

Aprovechamiento de la Energía Undimotriz

Mario Pelissero, Pablo A. Haim, Guillermo Oliveto, Francisco Galia y Roberto Tula

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires
Departamento de Ingeniería Mecánica, Medrano 951, (C1179AAQ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina
undimotriz@gmail.com

Recibido el 3 de Junio de 2011, aprobado el 22 de Julio de 2011

Resumen

Uno de los problemas del mundo es la gradual disminución de las fuentes tradicionales de energía como el petróleo, gas y carbón. La combustión de importantes cantidades de estos recursos está produciendo severos efectos sobre el clima y resultan altamente contaminantes, esta es la razón por la cual en el futuro la humanidad necesitará de otras alternativas para obtener energía, estas fuentes serán la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica. Los océanos proveen de energía a partir de las mareas (mareomotriz) y de las ondas marinas, conocida como energía undimotriz. Todas estas son fuentes renovables y limpias. En términos globales el 94% de la producción de energía mundial proviene de fuentes no renovables y en nuestro país solamente el 8% de la producción de energía corresponde a fuentes renovables. La energía de las ondas aparece como una alternativa consistente basada en la energía que llevan las ondas a lo largo de los océanos del mundo. La energía se genera a partir de la acción del viento en la superficie del mar. Dadas las características del clima y las condiciones de nuestra costa marítima estamos convencidos del enorme potencial de este tipo de energía. En estos momentos nos encontramos desarrollando un dispositivo electromecánico para transformar la energía undimotriz en energía eléctrica y nos abocamos al estudio del lugar donde instalarlo.

PALABRAS CLAVE: ENERGÍA UNDIMOTRIZ – ENERGÍA ALTERNATIVA – ENERGÍA SUSTENTABLE - ENERGÍA LIMPIA

Abstract

One of the problems of the world is the gradual depletion of the traditional energy sources like oil, gas and coal. Combustion of large quantities of these sources is producing severe effects on the climate and are highly polluting, that is why in the future mankind will need to use other alternatives to obtain energy; these sources are hydroelectric, wind, solar, geo thermal energy. The ocean provides energy from the tides and now from the waves known as undimotriz energy. All of them are clean and renewable energies. On a global basis, 94% of the energy production comes from non renewable sources and in our country only 8% of the energy production is from renewable sources. Waves energy appears as a consistent alternative based on the energy that is carrying out through the waves all around the oceans. This energy is generated by the action of the wind on the sea surface. Given the characteristics of the climate and the coastline, we are convinced about the great potential of this kind of energy. Nowadays, we are developing an electromechanical device to transform the wave energy into electrical energy and we are studying the place to locate it.

KEYWORDS: KEYWORDS: ENERGY – ALTERNATIVE – UNDIMOTRIZ – SUSTAINABLE – CLEAN

¹ Se desea destacar la colaboración en este proyecto de Leonardo Plaun, Ricardo Haim, Martín Haim, Federico Muiño, Gustavo De Vita, María Paula Bouza y Juan Manuel Hinojosa.

Introducción

Desde hace dos siglos que se viene produciendo una vertiginosa utilización de los recursos energéticos no renovables, tanto el carbón como el petróleo y el gas están siendo utilizados en forma más intensa a fin de satisfacer la urgente demanda mundial de energía. Esta situación que podría resultar un signo positivo en aras del bienestar de la población mundial, es también un dramático factor en el cambio de las condiciones climáticas en nuestro único hogar planetario.

El continuo incremento en la atmósfera de los gases de efecto invernadero derivados de la combustión de los hidrocarburos está produciendo cambios en el clima con nefastas consecuencias. La modificación más relevante la representa el incremento de la temperatura global que trae aparejada la disminución de los hielos tanto en los casquetes árticos como antárticos y la continua disminución de los glaciares continentales. Por otro lado, se está experimentando el incremento en la frecuencia de sequías, huracanes e inundaciones aún en sitios donde no se registraban estos fenómenos.

La disminución de las reservas mundiales de los recursos energéticos no renovables hace peligrar el desarrollo de las próximas generaciones además generan escenarios de lucha armada para el dominio de los escasos recursos que aún existen.

Es hora de pensar seriamente en plantear un cambio radical que consistiría en utilizar los recursos hidrocarbúricos para la producción de insumos básicos como productos químicos y plásticos, evitando los procesos de combustión y producir de este modo, un vuelco hacia las tecnologías que hagan uso de las energías alternativas sustentables para la generación de energía eléctrica.

