencial, su energía cinética o ambas. Los 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 que actúa de medio de transferencia.

Se conocen sistemas de rebosamiento *onshore* y *offshore*. Los primeros no son muy frecuentes ya que requieren la conjunción de una serie

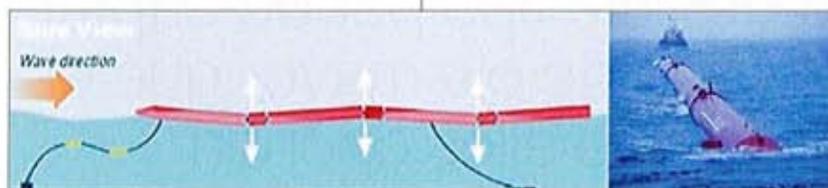


Figura 3.4: Pelamis

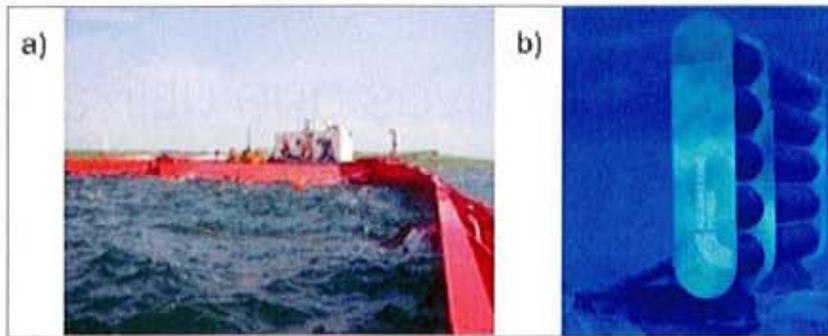


Figura 3.5: a) Wave Dragon; b) Oyster

de características naturales en el emplazamiento y el coste de la obra civil es elevado. Un sistema de rebosamiento puede incluir o no un depósito que almacene agua. Los dispositivos que acumulan agua en un depósito en altura utilizan algún tipo de concentrador (canal en cuña o parábola) para incrementar la altura de

do en Dinamarca por la empresa del mismo nombre (Figura 3.5-a).

Por su parte, los sistemas de impacto suelen utilizar una pala articulada o una bolsa flexible como medio de transferencia. Existen dispositivos tanto *nearshore* como *offshore*. Un sistema *nearshore* representativo del tipo pala es *Oyster* desarrollado por

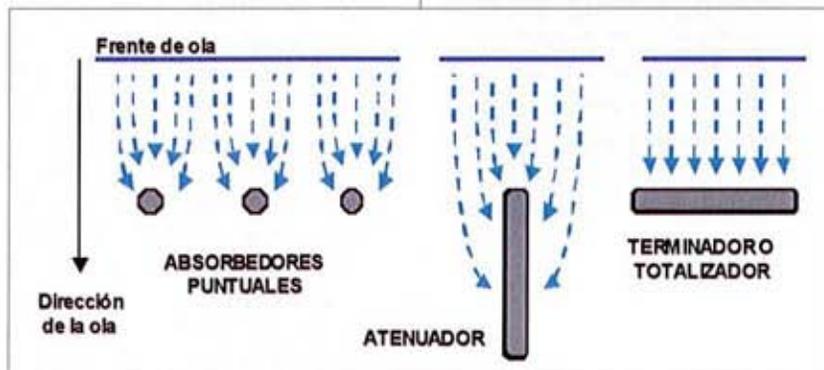


Figura 3.6: Clasificación de dispositivos según su tamaño y orientación

las olas. Un sistema *offshore* representativo es *Wave Dragon* desarrolla-

la compañía escocesa **Aquamarine Power** (Figura 3.5-b).

3.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN TAMAÑO Y ORIENTACIÓN.

