

PRESENTE Y FUTURO

# Energía marina

## EN CHILE

DANIELA MALDONADO P.  
Periodista SustentaBiT

**N**O SE EXAGERA, dicen los especialistas. Varias investigaciones arrojan que Chile es el país que presenta el mayor potencial y el de mejor calidad para desarrollar las energías marinas en el mundo. Pero vamos por parte. Primero, explican los expertos, es importante aclarar que comúnmente se tiende a denominar a la energía marina como mareomotriz, sin embargo esta última se refiere a la energía que proviene de las mareas, solo una de las fuentes energéticas. Cuando se habla de energía marina se incluye a cuatro fenómenos que permiten la generación de energía:

► **1. Olas:** Se utilizan dispositivos que extraen energía a través del movimiento vertical y/o lateral del mar (presiones dinámicas), generado por las olas. A este tipo de aprovechamiento se le denomina energía undimotriz.

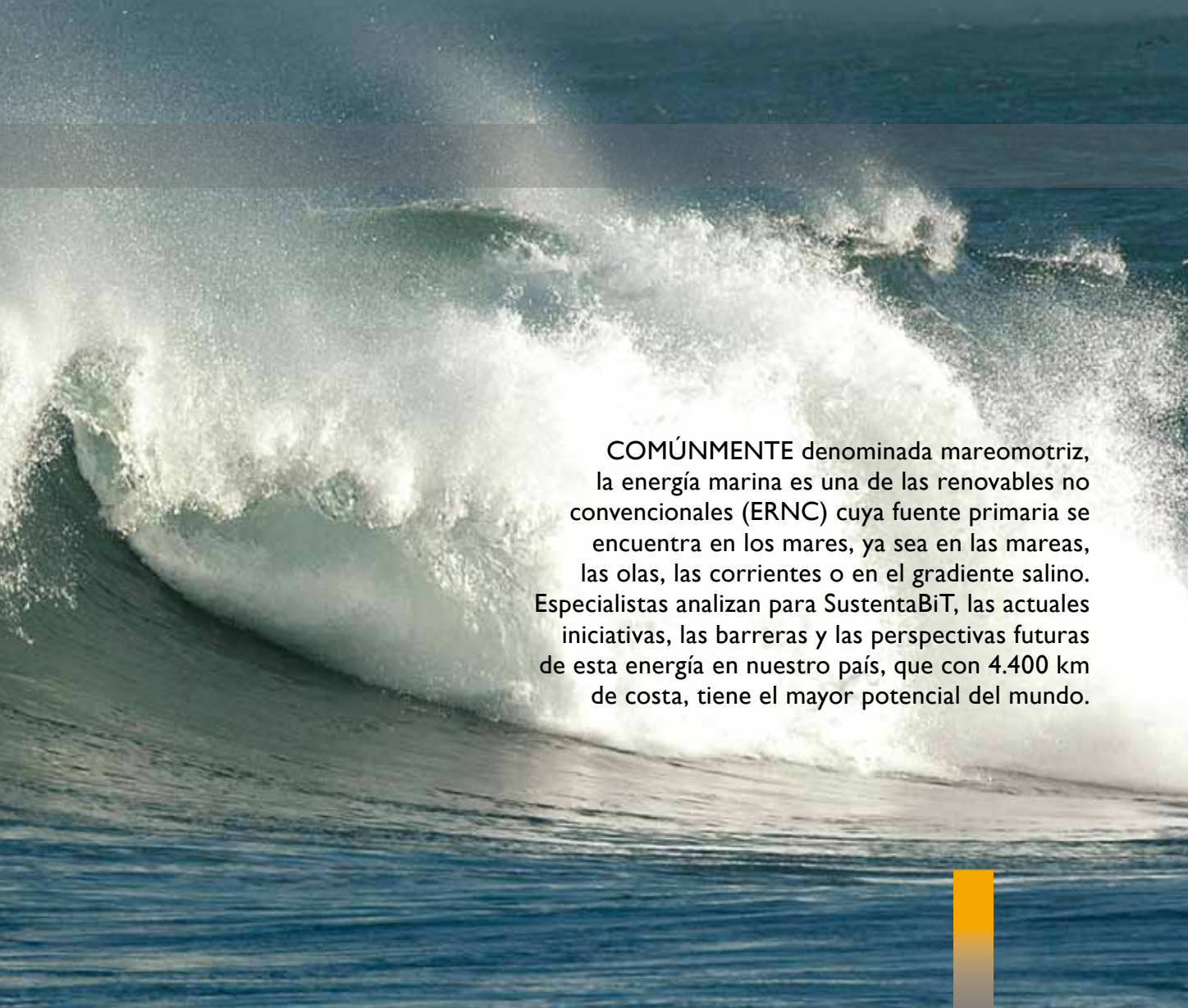
► **2. Corrientes mareales:** El desplazamiento