La utilización de las energías renovables permitirá un real cambio de las condiciones de vida de la humanidad ya que los efectos sobre el medio ambiente son casi nulos y su provisión es inagotable. El modelo a seguir es el que están llevando a cabo en países como Alemania, Reino Unido de la Gran Bretaña, Holanda, España, Portugal, Corea, Israel, Japón y Estados Unidos de Norteamérica donde la investigación, el desarrollo y el fomento de las energías

alternativas son políticas de Estado.

Fuentes oceánicas de energía renovables

El mar ofrece una serie de posibilidades para la generación de energía eléctrica. Una de las tecnologías más afianzadas al respecto es aquella vinculada con el aprovechamiento de la amplitud en los niveles de las mareas; la energía involucrada en este fenómeno se denomina mareomotriz. Otras alternativas en vías de estudio, consisten en el uso de las corrientes marinas, la diferencia de temperatura entre el fondo y la superficie oceánica y el calor generado por la dilución del agua salada en el agua dulce en los estuarios.

El aprovechamiento de la energía undimotriz es uno de los planteos más jóvenes al respecto, aunque se mencionan otros ejemplos en Japón a partir de 1930, los datos recabados nos indican que el potencial es enorme; cabe señalar que existen interesantes experiencias en muchos países, donde algunos dispositivos se encuentran en fase experimental y otros tantos en fase de explotación comercial.

Aplicación del término undimotriz

El término undimotriz se origina en la palabra onda y se aplica tanto a las ondas marinas en las zonas medianamente cercanas y alejadas de la costa (*middle* y *off shore*) como a la extinción de la onda o sea la ola en la franja costera (*on shore*); nuestro proyecto está vinculado con el empleo de esta energía en las zonas medias y cercanas de la costa, esto se debe a que es en esa franja donde se obtiene la máxima cantidad de energía. Este fenómeno es de características superficiales y su promotor es el viento. Se origina precisamente, a partir del rozamiento del viento sobre la superficie del mar; otros factores como la marea y las corrientes marinas pueden actuar pero su influencia es menor.

En la Fig. 1 que se presenta a continuación se puede apreciar la forma en que originan las ondas y su desarrollo.

Valoración del fenómeno

La cantidad total de electricidad que podría generarse anualmente, a partir de las energías

Etapa de generación de ondas marinas

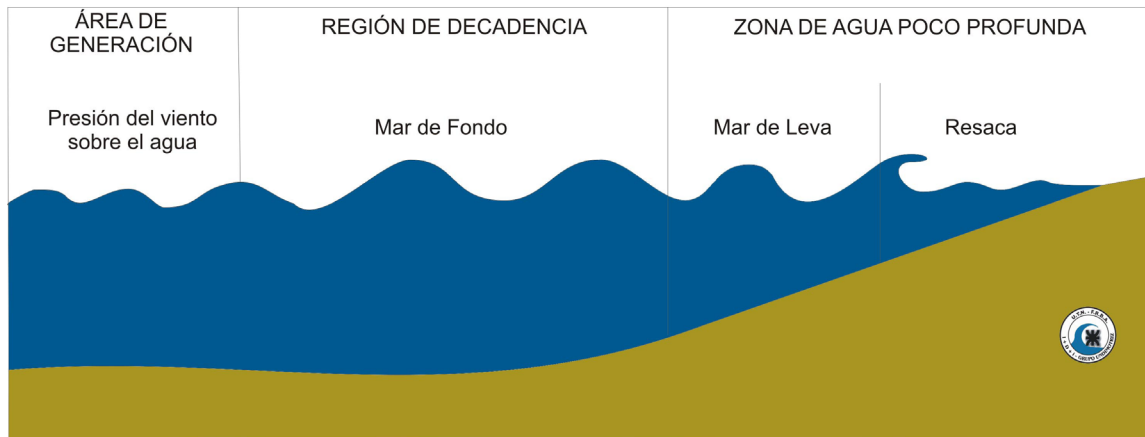


Fig. 1. Etapas de la vida de una onda

renovables es 975.010 TWh; mediante la tabla 1 se puede visualizar como está constituida esta grilla.

Energía renovable Energía (TWh)

Solar fotovoltaica	470.278
Solar: equipos concentradores de energía	275.556
Eólica terrestre	105.278
Oceánico; mareomotriz y undimotriz	91.398
Hidráulica	13.889
Geotérmica	12.500
Eólica marina	6.111

Tabla 1. Panorama mundial de las energías renovables

Fuente: World Energy Statistics and Balances. 2008. National Renewable Energy Laboratories. US.