• Absorbedores puntuales

Se trata de estructuras pequeñas en comparación con la longitud de la ola incidente. Suelen ser cilíndricas (simetría axial) y, por tanto, independientes de la dirección de la ola. Generalmente se colocan varios absorbedores puntuales agrupados formando una línea. Un aspecto característico de los absorbedores puntuales es su capacidad de concentrar

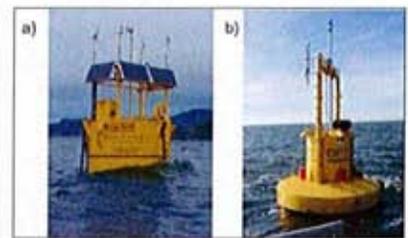


Figura 3.7: a) AquaBUOY; b) PowerBuoy

la energía sobre sí mismos. Es decir, un dispositivo de este tipo puede captar energía de un ancho de ola mayor que el propio ancho que ellos oponen.

Los absorbedores puntuales suelen basarse en sistemas tipo boya, como el sistema *AquaBUOY* de la compañía irlandesa **Finavera Renewables** (Figura 3.7-a) o *PowerBuoy* de la empresa estadounidense **Ocean Power Technologies** (Figura 3.7-b).

• 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

...un dispositivo de este tipo puede captar energía de un ancho de ola mayor que el propio ancho que ellos oponen

En España el desarrollo de las energías marinas está siendo algo más tardío que en otros países

tipo no reflejaría ninguna energía, aprovechando el 100% de la misma.

Su anchura eficaz de captación es igual a su longitud. En la práctica, los terminadores tienen una longitud finita y por lo tanto, cuanto más corto sean más se comportarán como un absorbedor puntual. Los ejemplos mostrados en las Figuras 3.2 y 3.5 son dispositivos terminadores.

• Atenuadores

También se denominan absorbedores 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. Un dispositivo de tipo atenuador representativo es *Pelamis* (Figura 3.4).

En los dispositivos atenuadores el ancho eficaz de captación se amplifica considerablemente ya que, debido a su geometría, extraen la energía de la ola progresivamente. Además están menos expuestos a daños y requieren menores esfuerzos de anclaje que los terminadores, pues las fuerzas se compensan a ambos lados de la estructura, siendo capaces de captar energía por ambos lados de la misma.

4. ACCIONES ESTRATÉGICAS

A lo largo de los últimos años se viene observando una actividad creciente en el campo de las energías marinas. En el ámbito internacional, la *Agencia Internacional de la Energía* puso en marcha en Octubre de 2001 un *Acuerdo de Implementación* denominado IEA-OES con la finalidad de mejorar la cooperación internacional para que las energías marinas, fundamentalmente del oleaje y las corrientes, sean a medio plazo una opción

significante de generación energética. En **Estados Unidos**, *EPRI* ha realizado un estudio de tecnologías y ubicaciones y ha propuesto una serie de recomendaciones para guiar su desarrollo en **EE.UU.** En **Europa**, se constituyó en 2006 la *Asociación Europea de Energía Oceánica* (EU-OEA) que trata de representar los intereses de todos los agentes europeos del sector con el fin de que las energías marinas sean una fuente renovable fiable y competitiva. Desde el punto de vista de la I+D, la *Comisión Europea* ha financiado con un total de 17 millones de euros varios proyectos dentro del *VI Programa Marco* que contemplan la investigación en nuevos conceptos de dispositivos, la demostración a escala real, la coordinación de la investigación y la formación de jóvenes investigadores. Por su parte, el *VII Programa Marco*, en su primera convocatoria, prevé destinar 7,5 millones de euros para financiar dos proyectos de energías marinas, mientras que el programa *Energía Inteligente* va a financiar aproximadamente medio millón de euros un proyecto que trata aspectos no tecnológicos de la energía del oleaje.

