

Energías renovables para todos

Energía geotérmica y del mar



IBERDROLA

Energías
renovables

Energía geotérmica

Antonio Barrero



© Bayen International

Los baños turcos, las termas romanas, la sauna escandinava, las curas balnearias. Todas las culturas, desde los maoríes a los indios americanos, han mostrado querencia, curiosidad y gusto por las aguas termales, que han proporcionado al ser humano obviamente calor; desde luego placer, y, desde hace cien años, también electricidad.

DE DÓNDE PROCEDE

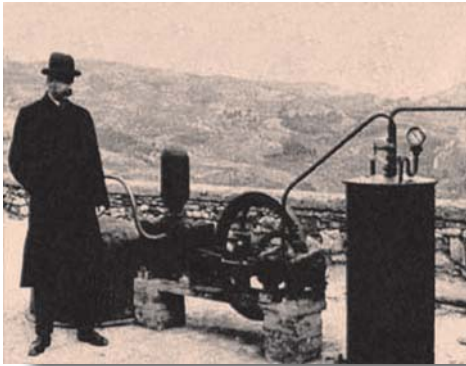
A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en la enorme diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15% de la superficie a los 4.000°C que rigen en el núcleo.

Esta diferencia de temperaturas, conocida como gradiente térmico, origina un continuo flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie. Pero la corteza de la Tierra no es un envoltorio homogéneo. Está fragmentada en varios bloques o placas tectónicas, cada una de las

cuales se mueve a una velocidad de varios centímetros por año. Ese movimiento produce roces, choques y deformaciones en los bordes de las placas, impactos que ocasionan grietas, pliegues (montañas), terremotos y erupciones volcánicas dando lugar a flujos de calor anormalmente elevados. Así, si la pauta es que la temperatura de la Tierra aumente entre 2 y 4°C cada cien metros de profundidad, en esas zonas de choque se pueden registrar aumentos de más de 30°C en apenas cien metros.

Estas áreas térmicas son las que presentan el mayor interés desde el punto de vista de su aprovechamiento energético. No obstante, incluso los yacimientos de muy baja temperatura (15°C) pueden ser aprovechados, de manera que prácticamente todas las aguas subterráneas del mundo son potenciales yacimientos de energía. De hecho, el potencial geotérmico almacenado en los diez kilómetros exteriores de la corteza terrestre supera en 2.000 veces a las reservas mundiales de carbón.

En la imagen de la izquierda, el geiser “Old faithful”, situado en el parque de Yellowstone (EE.UU).
Bajo estas líneas, primera planta geotérmica para generar electricidad (1904, Italia) y baños termales de Rudas (Budapest, Hungría)



Horizontes cada vez más amplios

La energía geotérmica viene siendo utilizada desde hace siglos con fines térmicos, pero la producción de electricidad a partir del calor de la tierra es mucho más reciente. El primero en hacerlo fue Piero Ginori Conti en Larderello, Italia, en 1904. Un siglo después, aquella tierra de la Toscana sigue produciendo, indefinidamente energía renovable, calor y electricidad (547 MW).

Son, sin embargo, los usos directos, el empleo del calor, los que más rápidamente fueron ensanchando horizontes. Islandia se convertía en los años 30 del siglo XX en el primer país en organizar un servicio de calefacción geotérmica doméstica a gran escala en la ciudad de Reykjavic. En la década anterior ya había empezado a usar la geotermia para calentar invernaderos. La primera aplicación industrial del calor de la tierra tuvo lugar, sin embargo, muy lejos de la isla de los volcanes. Fue en una fábrica de pulpa y papel de Kawerau, en Nueva Zelanda, allá por los cincuenta. En Islandia, apenas unos años después, comienzan a emplear esos calores en la industria textil, en el lavado de lanas.

Más allá, no obstante, de esos hitos concretos de la historia, es tras la crisis del petróleo cuando el interés por esta fuente limpia de energía se dispara en todo el mundo. Así, entre 1975 y 1995, el crecimiento medio de la electricidad geotérmica alcanza el 9% anual, mientras los usos directos crecen a razón de seis puntos porcentuales al año, tasas ambas altísimas si las comparamos con las registradas por otras fuentes de energía. A lo largo de los últimos años, sin embargo, ese crecimiento se ha ralentizado ligeramente. No obstante, el uso de bombas de calor para aprovechar las fuentes geotérmicas y los avances en el conocimiento de la roca seca caliente están generando un relanzamiento de la geotérmica.

© NREL



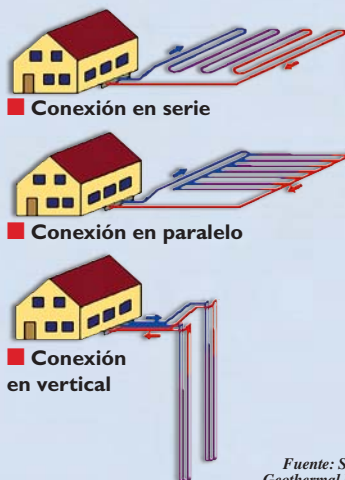


Calor asegurado

Los yacimientos de alta temperatura fueron los primeros en ser aprovechados para generar electricidad (el primer aprovechamiento eléctrico tuvo lugar en Larderello, en 1904). Según la Asociación Internacional de Geotermia, hay plantas que producen electricidad a partir del calor de la tierra en 23 países. En Islandia la geotermia ya genera el 18% de la electricidad; en Filipinas, y según datos del Banco Mundial, hasta el 27%.

No obstante, es la calefacción el uso más frecuente de esta fuente limpia de energía. Según uno de los popes de la geotermia, John W. Lund, director del Geo-Heat Center de Oregón, la calefacción de espacios sería, de entre los usos directos, el más frecuente en todo el mundo (33%); baños, saunas y similares alcanzarían una cuota del 19%; los invernaderos, el 14%; la bomba de calor para calefacción y aire acondicionado, 12%; el calentamiento de agua de piscifactoría, 11%; y la industria, el 10% restante.