Recursos no renovables	81,51
Hidráulica	16,41
Eólica	0,68
Solar	0,02
Otros recursos renovables	1,37

Tabla 2. Discriminación porcentual de las fuentes para la generación de la energía eléctrica durante el año 2006

Fuente: World Energy Statistics and Balances. 2008. National Renewable Energy Laboratories. US.

A los efectos de enmarcar los datos anteriores con la generación de energía eléctrica en el mundo y teniendo en cuenta las fuentes utilizadas para su obtención, en la tabla 2 se indican los datos porcentuales obtenidos en el año 2006. La cantidad total de la energía eléctrica generada en el mundo fue de 19.015 TWh

UNESCO en el año 2009 emitió un boletín vinculado con el área energética donde informaba que la cantidad de energía undimotriz disponible en todo nuestro planeta era del orden de los 200GW; si consideramos que nuestro país tiene un consumo de energía del orden de 75 TWh por cada año, mediante un sencillo cálculo:

$200 \text{ GW} \times 365 \text{ días} \times 24 \text{ horas}$ es igual a 1,752 TWh /año

O sea que, a partir de tan solo el 2,34% de la energía undimotriz mundial podría satisfacer los requerimientos eléctricos de nuestro país.

El Instituto de Ingenieros Mecánicos de Gran Bretaña elaboró un mapa global donde expresa los valores de la energía undimotriz en forma de potencia por unidad lineal, allí se puede apreciar que la potencia latente en nuestro litoral marítimo se encuentra entre los 30 y 100 KW por cada metro de ola.

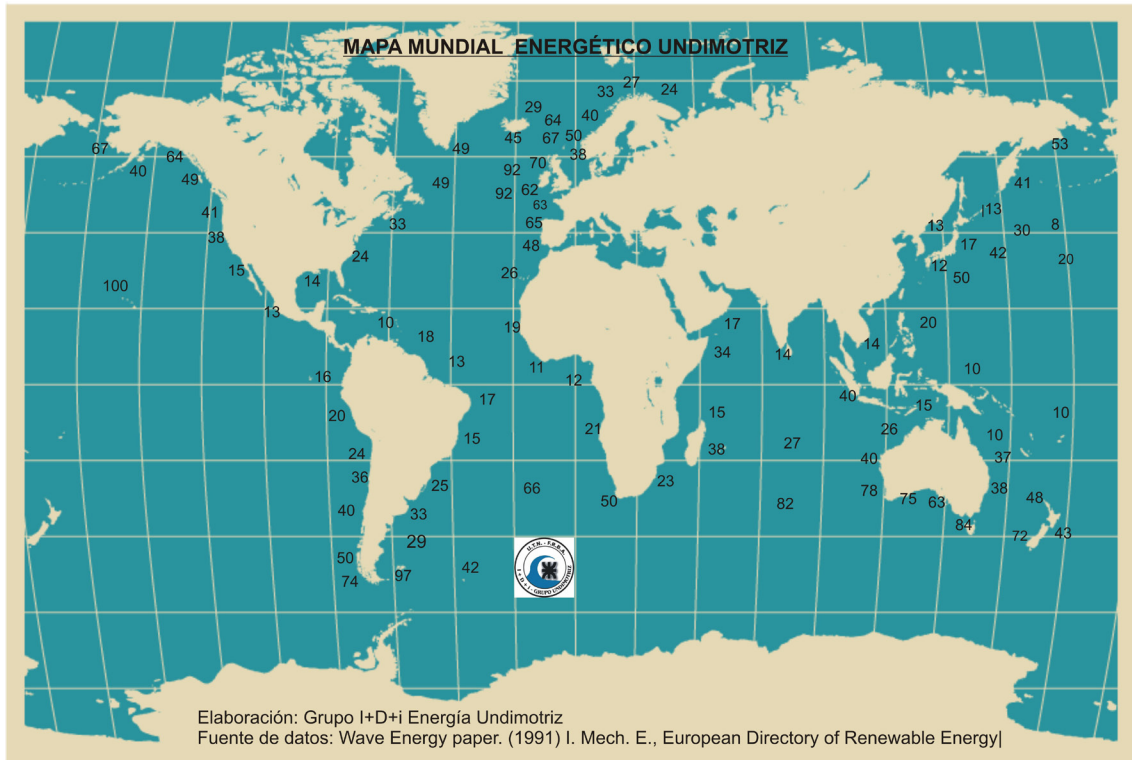


Fig. 2. Mapa mundial de energía de las ondas expresada en KW por cada metro de frente de onda

Fuente: Wave Energy paper. (1991) I. Mech. E., European Directory of Renewable Energy.