de las ondas de marea (generadas por la fuerza gravitatoria de la luna y el sol, sobre la Tierra), a través de angostamientos, fiordos u estrechos costeros genera corrientes de alta velocidad que permiten la extracción de la energía cinética con dispositivos similares a aquellos que extraen la energía de los vientos. A esta definición corresponde la energía mareomotriz.

► **3. Embalses de mareas:** De la misma manera que la energía de corrientes mareales, ésta es producida por el desplazamiento de las ondas del mar. En este caso la energía potencial se da por la diferencia de altura entre la máxima y mínima marea, en un determinado lugar, donde se construye un embalse.

► **4. Gradientes salinos:** A través de la ósmosis (fenómeno físico), las diferencias de salinidad del agua marina a distintas profundidades, es aprovechada para generar presión, lo que se traduce en energía.

Hecha la aclaración, los expertos detallan las



**COMÚNMENTE** denominada mareomotriz, la energía marina es una de las renovables no convencionales (ERNC) cuya fuente primaria se encuentra en los mares, ya sea en las mareas, las olas, las corrientes o en el gradiente salino. Especialistas analizan para SustentaBiT, las actuales iniciativas, las barreras y las perspectivas futuras de esta energía en nuestro país, que con 4.400 km de costa, tiene el mayor potencial del mundo.

ventajas que presenta nuestro país, para desarrollar esta Energía Renovable No Convencional. Específicamente considerando las olas, Chile tiene una alta densidad de energía por unidad de longitud, provocada por las condiciones de oleaje regular que se produce en la cuenca del Pacífico, siendo muy predecible. “Concretamente el potencial de oleaje a lo largo de Chile, en promedio al año, es del orden de 170 GW, es decir, con el aprovechamiento de la energía undimotriz se cubriría diez veces la capacidad instalada del actual Sistema Interconectado Central”, afirma Rodrigo Cienfuegos, académico del departamento de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Y las opiniones son coincidentes. Patricio Monárdez, gerente técnico de la empresa Baird & Associates S.A. quienes por encargo de Endesa desarrollaron un catastro y mapa de la energía undimotriz a lo largo de Chile, explica que la energía se expresa en tér-

minos de potencia, lo que se traduce en kW por metro de frente de ola (kW/m). Las tecnologías que actualmente se usan en Gran Bretaña comienzan a generar energía con 5 kW/m por lo que se buscaron en Chile los lugares que sobrepasaran esta cantidad. Y los resultados fueron concluyentes: “Todo Chile, desde Arica a Punta Arenas tiene más de 5 kW/m el 90% del tiempo. Hay lugares como Valparaíso que tienen el 98% del tiempo o Aysén donde jamás ha estado bajo esa cantidad”. Y esto lo corroboran en el Centro de Energías Renovables (CER) del Ministerio de Energía. “Un estudio desarrollado por la consultora Garrad Hassan Partners and Limited (en mayo de 2009), en coordinación con la Comisión Nacional de Energía (CNE), concluye que para la utilización de la energía de las olas, Chile posee una de las mayores densidades energéticas del mundo dado que la energía promedio sería igual a 57 kW/m por frente de ola”, detalla Nicolás