Tipos de conexión doméstica



Fuente: Shallow Geothermal Energy

El calor de las entrañas de la Tierra permite que en lugares tan fríos como Islandia los baños al aire libre sean posibles.



TIPOS DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

El Instituto Geológico y Minero de España distingue cuatro tipos de yacimientos geotérmicos:

■ Yacimientos de alta temperatura.

Una roca permeable (que vendría a ser como una especie de esponja) almacena el fluido a alta temperatura (a más de 100°C) muy cerca de un foco de calor activo. Esa roca está rodeada por una capa de rocas impermeables que no suele ser perfecta, o sea, que tiene grietas o escapes.

■ Yacimientos de baja temperatura.

Se hallan entre los 1.500 y los 2.500 metros de profundidad y su temperatura oscila entre los 60 y los 100°C.

■ Yacimientos de muy baja temperatura.

A partir de 15°C

■ Yacimientos de roca caliente.

No hay fluido, solo roca caliente. A profundidades de entre 4,8 y 8 kilómetros es posible hallar roca seca caliente en casi cualquier lugar del mundo (en algunas áreas se hallan más cerca de la superficie).

APLICACIONES

La energía geotérmica puede ser utilizada tanto con fines térmicos como eléctricos

FINES TÉRMICOS

■ **Balnearios y piscinas climatizadas.** Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía geotérmica. Floreció en la antigua Roma con sus famosas termas, situadas cerca de manantiales de agua caliente o termales.

■ Calefacción y agua caliente sanitaria.

Los acuíferos para estos usos van de los 30°C a los 150°C. En Islandia, el país con mayor actividad geotérmica del mundo, el 99% de las viviendas utilizan la energía geotérmica con esta finalidad.

■ **Agricultura.** Son muchos los invernaderos que usan aguas calientes procedentes de acuíferos para calentar el suelo de sus instalaciones y adelantar así las cosechas.

■ **Acuicultura.** Salton Sea, en California, acoge cerca de una docena de piscifactorías que, desde hace décadas, emplean fluidos geotérmicos para controlar la temperatura de sus aguas. Ello permite acortar los períodos de maduración de la producción u obtener cosechas de invierno que serían de otro modo imposibles.

■ **Usos industriales.** Aquellas industrias que no exigen temperaturas muy altas también beben de esta fuente. Así, la geotermica es usada en el secado de tejidos en industrias textiles de Matsuo, en Japón, o en la industria del tintado de Guandong y Liaoning, en China.

■ **Secado de pavimentos** (aceras, calles y carreteras). En diferentes ciudades la energía geotérmica es empleada para evitar la formación de placas de hielo en los pavimentos (habitualmente mediante tuberías enterradas a ras del

© Geo-Hot Center



suelo por las que circulan agua caliente o vapor). ¿Ejemplos? Reykjavik, en Islandia; Fukui, en Japón; Villa Copahue, en Argentina.

PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD.

Son tres las tecnologías que pueden ser usadas para generar electricidad a partir de los fluidos hidrotermales. De momento es imprescindible que el fluido se halle a alta temperatura.

■ 1. Plantas de aprovechamiento de vapor seco.

Cuando los fluidos hidrotermales se presentan total o fundamentalmente en forma de vapor lo usual es conducirlos a una turbina de vapor convencional. Esta tecnología se utiliza, por ejemplo, en Larderello, Toscana (Italia) y The Geysers, California (EE.UU.).

© GEP/INCEP



■ 2. Plantas de agua a alta temperatura

Cuando el fluido hidrotermal es fundamentalmente agua a alta temperatura, la tecnología más empleada es la denominada “flash”. El fluido, que se encuentra en fase líquida en el almacén, es extraído e inmediatamente inyectado en un tanque en el que un volumen determinado de él se convertirá súbitamente –“flash”– en vapor. El vapor es empleado para activar una turbina que pone en marcha un generador.

■ 3. Centrales de ciclo binario

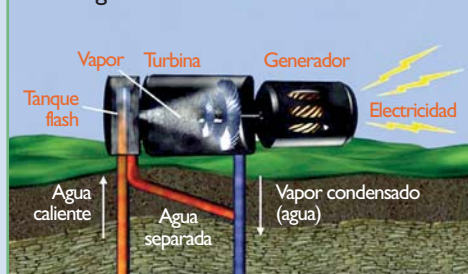
Hacen posible la generación eléctrica en yacimientos cuyo recurso se halla a menor temperatura. En estos sistemas, el fluido geotérmico transfiere su calor, mediante un intercambiador, a un fluido secundario (el denominado fluido de trabajo). Este segundo fluido se convierte en vapor, activa la turbina y genera

Tecnologías de plantas geotérmicas

Tecnología de ciclo binario



Tecnología “flash”



El secado de pavimentos y aceras es una de las posibles aplicaciones de esta fuente de energía, también utilizada en instalaciones agrarias y piscifactorías.

electricidad. El motivo de emplear este segundo fluido es que su temperatura de evaporación es más baja. Así pues, se necesita menos calor para vaporizar el fluido. El vapor, luego de haber movido las turbinas, se condensa y vuelve a ser reutilizado, o sea, que estamos hablando de un ciclo cerrado. Según los expertos, este sistema es el que tiene más futuro.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

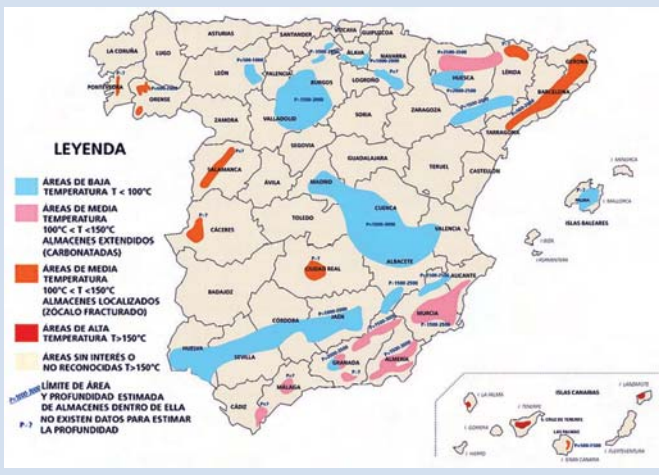
Las principales ventajas de la energía geotérmica son de carácter económico y ambiental.