En la Fig. 2 se indica el mapa mundial de energía de las ondas expresada en KW por cada metro de frente de onda.

Otras fuentes consultadas indican tal como se puede apreciar en la tabla 3, que la densidad de energía contenida por la masa oceánica supera ampliamente a las energías renovables tecnológicamente más afianzadas.

Fuente energética Potencia por cada unidad de superficie (W/m²)

Biomasa [1]	0,6
Solar [2]	200
Eólica [2]	400 a 600
Undimotriz [2]	2.000 a 3.000

Tabla 3. Cuadro comparativo de la potencia por unidad de superficie de las energías renovables más utilizadas con respecto a la energía undimotriz.

Fuente: [1] Ing. Agrónomo. M. Jorge A. Hilbert. Biomasa. Maestría Energías Renovables 2010. UTN. [2] Pedro Ibáñez, Robotiker Tecnalia, España.

Por ende la energía undimotriz es 5 veces

más concentrada que la energía eólica y 30 veces más concentrada que la energía solar.

Características de la energía undimotriz

Debemos recordar que las energías renovables se caracterizan por su variabilidad e intermitencia pero, en el caso de la energía undimotriz, existe un consenso internacional respecto de su consistencia pues en determinadas regiones oceánicas, se produce una marcada persistencia durante mayor parte del año lo que garantiza el permanente funcionamiento de los equipos.

Las aguas oceánicas actúan como acumuladores de la energía cedida por el viento; la cantidad de energía colectada por los océanos dependerá de la duración e intensidad de los vientos. Las fortalezas de este tipo de energía pueden sintetizarse del siguiente modo:

- El viento está presente en determinadas zonas de nuestra Patagonia casi todo el día a lo largo de todo el

año; es decir que tanto por su regularidad como por su intensidad permiten prever un continuo suministro de energía. Por otro lado, de no registrarse acción del viento en la región de captación, se podrá verificar la presencia de ondas ya que las mismas son transportadas por el agua desde regiones lejanas. El caso extremo que ejemplifica este fenómeno son las olas gigantes (tsunami) que viajan miles de kilómetros, muy lejos del lugar donde fueron generadas. La costa patagónica presenta un escenario óptimo de trabajo debido a la escasa profundidad del lecho marino aún a distancias considerables de las costas, esto facilitará la instalación de equipos y dispositivos.

- El agua resulta ser un vector energético extraordinario, se lo conoce por la capacidad de almacenamiento de la energía (este tema es ampliamente reconocido a partir de los emprendimientos hidroeléctricos); la energía posible de ser aprovechada es superior a las otras alternativas renovables de mayor difusión en la actualidad y esto se debe a que la densidad del agua es muy superior a la del aire (835 veces mayor).

Mar Argentino

El litoral marítimo de nuestro país tiene una longitud de 5.087 Km y abarca una superficie de 2.800.000 Km². Nuestra región oceánica cuenta con una plataforma que a medida que avanza hacia el sur progresivamente se va ensanchando y aumenta su profundidad, hasta alcanzar los 200 metros a 200 millas de distancia.

Una de las fortalezas de este proyecto es la presencia constante del viento en nuestro mar austral; recordemos que es el viento el generador del fenómeno. Por otro lado, cabe destacar que el movimiento de la masa oceánica hacia la costa es amortiguado por la plataforma submarina, lo que produce un desplazamiento ordenado de las ondas marinas en forma paralela a la costa. Este amortiguamiento permite prever con bastante seguridad este movimiento y además evita la

formación de ondas y de olas de tamaños importantes.

La altura de las ondas se hace relevante en la región sur y sudeste de la isla grande de Tierra del Fuego donde se pueden encontrar ondas que van desde 1,75 a 2 metros. Al sur de Puerto Deseado y en la costa norte de Tierra del Fuego las ondas alcanzan valores que van de los 1,50 a 1,75 metros mientras que en el resto de la costa patagónica y bonaerense la altura promedio anual es de 1,25 a 1,7 metros.

En Bahía Blanca, Golfo de San Matías, Golfo de San Jorge y sur del Puerto de San Julián los valores resultan entre 1 a 1,25 metros. En estos casos nos encontramos en el límite de los valores mínimos para poder utilizar los dispositivos de captación.

Experiencia internacional en energía undimotriz

La tecnología necesaria para la captura de esta energía y su transformación en energía eléctrica está en pleno desarrollo; según el World Energy Council existen más de 4.000 patentes de convertidores de energía undimotriz a energía eléctrica; esto demuestra que estamos en un campo de investigación muy activo.