Faúndez, gestor de proyectos del CER. A esto se suma, explica Monárdez, el alto factor de planta que podría permitir la energía marina (que es la razón entre la energía real generada durante un período y la energía generada si hubiera trabajado a potencia nominal durante ese mismo tiempo) que está alrededor del 50%, superando a las plantas eólicas y solares que fluctúan entre 20 y 40%.

Y no sólo los proyectos ligados a las olas tienen buenas perspectivas. El mismo estudio de Garrad Hassan determinó tres zonas técnico-económicamente-factibles para el desarrollo de proyectos relacionados a la energía mareomotriz. Entre ellos el Canal de Chacao, para el cual se estimó un potencial de entre 600 a 800 MW con un factor de planta entre un 20 y un 60%. Pero el tema no se queda en las cifras. Actualmente un grupo de profesionales apuesta al desarrollo de esta energía en nuestro país.

### INICIATIVAS

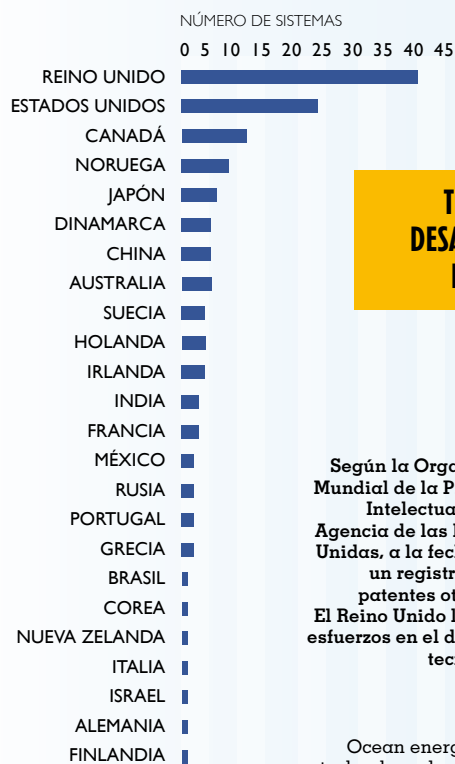
En los últimos tres años, se han generado varias iniciativas que provienen tanto del mundo privado como público y académico. Se han organizado misiones hacia Gran Bretaña, país

que lidera el tema a nivel mundial, además algunas empresas de ese país han viajado y tomado contacto con diferentes actores chilenos. En el plano académico y bajo un convenio entre el Ministerio de Energía y la Universidad de Chile se está desarrollando un explorador de energías marinas, el que tiene por objetivo entregar un análisis de prefactibilidad del potencial bruto presente en Chile geográficamente. A esto se suman dos proyectos financiados por la empresa HydroChile y cofinanciados, uno por Corfo y otro por Fondef. El primero, que ya está en operación, es desarrollado por el Instituto Nacional de Hidráulica (INH), y tiene como objetivo principal generar un Catastro de Energía Undimotriz entre la V y X Región de Chile. El segundo, que comenzó a operar en el mes de Septiembre, es desarrollado por la PUC y tiene como objetivo principal cuantificar la energía disponible en las corrientes mareales del Canal de Chacao. Asociados a estos proyectos también participan como co-desarrolladores la Universidad Técnica Federico Santa María, la Universidad de Valparaíso, la DIPRIDA de la Armada de Chile, PRDW, Ben-