- El calor de la tierra está a nuestra entera disposición durante las 24 horas del día y a lo largo de todo el año.
- La utilización de energía geotérmica es una medida de conservación de la naturaleza en sí misma. Un MW producido con el calor de la Tierra es un MW que no va a ser generado mediante la combustión de combustibles fósiles.
- El beber de una fuente que se halla bajo nuestros pies significa que no va a ser preciso fletar un buque rumbo al Golfo Pérsico para llenarlo de petróleo. El aprovechamiento de yacimientos energéticos próximos exige, además, menos infraestructuras de transporte de energía.
- Una planta térmica de gas ocupa tres veces más espacio que una geotérmica y una de carbón hasta ocho veces más.

Yacimientos geotérmicos de interés en España

YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS	BAJA TEMPERATURA $T < 100^{\circ}\text{C}$	Almacenes sedimentarios profundos	Cuenca del Tajo: Madrid Cuenca del Duero: León, Burgos y Valladolid Área Prebética e Ibérica: Albacete y Cuenca
		Zonas intramontañas y volcánicas	Galicia: zonas de Orense y Pontevedra Depresiones catalanas: Vallés, Penedés, La Selva y Ampurdán Depresiones internas de las Cordilleras Béticas: Granada, Guadix, Baza, Cartagena, Mula, Mallorca Canarias: isla de Gran Canaria
	MEDIA TEMPERATURA $100^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}$		Cordilleras Béticas: Murcia, Almería, Granada Cataluña: Vallés, Penedés, La Selva y Olot Galicia: áreas de Orense y Pontevedra Pirineo Oriental: zona de Jaca-Sabiñánigo
	ALTA TEMPERATURA $T > 100^{\circ}\text{C}$		Islas Canarias: Tenerife, Lanzarote y La Palma

Áreas geotérmicas en España



- El uso de la energía geotérmica reduce la dependencia energética del exterior.
- Se trata de una fuente de energía idónea para poblaciones que se hallen en localizaciones remotas, lugares a los que no llegan las redes convencionales de suministro de energía.

En cuanto a inconvenientes, el principal radica en que los yacimientos hidrotermales llevan disueltos gases y otras sustancias químicas (mercurio y compuestos de azufre, por ejemplo), que

El paisaje geotérmico español

La energía geotérmica figura en la prospectiva energética del Ministerio de Industria. En este documento se asegura que “en la actualidad, el máximo interés y la investigación geotérmica se concentra en la localización de estructuras favorables para el desarrollo de yacimientos geotérmicos de alta temperatura HDR o EGS. El potencial en España para este tipo de yacimientos, aunque sin evaluar, parece ser significativo e importante”. El mayor potencial se localiza en Canarias. Concretamente en las islas de Tenerife y Gran Canaria se estudia la obtención de electricidad a partir de yacimientos geotérmicos situados a 2.000 y 3.000 metros y para 2011 podría estar ya funcionando una planta en explotación.

En cuanto a las aplicaciones con fines térmicos, de momento se emplea, fundamentalmente, en balnearios y algunos invernaderos. Pero el panorama empieza a cambiar y cada vez hay más instalaciones que aprovechan este recurso tanto para calefacción como para refrigeración. Es el caso del nuevo Hospital de Mollet del Vallés, en Barcelona, de una fábrica de vidrio en Lalín (Pontevedra) o de una escuela infantil en Ronda (Málaga). La Universidad Politécnica de Valencia, que ha desarrollado su propio sistema, es puntera en esta tecnología.

hay que tratar adecuadamente para evitar que contaminen la atmósfera y las aguas circundantes. El deterioro del paisaje es otro posible impacto. La tecnología actual minimiza estos riesgos.

TENDENCIAS DE FUTURO

Las centrales de ciclo binario, la roca seca caliente y la bomba de calor son las tres claves del futuro inmediato de la energía geotérmica.

- Las centrales de ciclo binario ya han alcanzado, al decir de los expertos, un buen grado de madurez, lo cual se ha traducido en la posibilidad de generar electricidad en yacimientos en los que el recurso no se halla a tan alta temperatura como antes era preciso. A día de hoy es la solución más demandada a la hora de producir electricidad.
- El aprovechamiento de la roca seca caliente es, para los más optimistas, la solución universal. Dos son las ventajas con que, a priori, cuenta esta línea de investigación. Una, la abundancia de la roca seca caliente. En Europa Occidental, por ejemplo, estaríamos hablando de 125.000 kilómetros cuadrados de recurso disponible, entendiendo por recurso disponible la roca seca caliente a más de 200°C que se encuentra a una profundidad de 5.000 metros. La energía que podría salir de allí sumaría 900 teravatios hora al año (según estudios de la compañía Shell). ¿La segunda ventaja? Las técnicas de perforación son bien conocidas y se hallan muy maduras gracias a la experiencia acumulada en la búsqueda de petróleo.
- La bomba de calor. Es la receta para andar por casa. Idónea para aprovechar energía geotérmica de muy baja temperatura, su implantación ha crecido extraordinariamente a lo largo de los últimos años. Las tecnologías no cesan de madurar y los proyectos de

investigación continúan abaratando costes y mejorando la eficiencia.