Desde hace muchos años el Reino Unido de la Gran Bretaña como España y Portugal están desarrollando sistemas de captación de este tipo de energía. En las islas británicas se está realizando numerosos ensayos, en Escocia durante 11 años estuvo en funcionamiento un equipo de 75 KW en la isla de Islay, la experiencia obtenida durante ese tiempo ha permitido su reemplazo por un equipo mucho mayor de 500 KW Gran Bretaña ha invertido en proyectos de aprovechamiento de energía undimotriz 5 millones de libras en los últimos 5 años y aprobó un proyecto de 42 millones de libras.

Portugal realizó la compra en Escocia y está experimentando un dispositivo denominado Pelamis de forma tubular y está considerando la instalación de un parque marítimo con una serie de estos dispositivos para la producción de energía eléctrica para el uso domiciliario. Tanto en los países nórdicos de Europa como

en Corea y Japón están creando dispositivos para capturar esta energía desde muelles e incluso en Japón se ha desarrollado un yate que utiliza la energía undimotriz para su desplazamiento e iluminación.

En el ámbito sudamericano existen experiencias en Ecuador, Chile y Brasil. En este último país se llevará a cabo un proyecto para captar la energía de las olas en su embate contra una escollera creada "ad hoc"; este proyecto está en ejecución y es liderado por la Universidad Federal de Río de Janeiro en el Estado de Ceará.

El Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos de Norteamérica ha fijado como política de estado una serie de metas para lograr el auto abastecimiento energético; en este sentido está trabajando fuertemente en el desarrollo de biocombustibles, la energía eólica, solar y geotérmica, como así también está analizando el tema undimotriz a partir del estudio de 8 propuestas tecnológicas y 5 lugares geográficos para su aplicación.

Las ondas son el medio por el cual se desplaza la energía; en la figura 3 se realizará una breve descripción de los distintos tipos de ondas marinas y su capacidad de transportar energía. Como se puede apreciar en la Fig. 3 las ondas originadas por el viento son las de mayor

contenido energético y por ende serán aquellas destinadas a la obtención de esta energía. Las causas de su formación son:

- Los desplazamientos que se producen debido a la atracción que ejercen sobre las masas oceánicas tanto el sol como la luna; el resultado son las mareas.
- La variación de temperatura produce modificaciones en la presión atmosférica que a su vez genera grandes desplazamiento de aire en la forma de todo tipo de tormentas.
- La aparición de los acontecimientos sísmicos o erupciones volcánicas generan grandes movimientos ondulares que se propagan grandes distancias en forma ondular.

Tipos

- Olas
- Mar de fondo
- Mar de leva
- Rompientes
- Resaca

Clasificación

- Superficiales
- Internas: aparecen debajo de la superficie debido a la variación de la densidad del agua
- Progresivas: sus crestas se trasladan en una sola dirección
- Estacionarias: permanecen en un mismo lugar