### COMPARACIÓN DE COSTOS CON DISTINTAS ENERGÍAS

Fuente:  
WEO 2009, IEA  
Analysis

Tecnología	2008		2030	
	Inversión US\$/KW	Generación US\$/MWh	Inversión US\$/KW	Generación US\$/MWh
Biomasa	2.960-3.670	40-50	2.550-3.150	35-120
Hidráulica	1.970-2.600	45-105	1.940-2.570	40-100
Geotermia	3.470-4.060	65-80	3.020-3.540	55-70
Eólica-Onshore	1.770-1.960	90-105	1.440-1.600	70-85
Energía solar térmica por concentración	3.470-4.500	135-370	1.730-2.160	70-220
Eólica-Offshore	2.890-3.200	100-120	2.280-2.530	80-95
Mareas y olas	5.150-5.420	195-220	2.240-2.390	100-115
Solar fotovoltaico	5.730-6.800	360-755	2.010-2.400	140-305



**TECNOLOGÍA  
DESARROLLADA  
POR PAÍSES**

Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), Agencia de las Naciones Unidas, a la fecha existe un registro de 1758 patentes otorgadas. El Reino Unido lidera los esfuerzos en el desarrollo tecnológico.

Fuente: Ocean energy: global technology development status, IEA-OEA, March 2009



Se observa uno de los dispositivos que aprovecha la energía undimotriz. Se trata de Limpet 500, tecnología instalada en la isla escocesa Islay.

tos y DICTUC.

Por otra parte el gobierno del Reino Unido, decidió financiar un estudio de análisis sobre las barreras que enfrentará el desarrollo de la industria a futuro. “Con este trabajo comienza un plan de coordinación intersectorial, con el cual se desarrollarán reuniones que analizarán los resultados y las conclusiones”, explica Karl Royce UK Trade & Investment de la Embajada de Gran Bretaña en Chile. Pese a las incipientes iniciativas y al interés que despierta el tema, los especialistas concuerdan que para su desarrollo en Chile se deberán superar importantes obstáculos.

**BARRERAS**

En el mundo, las tecnologías asociadas a la energía marina están en un estado de desarrollo similar a los de la industria eólica en los años 80, es decir, están en un período de pruebas y aún no hay convergencia sobre las mejores opciones. En este contexto surgen varias razones que dificultan su desarrollo en Chile:

**1. Altos costos**

El empleo de la energía del mar implica un elevado costo de inversión, operación y mantenimiento, el que además, es significativamente mayor que la eólica y solar térmica donde los costos están bajando, lo que genera una barrera de entrada, explica Paul Griffiths, socio de la consultora The Birchman Group y presidente de la

Asociación de Empresas y Profesionales para el Medio Ambiente (AEPA). Es así como para las tecnologías undimotrices, los montos de inversión asociados varían entre 6.800 y 9.000 USD por kW instalado siendo los costos anuales de operación y mantenimiento estimados en 200 USD/kW, según IEA ETSAP-2010 (ver recuadro Comparación de costos con distintas energías). Sobre las tecnologías de corrientes marinas, los montos de inversión se estimaron entre 6.000 a 7.800 USD/kW y los de operación y mantenimiento en 150 USD/kW/año.

**2. Falta de regulaciones legales**

Si bien es una barrera transversal a todas las energías renovables, la falta de regulación es más evidente en los proyectos de energía marina, dada la incertidumbre en la aplicación de los mecanismos de concesiones marítimas. “Por otra parte, las energías marinas deben adecuarse al marco regulatorio y de fiscalización del territorio marítimo, pero aún no existe claridad sobre qué normas se aplicarán y quién o cómo las fiscalizará”, explica Nicolás Faúndez. Por otro lado, no existen guías de evaluación ambiental donde se especifiquen criterios o medidas de mitigación.

**3. Bajos incentivos**

“Actualmente las inversiones y riesgos asociados son muy altos, por lo que los incentivos de invertir para las empresas son bajos. Hasta que no disminuyan los costos e incertidumbre de

Modelo de turbina que aprovecha la energía marina.