OBJETIVOS

La Asociación Geotérmica Internacional (AGI) y la Asociación de Energía Geotérmica de Estados Unidos (GEA) han elaborado un estudio que anuncia un incremento espectacular en el aprovechamiento de esta fuente para generación de electricidad. De los 8.661 MW que había en el año 2000 se pasó a 8.932 MW en 2005. La GEA estimó en esos momentos que se alcanzarían los 10.700 MW en 2010 mientras que AGI elevaba la cifra hasta 13.500; casi un 50% de aumento desde el inicio de la década.

Otro estudio, aportado por EurObserv'ER (consorcio independiente europeo que promueve las energías renovables), da cifras aún más espectaculares, indicando que en 2010 el mundo podría contar con 32.250 MW de origen geotér-

mico para producir electricidad, y con 69.500 MW para fines térmicos, lo que equivale a multiplicar por cuatro la potencia actual instalada. Los grandes actores de este cambio serían Filipinas, Indonesia, México y Estados Unidos. Y, dentro de la UE, Islandia, Portugal y Francia.

En la actualidad, 21 países del mundo utilizan este recurso, cifra que podría llegar a los 46 según el informe. No obstante, sus autores puntualizan que el futuro de la geotérmica dependerá más de la disponibilidad de fondos suficientes y de un apoyo político sostenido que de factores geológicos. Lo que resulta indudable es que actualmente infrautilizamos el recurso. Grimur Bjornson, experto de la Autoridad Nacional para la Energía Geotérmica de Islandia, estima que, en el mundo, el recurso accesible útil para la generación de electricidad ronda los 12.000 TWh/año. Aproximadamente, unas 48.000 veces la energía eléctrica que consume toda España.

Geotérmica

Más información

- **Consejo Mundial de la Energía.**
www.worldenergy.org/wec-geis/focus/renew/
- **Banco Mundial.**
www.worldbank.org/html/fpd/energy/geothermal/
- **Asociación Internacional de Geotermia.**
www.geothermal-energy.org
- **Asociación bomba de calor**
www.igshpa.okstate.edu
- **United Nations University Geothermal Training Programme.**
www.os.is/unugtp
- **European Deep Geothermal Energy Programme (UE).**
www.soultz.net
- **Consejo Europeo de Energía Geotérmica (UE).**
www.geothermie.de
- **U.S. Department of Energy (EE.UU.).**
www.eere.energy.gov/AB/
- **Geothermal Education Office (EE.UU.).**
<http://http://geothermal.marin.org/>
- **Asociación Islandesa de Geotermia (Islandia).**
www.jardhitafelag.is/

Países

■ Países con generación de energía geotérmica en 2000 (21)

Australia, China, Costa Rica, El Salvador, Etiopía, Francia (Guadalupe), Guatemala, Islandia, Indonesia, Italia, Japón, Kenya, México, Nueva Zelanda, Nicaragua, Filipinas, Portugal (Azores), Russia, Thailand, Turkey, United States

■ Países que añadieron fuentes geotérmicas en 2005 (3 de 24)

Austria, Alemania, Papua Nueva Guinea

■ Potenciales países con energía geotérmica en 2010 (22 de un total potencial de 46)

Armenia, Canadá, Chile, Yibuti, República Dominicana, Grecia, Honduras, Hungría, India, Irán, Corea, Nevis, Rwanda, Eslovaquia, Islas Salomón, Sta. Lucía, Suiza, Taiwán, Tanzania, Uganda, Vietnam, Yemen.

Energía del mar



El mar. 360 millones de kilómetros cuadrados cubiertos de agua: más del 70% de la superficie del planeta, casi 1.500 millones de kilómetros cúbicos de líquido elemento. Desde la noche de los tiempos, el hombre ha extraído del océano cuantos recursos le ha permitido su ingenio: alimentos, tesoros, sal, medicamentos... A lo largo de las últimas décadas, además, los ojos del ser humano han empezado a mirar el mar como yacimiento energético. Porque, como señala el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el océano es el mayor colector solar del mundo. En otras palabras, el mayor almacén de energía.

Esa energía está encerrada en las corrientes de agua, en la biomasa marina (ya es posible obtener gases combustibles de ciertas algas marinas), en las mareas (cuatro cada día) o en las olas que levanta el viento. De todos esos fenómenos y de algunos otros también es posible obtener energía.

En estos momentos, las posibilidades de aprovechamiento se centran, sobre todo, en la energía de las olas, la de las mareas (mareomotriz), la de las corrientes y la energía mareotérmica, que es aquella que aprovecha la diferencia que hay entre la temperatura del agua de la superficie (la que recibe el calor del sol) y la temperatura de las aguas más profundas.

Para empezar conviene dejar claros en todo caso algunos conceptos básicos.

■ **Las mareas.** El ascenso y descenso de las aguas del mar es producido por las acciones gravitatorias del sol y la luna. Actualmente, sólo en aquellos puntos de la costa en los que la marea alta y la baja difieren más de cinco metros de altura es rentable instalar una central mareomotriz (estaríamos hablando de apenas 40 localizaciones en todo el globo).

En la página interior, olas "jaws", en Hawai, meca de los surfistas. Abajo, los mapas ilustran sobre el inmenso potencial energético del mar

■ **El gradiente térmico.** La diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las del fondo es resultado del grado de penetración del calor solar en el agua del mar (un litro de agua de mar contiene 35 gramos de sales). Así, en la superficie, la temperatura puede superar holgadamente los 20°C mientras que, en el fondo, esta oscila entre 0 y 7 grados. En las zonas tropicales próximas al Ecuador y con profundidades superiores a 500 metros la diferencia de temperaturas puede alcanzar los 25°C.

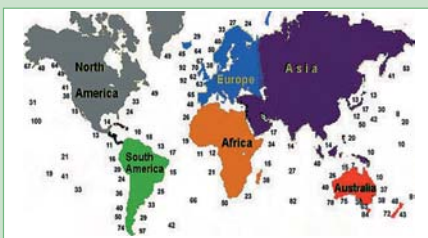
■ **Las olas.** Son producidas por el viento y su altura es muy variable. Las más altas observadas en el Atlántico no rebasan los 20 metros. En el Mediterráneo apenas exceden los 8. Según la Dirección General XVII de la Unión Europea, la potencial energía de las olas en la UE oscilaría entre 120 y 190 Twh/año lejos de la costa y entre 34 y 46 cerca.