En cuanto a acciones estratégicas nacionales, el **Reino Unido**, líder en energías marinas, ha invertido 15 millones de libras en I+D en los últimos

5 años y ha puesto en marcha un programa a tres años para instalaciones de demostración con una dotación de 42 millones de libras. El **Reino Unido** es también líder en infraestructuras de ensayos, con el *Centro Europeo de Energía Marina*, *EMEC*, en funcionamiento desde 2003 cuyo objetivo es ayudar a la evolución de dispositivos captadores de energía del oleaje o las corrientes, desde la fase de prototipo a escala real hasta su comercialización. Además, está en desarrollo una infraestructura en el mar, conocida como *Wave Hub*, que facilitará la demostración y operación de parques de energía del oleaje en el suroeste de Inglaterra. Por su parte, **Irlanda** prevé habilitar en la bahía de **Galway** un emplazamiento de ensayos para prototipos a escala reducida y **Portugal** ha delimitado una zona para facilitar la instalación de parques de energía del oleaje y ha puesto en marcha incentivos económicos estables de apoyo a la producción.

En **España** el desarrollo de las energías marinas está siendo algo más tardío que en otros países pero desde 2005 la actividad en este campo ha tomado una mayor dimensión. **TECNALIA** coordina la mayor iniciativa Española en energías marinas, denominada *Proyecto Singular Estratégico de Energía Marina* (PSE-MAR) que, cofinanciado por el *Ministerio de Educación y Ciencia*, pretende posicionarse a **España** como un referente en el sector de las energías marinas. El proyecto cuenta con un presupuesto de 25 millones de euros para el periodo 2005-2009 y en él participan 16 socios. El proyecto PSE-MAR se centra en el desarrollo de las tres tecnologías españolas de aprovechamiento



Debido a que no existen productos comerciales, todos los análisis de costes de la energía producida se basan en estimaciones y en la extrapolación de experiencias previas en otras energías renovables

de energía del oleaje más prometedoras: **PIPO SYSTEMS**, **HIDROFLOT** y **TECNALIA**. La tecnología de **TECNALIA** busca minimizar el número de elementos en contacto con el agua marina y maximiza la transformación energética. En paralelo a estos desarrollos tecnológicos se va a construir una infraestructura experimental y de demostración en la costa vasca para la validación de las tecnologías desarrolladas en *PSE-MAR* y de otras que quieran situarse en nuestras costas. Complementariamente a estas actividades de investigación, están en desarrollo dos instalaciones de demostración en la costa cantábrica una liderada por Iberdrola, que prevé instalar 10 boyas de la compañía estadounidense *Ocean Power Technologies* y la segunda, coordinada por **EVE** (*Ente Vasco de la Energía*), aprovecha la construcción de un nuevo dique en **Mutriku** para instalar 16 turbinas de columna de agua oscilante

de la compañía escocesa *WaveGen*. Desde el punto de vista de la promoción, cabe destacar que APPA (*Asociación de Productores de Energías Renovables*) ha creado una sección específica de energías marinas.

5. PERSPECTIVAS FUTURAS

El oleaje es una fuente de energía renovable, limpia, predecible y de elevada densidad, por lo que sus perspectivas de desarrollo en los próximos años son buenas. Esta energía se presenta como una buena alternativa tanto para el suministro de energía como de agua desalada en zonas costeras e insulares. El hecho de que el 37% de la población mundial viva a 90 km de la costa establece una buena correlación entre recurso y demanda. La energía del oleaje puede generar un mercado global de miles de millones de euros de manera similar a lo ocurrido con otras energías renovables.

El potencial mundial de energía del oleaje es de 2 TW, de los cuales entre 150-300 GW son técnicamente aprovechables. Aunque la industria de la energía del oleaje es todavía muy joven y se encuentra poco desarrollada se estima que comenzará su despegue en el periodo entre 2010 y 2020. Actualmente, la capacidad acumulada a nivel mundial se sitúa por debajo de 10 MW pero se espera que aumente a 100 MW en 2010 y alcance la cifra de 1.500 MW en 2020.