Hay varios países que han identificado el potencial que tienen estas energías, en particular la undimotriz, y que llevan décadas investigando el tema y desarrollando dispositivos. Entre ellos se encuentran Reino Unido, Canadá, EEUU y Australia. En el último tiempo han comenzado a mostrar interés Corea y China. En total son más de 25 países involucrados. Sin embargo no todas las tecnologías están en el mismo nivel de desarrollo. Las que han logrado una mayor maduración se encuentran las tecnologías de energía de las olas, en segundo lugar de las corrientes y posteriormente las mareas de embalse y gradiente de salinidad.

SEGÚN  
ESTIMACIONES  
DE LA PUC, CON EL  
APROVECHAMIENTO  
DE LA ENERGÍA  
UNDIMOTRIZ SE  
CUBRIRÍA  
10 VECES  
LA ACTUAL  
CAPACIDAD DEL SIC.

los dispositivos a nivel internacional, el desarrollo de estas energías se ve lejano”, explica Nils Lindeen, ingeniero de proyectos de la empresa HydroChile. A esto se suma el hecho de que en la política energética chilena no se acepta subsidiar la energía eléctrica a lo que este tipo de energía debe adaptarse.

#### ► 4. Limitaciones técnicas

Tal como ocurre con otras ERNC, su intermitencia genera ciertas inestabilidades técnicas sobre el sistema eléctrico, lo cual limita el ingreso masivo de este tipo de energías. Además, existe el problema de la lejanía de los puntos atractivos para la generación respecto al sistema de transmisión, o los centros de consumo, lo cual usualmente encarece los proyectos. A esto se suma que el equipamiento está en una fase de innovación y desarrollo, por lo que existe una ausencia de estándares nacionales e internacionales sobre su desempeño, lo que implica una dificultad más, al momento de realizar la conexión a las redes de distribución eléctricas. Sin lugar a dudas, las tareas no son pocas.

### DESAFÍOS

La pregunta que se hacen varios especialistas es si Chile va a esperar a que la energía marina se desarrolle en otras partes del mundo o se va a subir al carro formando alianzas e implementando pruebas que permitan en un futuro, ser parte del mercado. Las respuestas no están claras, sin embargo los desafíos para enfrentar ambos escenarios ya están delineados.

#### ► 1. Desarrollo Tecnológico

Hay coincidencia en que se requiere un desarrollo de tecnología que apoye la implementación de la energía marina en nuestro país. Por ejemplo se requerirán fabricantes de componentes, transportistas, embarcaciones especiales para este tipo de maquinarias, cableados submarinos y una variedad de especialidades que formen una cadena de suministro y de ingeniería local. Una ventaja, estaría dada por la experiencia que se tiene en la industria salmonera y en la minería.

#### ► 2. Capacitación

Se necesita implementar programas de capacitación, investigación y desarrollo en conjunto con las universidades y centros tecnológicos para formar capital humano local, especializado en la materia.

#### ► 3. Búsqueda de financiamiento

Los proyectos de energía marina que ya se han implementado en otros países, han sido financiados a través de proyectos marcos de la comunidad europea, capital de riesgo o directamente con capital privado; sin embargo para lograr una estabilidad y un crecimiento de este mercado es necesario el financiamiento bancario a mediano y largo plazo. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Andina de Fomento (CAF) han manifestado su interés en apoyar esta energía en Chile, sin embargo aún falta crear la confianza necesaria en los inversionistas en base a información fidedigna para estimar los flujos de inversión y así disminuir la incertidumbre, dicen los expertos.

#### ► 4. Manejo integral del borde costero

Se deberá desarrollar un plan de manejo integral del borde costero, ya que la energía marina puede interferir con otros usos como la navegación, la pesca, la piscicultura, el turismo y también con el uso militar y defensa de las aguas marinas.