■ **Las corrientes.** Deben su origen principalmente a los vientos de la Tierra, aunque también están influidas por las diferencias de densidad y contenido de sal del agua del mar, así como por la temperatura, la evaporación y la rotación de nuestro planeta.

Potenciales aprovechamientos de energía maremotriz

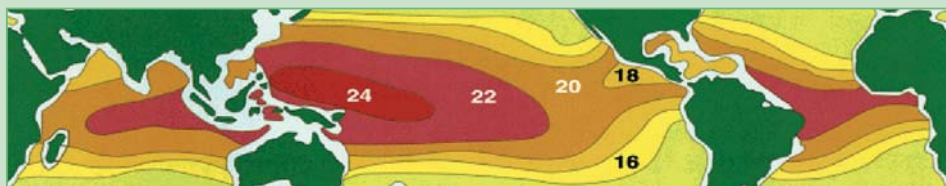


Densidad de la energía de las olas en kW/m



© Wave Energy

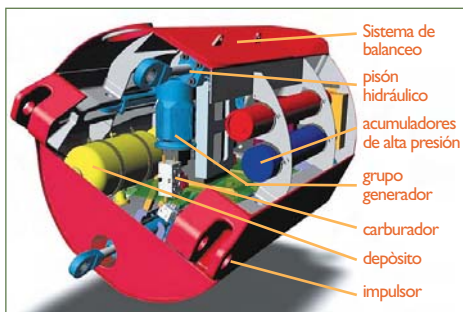
Diferencia térmica entre las aguas superficiales y las aguas a mil metros de profundidad



Pelamis. De forma cilíndrica, mide 50 metros de largo por 3,5 metros de perímetro y tiene un mínimo impacto medioambiental.



© Pelamiswave.com



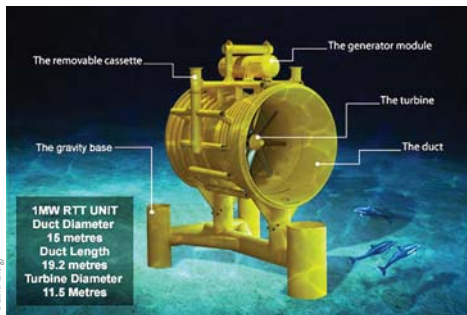
© Pelamiswave.com



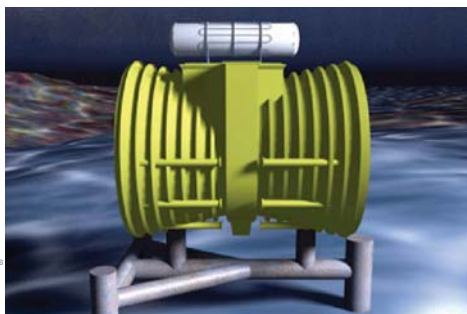
DESARROLLO TECNOLÓGICO

Todas las tecnologías que aprovechar la energía del mar están todavía en fase de experimentación y desarrollo. Hoy por hoy, el 90% de la producción mundial con estos sistemas es aportada

RTT es una turbina bidireccional de eje horizontal alojada en un conducto simétrico, que capta las corrientes marinas para convertir su energía en electricidad.



© Lunar Energy



© Lunar Energy

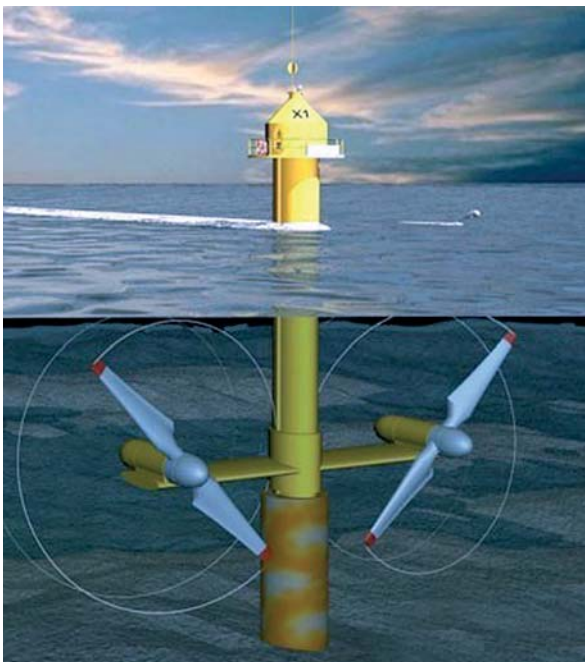
por la central maremotriz de la Rance, de 240 MW, situada en Francia y puesta en servicio en 1996. Esta instalación sólo ha tenido tres réplicas y de dimensiones mucho menores: una en Canadá (central de Anápolis), de 20 MW, otra en China, de 5 MW, y la tercera en Rusia, de 0,4 MW. Los macroproyectos como el de la Rance han sido abandonados, tanto por su fuerte coste económico como por su elevado impacto ambiental.

Según recoge el consorcio europeo EurObserv' er en su informe 2008, las turbinas submarinas son una de las tecnologías con las que se investiga. La empresa británica Marine Turbine (MCT), líder en el campo, ha estado probando desde 2003 un prototipo bipala de 300 kW y ahora ha instalado una unidad de 1 MW, deno-

AquaBuOY es una estructura flotante que convierte la energía cinética de las olas en electricidad limpia.



Bajo estas líneas, en la foto grande, desarrollo propuesto por Marine Current Turbines (Reino Unido) para generar electricidad a partir de la fuerza de las mareas.