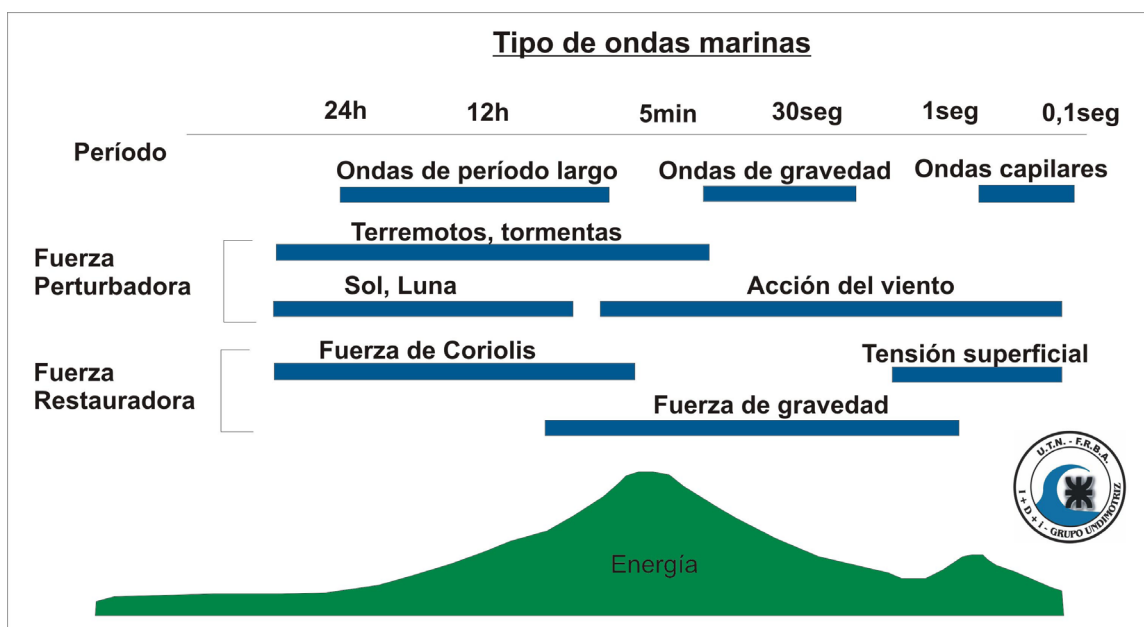


Fig. 3. Tipos de ondas marina

Fuente: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria, Pedro Fernández Díez

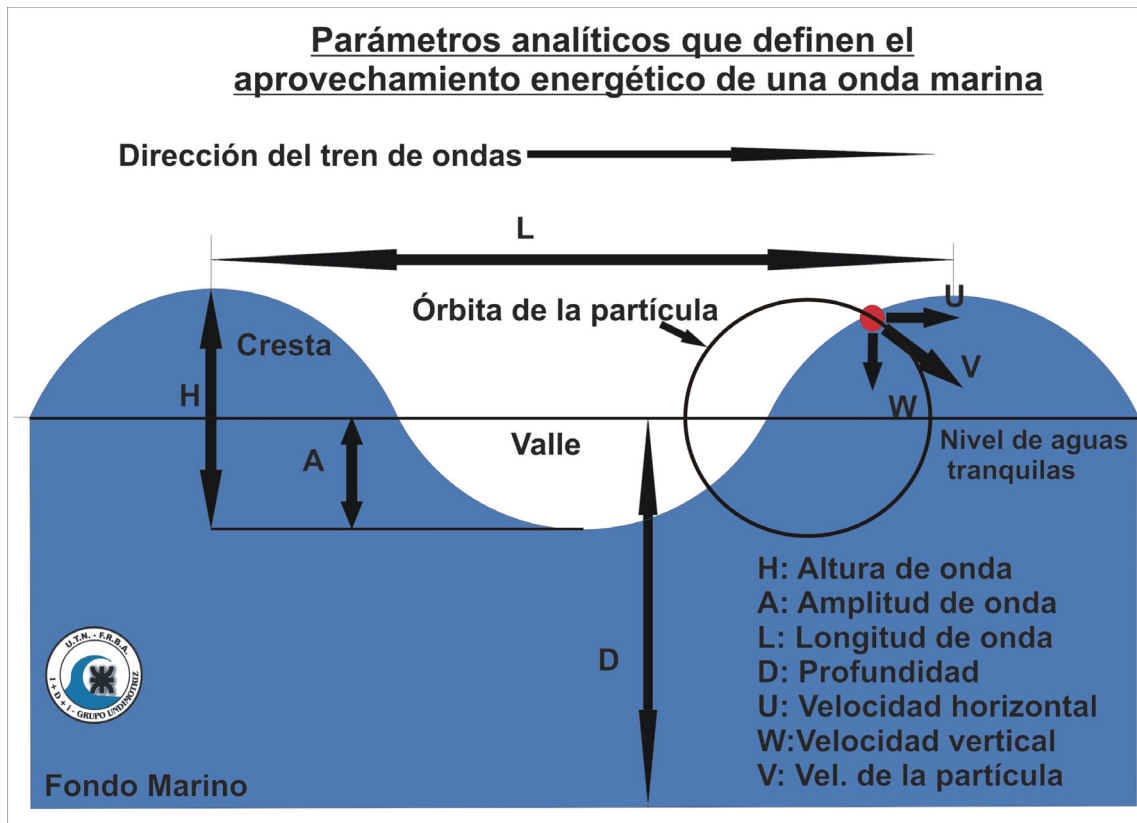


Fig. 4. Parámetros analíticos que definen el aprovechamiento energético de una onda marina

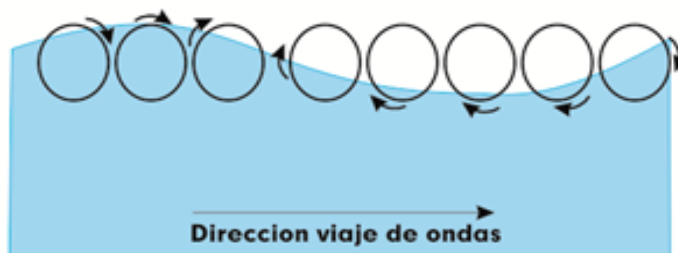


Fig. 5. Movimiento circular definido por las ondas

Duración de una onda

- Viento: 0 a 500 segundos
- Tormenta: 50 a 500 segundos
- Tsunami: 500 a 6 horas
- Mareas: cada 6 horas

En la Fig. 4 se describen los parámetros analíticos que intervienen en la caracterización de una onda marina

Considerando las características corpusculares de las ondas, en la Fig. 5 se establece la trayectoria circular de una partícula en la

superficie del mar.