#### ► 5. Trabajo conjunto

Dado el desarrollo incipiente se hace necesario un trabajo conjunto y estrecho con instituciones públicas y privadas, inversionistas y desarrolladores de proyectos. El contacto con los distintos actores es vital para el levantamiento y diagnóstico de las distintas barreras de mercado. Los especialistas involucrados en el tema, ven reales posibilidades futuras.

### PERSPECTIVAS

Considerando que Chile tiene el potencial más importante del mundo, está comenzando la investigación y ya cuenta con un grupo de profesionales interesados en involucrarse e in-

vertir en energía marina, “vemos reales posibilidades de impulsar algún desarrollo de aquí a 10 años”, comenta el académico de la PUC, Rodrigo Cienfuegos. Los especialistas delimitan algunas perspectivas futuras:

#### ► 1. Cuestión de tiempo

Las barreras de inexperiencia general, relacionadas a estas tecnologías, se irán superando con el tiempo, a medida que los prototipos y centros de investigación vayan ganando conocimiento y perfeccionando su operación. Un reporte publicado por Bharat Book Bureau (en 2009), estimó que la capacidad instalada de energía marina al 2009 fue de 270 MW y que para el 2020 tendría un crecimiento que podría alcanzar a 46.206 MW. Además, varios estudios estiman que los costos tenderán a disminuir.

#### ► 2. Potencial en zonas aisladas

Se hace atractivo impulsar proyectos de energías en zonas aisladas energéticamente y con una alta dependencia fósil como son los casos de la Isla de Pascua e Isla Robinson Crusoe. Presentando esta última, una dependencia anual de 300.000 litros de petróleo, con lo cual

un proyecto undimotriz, en estas condiciones, podría recuperar su inversión al cabo de 10 años, declara el CER.

#### ► 3. Iniciativa privada

Varios especialistas coinciden en que son los privados quienes tomarán la iniciativa de llevar adelante los proyectos, formando consorcios con otras empresas, universidades y entidades gubernamentales (tanto nacionales como extranjeras), para diversificar costos y riesgos. “La lección de Escocia es: no esperemos que el gobierno haga cosas, sino que vayamos adelante para que el gobierno después se vea en el aprieto de tener que generar las regulaciones”, dice Griffiths.

#### ► 4. Los riesgos

Para que los inversionistas se atrevan a ser los primeros, deberán bajar los riesgos. Para que esto se concrete los especialistas proponen la implementación de un centro de pruebas abierto a proyectos piloto que permitan comprobar los resultados a escala real. Hay incertidumbre y varias dudas, sin embargo las ganas de concretar un proyecto de energía marina en Chile están. El futuro lo dirá. ⑤

#### WEB RELACIONADAS

[www.cer.gob.cl](http://www.cer.gob.cl)  
[www.ukinchile.fco.gov.uk](http://www.ukinchile.fco.gov.uk)  
[www.baird.com](http://www.baird.com)  
<http://www.ing.puc.cl/energiasmarinas>  
[www.hydrochile.com](http://www.hydrochile.com)  
[www.thebirchmangroup.com](http://www.thebirchmangroup.com)  
[www.jobtravel.cl](http://www.jobtravel.cl)

SUSTENTABILIDAD 11 / DICIEMBRE 2011 19

- Modelamiento energético
- Eficiencia energética
- Control de iluminación
- Control centralizado
- Sistemas de medida
- Diseño de instalaciones de electricidad y climatización
- Asesorías



# FLEISCHMANN

Fleischmann... miembro del Green Building Council Chile



**SOLUCIONES PARA PROYECTOS SUSTENTABLES**

Av. Fresia 1921,  
Renca, Santiago  
Teléfono: 56 2 3934000

[www.fleischmann.cl](http://www.fleischmann.cl)

INGENIERÍA + MONTAJE + MANTENCIÓN

ELECTRICIDAD | CLIMATIZACIÓN | SEGURIDAD | CONTROL CENTRALIZADO | COMUNICACIONES