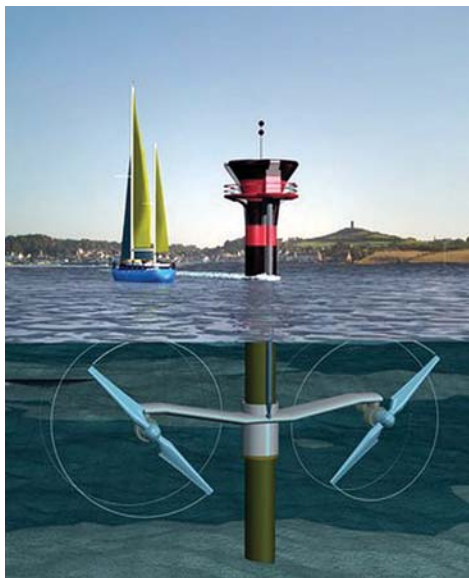
minada SeaGen, en Irlanda del Norte. Otro proyecto, también británico e impulsado por Lunar Energy y E.ON UK, prevé la puesta en servicio de ocho turbinas Rotech Tidal Turbine (RTT), de 1 MW de potencia unitaria, de aquí a 2010. En colaboración con Korean Midland Power, Lunar Energy promueve otro proyecto de bastante más envergadura, consistente en la instalación de un gran parque submarino de 300 MW en la bahía de Wando Hoenggan, en Corea del Sur, que podría estar listo hacia 2015. Otros fabricantes investigan en el desarrollo de sistemas con alas planas oscilantes y turbinas submarinas de eje vertical (como los aerogeneradores del tipo Darrieus).

MULTITUD DE PROTOTIPOS

Lo cierto es que quienes investigan estas tecno-

logías se muestran especialmente creativos. Sólo en el terreno de la energía de las olas (denominada undimotriz) hay al menos 50 prototipos diferentes en el mundo, aunque lo más posible es que sólo lleguen a la fase comercial unos pocos de ellos.

Uno de los sistemas más avanzados es el “Pelamis” – popularmente conocidos como serpientes marinas– desarrollado por la firma escocesa Ocean Power Energy (OPD), que lo está probando en Portugal y Reino Unido. Pero “Pelamis” tiene serios competidores. Por ejemplo, “Wave Dragon”. Desarrollado por un equipo danés, para finales de 2008 se espera que esté operativa en aguas de Gales una planta de entre 4 y 7 MW operada con esta tecnología. Mientras tanto, Portugal se prepara para alber-



© JMC

gar máquinas AquaBuoy con una potencia total de 2 MW, fabricadas por Finavera, firma que tiene en funcionamiento desde el año 2000 un prototipo más pequeño, de 500 kW denominado Limpet, en las costas escocesas. Enersis, promotora de las energías renovables en Portugal, ha anunciado su intención de tener instalados 5.000 MW en centrales de oleaje para 2020. Para finales de 2008, la firma portuguesa —que pertenece al grupo multinacional Babcock & Brown— espera haber instalado ya 20 MW, con una inversión que rondará los 70 millones de euros.

Iberdrola Renovables se ha comprometido también de lleno con estas tecnologías. Además de en España (recuadro), promueve proyectos en otros países. Uno de los más importantes consiste en la instalación frente a las Islas de Orkney, al norte de Escocia, de una planta de oleaje que se convertirá en la más grande del mundo por capacidad instalada (3 MW). El com-

plejo estará formado por cuatro generadores flotantes Pelamis de 160 metros de longitud, con una potencia de 750 kW unitaria. A través de su filial Scottish Power, Iberdrola participa en otro proyecto consistente en el desarrollo de un prototipo para aprovechar las mareas, que también se ubicará en aguas escocesas. El complejo, impulsado junto a la compañía noruega Hammerfes Strom, servirá de referente para establecer el potencial de esta tecnología.

POR TODO EL MUNDO

Reino Unido es uno de los países más activos en el impulso a estas nuevas tecnologías. El Gobierno británico ha anunciado que invertirá 4,5 millones de libras (6,75 millones de euros) en un proyecto de energía marina denominado "Wave Hub", consistente en la construcción de un conector eléctrico submarino, que estará situado en Hayle, en aguas de Cornualles, a 16 km de la costa. Si prospera, será como un prolongador gigantesco a través del cual se volcará a la red eléctrica nacional la electricidad producida por cuatro centrales que funcionan por el movimiento de las olas. Además, las empresas KP Renewables y Wave Dragon han alcanzado un acuerdo para desarrollar, financiar y construir en varias fases 77 MW en plantas de oleaje en las costas galesas.

Las autoridades escocesas, por su parte, han aprobado una inversión de 19 millones de euros para financiar las investigaciones que se llevan a cabo en el Centro Europeo de Energía Marina (EMEC), mientras que Portugal ha propuesto una tarifa de compra para la electricidad en torno a los 26 c€/kWh.

Brasil es otro país que construirá una planta piloto para generar electricidad utilizando la fuerza de las olas, la primera de su tipo en América Latina. Será instalada en la costa de Ceará, al noreste del país, y dispondrá de una capacidad de producción de 500 KW, suficiente para brin-

Desde hace algún tiempo, varias empresas españolas han puesto también sus miras en ese inmenso yacimiento de energía que es el mar.