Distribución de energía según la dirección de las ondas

En gran parte de nuestro litoral marítimo las ondas marinas que se acercan a la costa tienden a ordenarse y alinearse debido a la escasa profundidad que existe, pero en aguas profundas es decir alejadas de la costa las ondas se desarrollan plenamente en forma libre.

Los estudios que brinda la bibliografía de nuestro país nos remite a un trabajo presen-

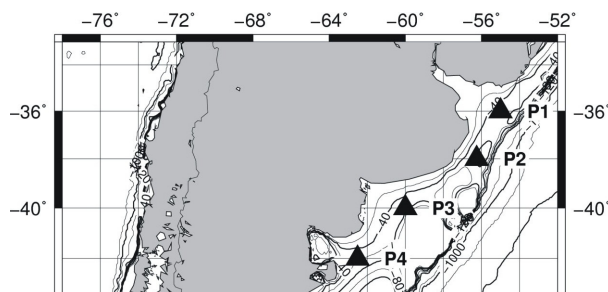


Fig. 6. Ubicación de los puntos de análisis

Fuente: [3] Ricardo Das Neves, Sonia Chandare. Caracterización del recurso undimotriz en el litoral Argentino.

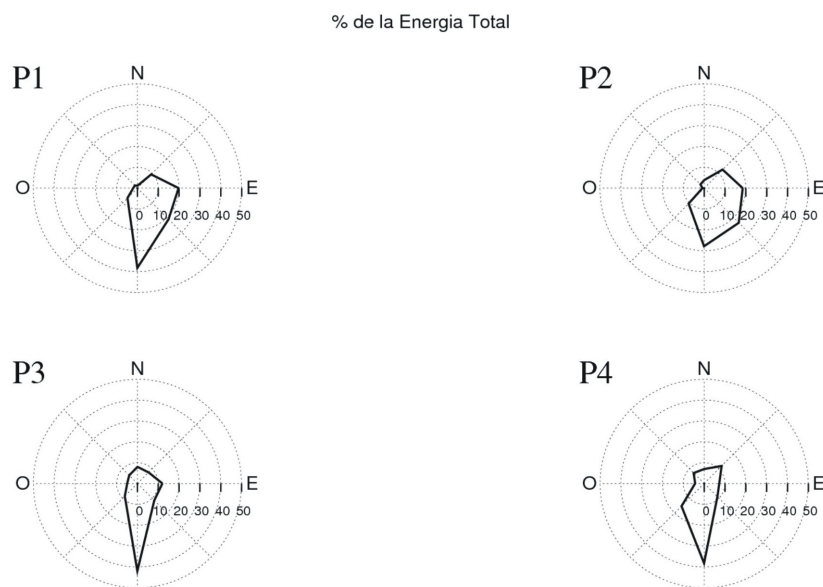


Fig. 7. Gráficos de distintos puntos oceánicos de la costa patagónica donde se refleja la dirección y la energía que contienen las ondas marinas

Fuente: [3] Ricardo Das Neves, Sonia Chandare. Caracterización del recurso undimotriz en el litoral Argentino.

tado en el Congreso Mundial de Ingeniería de Buenos Aires. Bicentenario 2010 donde a 100 Km de la costa patagónica.

En la Fig. 7 se pueden observar unos gráficos donde se puede apreciar la energía en función de la variabilidad de dirección de ondas en distintos puntos de aguas profundas en el Mar Argentino (Fig. 6), este tipo de herramienta permite determinar la mejor ubicación de los equipos de captación de energía para obtener el rendimiento máximo.

Para el cálculo de la energía disponible del recurso undimotriz se debe tener en cuenta la altura de las olas y de esta forma se puede determinar la potencia (KW/m de frente de onda).

En la fig. 8 a partir de estudios del comportamiento oceánico los anteriores sitios de estudios se puede visualizar en los gráficos la relación entre la potencia de las ondas con respecto a la ocurrencia del fenómeno y además se indica la energía total.