Hasta la fecha se ha instalado un número reducido de dispositivos de energía del oleaje en emplazamientos en costa pero el verdadero potencial de la energía del oleaje radica en la explotación de dispositivos en mar abierto u *offshore*. Los dispositivos en costa representan un 8% de la previsión de capacidad instalada hasta 2010, mientras que en el caso de dispositivos *offshore* ésta es del 58%.



se ha instalado un número reducido de dispositivos de energía del oleaje en emplazamientos en costa pero el verdadero potencial de la energía del oleaje radica en la explotación de dispositivos en mar abierto u offshore

Se espera que el **Reino Unido** sea un actor dominante en los próximos 5 años, con una cuota de mercado del 50%, en gran parte gracias al apoyo financiero de las administraciones públicas. Esta circunstancia unida a un recurso energético abundante le coloca en una posición de liderazgo a final de esta década. De hecho, en un informe de *The Carbon Trust* (UK) se estima que a largo plazo las energías marinas podrían llegar a suministrar el 20% del consumo eléctrico del **Reino Unido**. **Portugal, España y Dinamarca** son otros mercados relevantes, pero a bastante distancia del **Reino Unido**. El mercado de **EE.UU.** todavía representa una incógnita, aunque está empezando a mostrar un ligero interés.

Debido a que no existen productos comerciales, todos los análisis de costes de la energía producida se basan en estimaciones y en la extrapolación de experiencias previas en otras energías renovables. Actualmente se habla de unos costes entre 17c€/kWh y 62c€/kWh, los cuales sitúan a la energía del oleaje en niveles aún superiores a otras energías renovables. Por ello, se necesita una serie de medidas para convertir la energía del oleaje en una fuente comercialmente viable, siendo los principales ejes de actuación el apoyo a la I+D+i, la puesta en marcha de infraestructuras de ensayos tanto para prototipos a escala como para dispositivos co-

merciales, la financiación de plantas de demostración y el reforzamiento de la capacidad de las redes de distribución próximas a la costa para poder desplegar puntos de conexión en mar para las ubicaciones *offshore* de mayor potencial energético. Asimismo, las economías de escala contribuirán a materializar un aprendizaje similar al que se ha producido en la energía eólica y fotovoltaica, por lo que la energía del oleaje no será competitiva hasta que se hayan instalado varios cientos de MW. Por último, resulta necesaria la aprobación de una normativa específica tanto para la tramitación de permisos como tarifas para la venta de la energía a fin de atraer a posibles inversores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.wave-energy.net/> fecha de consulta (25/01/2008)
- Ross, Davis. *Energy from the waves*. Pergamon Press, 1979. ISBN: 0080232728
- J.M. Leishman and G. Scobie. *The Development of Wave Power. A Techno-Economic Study*. East Kilbride Glasgow, Scotland, UK. National Engineering Laboratory, 1976.
- E. Lorenzo. "Pioneros españoles de las energías renovables. De los archivos históricos de la energía solar". *Era solar*, no. 123, 2004, págs. 26-33.
- AEA Energy & Environment. "Review and analysis of ocean energy systems development and supporting policies". IEA's Implementing Agreement on Ocean Energy Systems, June 2006.
- L. Falnes. "Optimum control of oscillation of wave-energy converters". *Proceedings of the Eleventh (2001) Int. Offshore and Polar Engineering Conf.*, Stavanger, Norway, pp. 567-574, June 17-22, 2001.
- J.R. Halliday, D.G. Dorrel. "Review of Wave Energy Resource and Wave Generator Developments in the UK and the Rest of the World". *Proc. of European Power and Energy Systems*, Rhodes, Greece, 2004.
- <http://www.aquamarinepower.com> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.awsocan.com> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.finavera.com/en/wavetech> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.pelaniswave.com> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.oceanpowertechnologies.com> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.wavedragon.net/> fecha de consulta (25/01/2008)
- <http://www.wavegen.co.uk> fecha de consulta (25/01/2008)
- MARAÑÓN ANTOLÍN, Jose Miguel. "Primera central para aprovechamiento energético de las olas marinas". *DYNA*, abril 2005. Vol. 80-3 pag. 77-78. ■