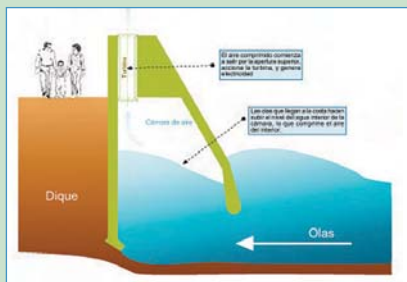
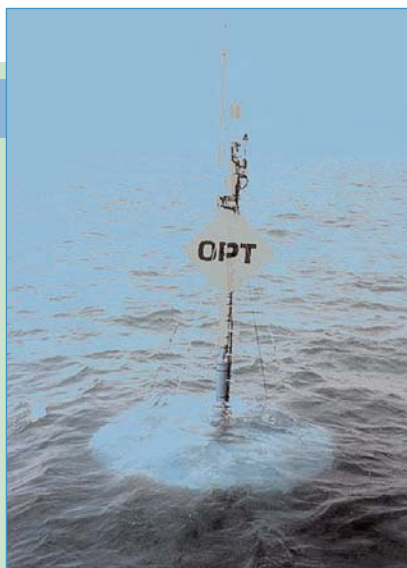
Olas en España

En el Cantábrico hay dos proyectos avanzados. Iberdrola Renovables está sometiendo a pruebas en tierra la planta de energía de las olas que instalará en Santoña (Cantabria), con la intención de que esté operativa a finales de 2008. La instalación se ubicará a cuatro kilómetros de la costa y estará compuesta por 10 boyas con baliza. En una primera fase se instalará una boya de 40 kW de unos diez metros de diámetro, sujeta mediante tres boyas semisumergidas ancladas al fondo marino a una profundidad de alrededor de 50 metros. Las restantes nueve boyas, previstas para una fase posterior, cuentan con una potencia inicial de 125 kW. Cuando se encuentren en funcionamiento las 10 boyas, la producción eléctrica anual de esta planta equivaldría aproximadamente al consumo doméstico de unos 2.500 hogares. En el proyecto también participan el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Sociedad para el Desarrollo de Cantabria (SODERCAN).

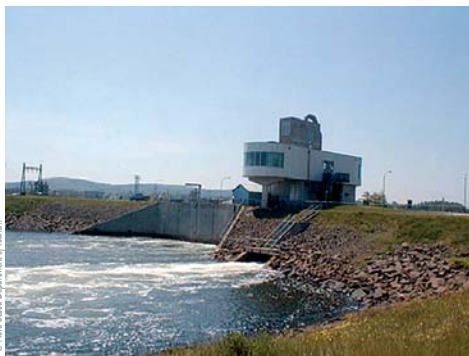
Otro proyecto de central de oleaje en fase avanzada se localiza en el nuevo puerto de Mutriku. (Guipúzcoa). La instalación, promovida por el Ente Vasco de la Energía (EVE) y completamente integrada en el dique, utiliza la tecnología de columna de agua oscilante (OWC), de la empresa escocesa Wavegen. Lleva una configuración multiturbina, de 16 unidades cámara-turbina, tendrá una potencia de 480 kW. Se calcula que la energía generada anualmente será de 970 MWh, lo que supone evitar la emisión a la atmósfera de, aproximadamente, 1.000 toneladas de CO₂. La intención del EVE es contar con 5 MW instalados en centrales de olas para 2010.

La energía obtenida por medio de las olas marinas también se utilizará en una planta que está previsto instalar en el puerto de Granadilla (Tenerife). Lanzarote es otra isla del archipiélago canario que estudia el potencial de las olas, para lo cual ha encargado la realización de un mapa del oleaje de sus costas. Barcelona y varias comunidades, como Asturias, Galicia y el País Vasco, están trabajando en estudios similares. El contenido de estos mapas se obtiene mediante medición matemática, a través de un sistema de boyas conectadas vía satélite que mandan información cada tres segundos sobre la altura de las olas, la dirección y fuerza de las corrientes y la temperatura del agua.

Puertos de Galicia, la Sociedad Gallega de Medio Ambiente y el Instituto de Energía de Galicia, entre otros organismos, ya se encuentran en conversaciones para crear un consorcio público que se encargue del desarrollo de esta tecnología.



En el mundo hay todavía pocas plantas que operen a partir de la energía del mar. Este recurso está todavía en plena fase de I+D, si bien su futuro se presenta muy prometedor. Bajo estas líneas, central de Annapolis, en Canadá.



© News Service Department of Tourism



© IJCT

dar electricidad a unos 200 hogares. Pero hay muchos más lugares del mundo en lo que se desarrollan proyectos para la construcción de centrales eléctricas que utilizan energía marina. Corea del Sur espera terminar la “Central Eléctrica de Marea Sihwa” para 2009. Otros países de rápida expansión, como China e India, también se encuentran entre los que investigan el uso comercial de la energía generada por las olas y la marea.

Para 2010, la UE estima que la energía obtenida del mar generará electricidad suficiente para abastecer casi un millón de hogares en el mundo industrializado. En cualquier caso, son pocas todavía las tecnologías que aprovechan la energía del mar que han pasado a la fase industrial, y deben realizarse mejoras importantes para validar los prototipos.

¿DÓNDE ESTÁN LAS INSTALACIONES CLAVE?

■ **Central mareomotriz de La Rance**, en Bretaña (Francia). Comenzó a funcionar en 1967. Tiene un dique de 750 metros y una potencia instalada de 240 MW. Genera 600 millones de KW por hora cada año y abastece de electricidad a 250.000 viviendas. Su enorme impacto ambiental ha determinado que no se desarrollen más centrales de esta envergadura.

■ **Central de Aguçadoura** (Portugal). Situada a 5 km de la costa norte portuguesa en 2007 y promovida por Enersis (principal promotor de energías renovables en Portugal) junto con Ocean Power Energy (OPD). La central está equipada con tres máquinas “Pelamis” de 750 kW, que aprovechan la energía de las olas para producir electricidad equivalente a las necesidades de unos 6.000 habitantes.

■ Central mareomotriz de Annapolis.

Sita en la bahía de Fundy (Canadá), comenzó a funcionar en 1984, tiene una potencia de 20 MW, aprovecha las mareas más altas del mundo, entre 16 y 17 metros, está conectada a la red y puede abastecer 4.000 hogares.

- **SeaGen** (Irlanda). Desarrollada por Marine Current Turbines, la primera fase de la instalación, de 1,2 MW de potencia, se encuentra ubicada en el Norte de Irlanda, en las rápidas aguas de Strangford Narrows, a unos 400 metros de la línea de la costa.

- **Islay** (Escocia). La compañía escocesa Wavegen comenzó a experimentar en los 90 en esta isla de las Hébridas con la tecnología de Columna de Agua Oscilante (OWC, por sus siglas en inglés). Desde 2000 dispone de una OWC de 500 kW conectada a red y capaz de abastecer unos 400 hogares. Otra OWC de 500 kW se halla desde 2001 en la isla Pico, en Azores (Portugal).

- **Seaflow**. Es un molino marino que aprovecha las corrientes. Ha sido desarrollado por MCT y se halla enclavado a tres kilómetros de la costa de Lynmouth, en el Reino Unido. Es el más potente del mundo (300 kW). Para cimentar este ingenio fue preciso ahondar quince metros en el lecho marino. Ha comenzado a operar a mediados de 2003.

- **Sagar shakti** (en sánscrito, “el poder del océano”). En 2001, el National Institute of Ocean Technology de la India y la Universidad de Saga (Japón) pusieron en marcha una planta de conversión de energía térmica oceánica a 40 kilómetros de la costa de Tamilnadu (India). Se trata de

una plataforma flotante que trabaja con agua que recoge a 1.000 metros de profundidad. Es la más potente del mundo en su género (rinde 1 MW). En Hawaii, Japón y Nauru hay instalaciones de carácter experimental.

DIFICULTADES A SUPERAR

El aprovechamiento del agua de los mares como recurso energético implica tener en cuenta el impacto ecológico que puede suponer la construcción de las centrales. Por un lado, visual y estructural sobre el paisaje, dada la mag-

Plataforma flotante Sagar Shakti, India. 1 MW



Uno de los principales retos de esta tecnología es minimizar el impacto ecológico que puede suponer la construcción de las centrales en un medio tan sensible a cualquier afección como es el marino.



© MCT

nitud de las estructuras que precisan estas plantas; por otro, el daño que pueden causar en la flora y la fauna de las áreas costeras, que podrían afectar, sobre todo, a las aves migratorias y los peces. Por tanto, hay que tomar tantas medidas como sean necesarias para minimizar estos impactos.

Por otra parte, la densidad del agua, 800 veces superior a la del aire, dificulta la instalación y mantenimiento de las plantas, sujetas, además, a fuerzas extremas y a la corrosión salina. Hace falta, asimismo, reducir los costes de producción, que actualmente se sitúan entre los 15 y los 17 c€/kWh de acuerdo con el organismo Carbon Trust. El desarrollo del sector está, por tanto, vinculado a las innovaciones y al incremento de la producción, que debe permitir reducir los costos. Pero el interés por estas tecnológicas va en aumento y los profesionales comienzan a estructurarse, particularmente en Europa, donde a principios de 2007 se creó la Asociación Europea de la Energía de los Océanos.

TENDENCIAS DE FUTURO

La mayoría de los esfuerzos en Europa y muchos de los realizados en Estados Unidos se centran en la energía proporcionada por olas y mareas. Los americanos, junto con los asiáticos prestan también atención a la energía mareotérmica. Basada en la transferencia de calor entre los fluidos, esta tecnología es conocida desde 1930, pero prácticamente sólo en la zona tropical del Pacífico se dan las condiciones idóneas para instalar este tipo de sistemas. Respecto a los proyectos basados en la explotación de la presión osmótica, el más avanzado está siendo desarrollado por la compañía noruega Statkraft, que planea instalar un pequeño prototipo de entre 2 y 4 kW a finales de 2008. En cuanto a la energía de las corrientes marinas, el actual desarrollo tecnológico hace que sea muy poco aprovechable.

Contra el problema de la evacuación de la energía (cuanto más lejos están las boyas, turbinas o centrales flotantes más se encarece y dificulta el proyecto) empieza abrirse paso una idea: la producción de hidrógeno in situ.



Energía del Mar

Más información

- **European Ocean Energy Association.**
www.eu-oea.com/index.html
- **Red temática WaveNet** <http://www.ca-oe.net/home.htm>
- **Centro Europeo de Energía Marina (EMEC).**
www.emec.org.uk/
- **Ocean Renewable Energy Group (OREG).**
www.oreg.ca
- **Pelamis.**
www.pelamis.com
- **Hawaii Natural Energy Institute (Estados Unidos).**
www.hnei.hawaii.edu
- **National Institute of Ocean Technology (India).**
www.niot.res.in
- **Institute of Ocean Energy, Saga University (Japón).**
www.ioes.saga-u.ac.jp
- **Archimedes Wave Swing (Holanda).**
www.waveswing.com
- **The wave power group (Reino Unido).**
www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/Index.htm
- **Wavegen (Reino Unido).**
www.wavegen.co.uk
- **Ente Vasco de la Energía**
www.eve.es

Créditos

“Energías Renovables para todos”
es una colección elaborada por
Haya Comunicación, editora de la revista
“Energías Renovables”
www.energias-renovables.com
con el patrocinio de Iberdrola.

- **Dirección de la colección:**
Luis Merino / Pepa Mosquera
- **Asesoramiento:**
Iberdrola. Gonzalo Sáenz de Miera
- **Diseño y maquetación:**
Fernando de Miguel/Judit González
- **Redacción de este cuaderno:**
Antonio Barrero

Energías renovables para todos

La energía geotérmica tiene su origen en la enorme diferencia de temperaturas que existen entre el núcleo de la Tierra y la corteza, lo que origina un continuo flujo de calor hacia la superficie. Actualmente, este recurso se aprovecha tanto con fines de calefacción como para generar electricidad.

El aprovechamiento de la energía contenida en las olas, las mareas o las corrientes del mar es más incipiente, pero su futuro se presenta muy prometedor. No es para menos: el océano es el mayor colector solar del mundo. En otras palabras, el mayor almacén de energía natural a nuestro alcance.