El dispositivo ideal será aquel que pueda aprovechar el mayor caudal de ondas tanto en dirección como en altura.

Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es generar una tecnología técnicamente viable, económicamente factible y de bajo impacto ambiental capaz de transformar la energía undimotriz

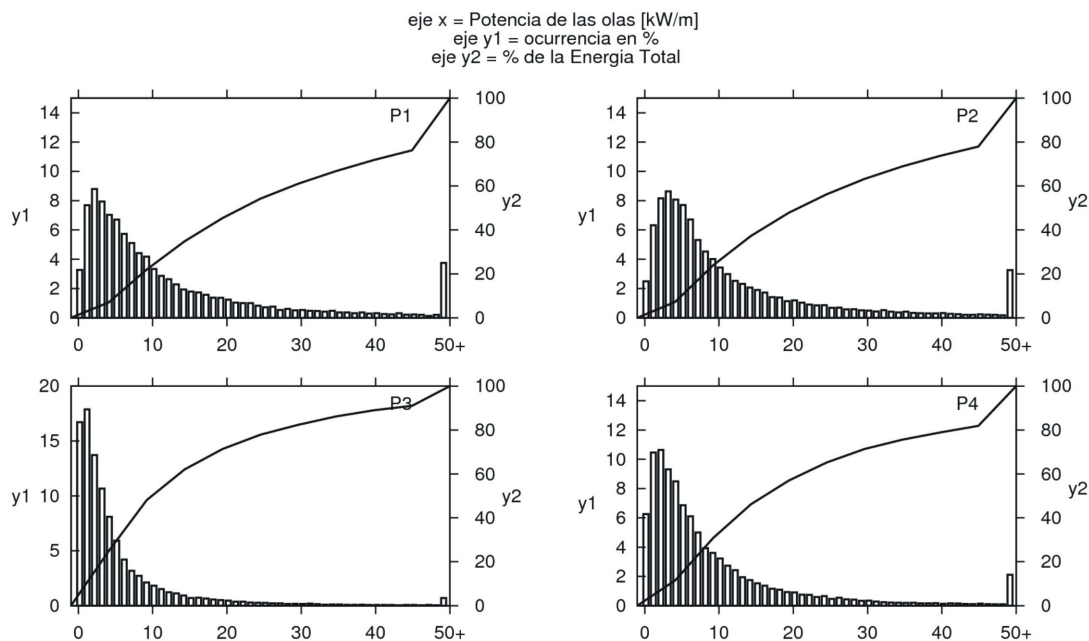


Fig. 8. Gráficos compuestos donde se refleja la potencia de las ondas marinas respecto de la ocurrencia y la energía total

Fuente: [3] Ricardo Das Neves, Sonia Chandare. Caracterización del recurso Undimotriz en el litoral Argentino.

en energía eléctrica además de servir de modelo de estudio para el ámbito académico de un proyecto interdisciplinario que abarca la mayor parte de las carreras de nuestra facultad.

En primer término nos hemos trazado como meta la construcción de un prototipo que se pondrá a prueba en una pileta para ensayos de náutica, a continuación se trasladará la experiencia adquirida en un dispositivo a escala 1:20, el mismo nos permitirá ajustar los parámetros de diseño para finalmente construir el modelo a escala real.

Nuestra intención final es la de generar parques acuáticos con estos dispositivos para abastecer el fluido eléctrico a poblaciones dispersas de nuestra costa patagónica.

El carácter académico de este proyecto nos lleva a la formación de cuadros profesionales en la temática de la investigación tecnológica aplicada, para ello estamos trabajando sobre la base de profesionales docentes que actúen como líderes de grupos constituidos por jóvenes profesionales y alumnos.

Estado del proyecto

En estos momentos nos encontramos aboca-

dos en dar forma al prototipo y a la discusión del generador eléctrico más conveniente.

En todos los grupos de trabajo se siguen investigando e incorporando información bibliográfica, entre otros se están elaborando documentos referidos al estudio de materiales para la construcción del dispositivo, corrosión, pinturas, construcciones oceánicas, oceanografía, cuestiones ambientales y al estudio de energías alternativas.

Tipo de dispositivo

La energía aprovechada será función básicamente del período y la altura máxima de la onda formada, esto nos lleva a pensar que cuanto más tormentosa y agitada se encuentre la superficie mayor será la energía que se pueda obtener, esto es estrictamente cierto; sin embargo, la experiencia internacional nos indica que aún no se han creado los dispositivos confiables capaces de soportar la extraordinaria energía que desarrolla el mar en condiciones extremas, en esos casos solo nos queda detener los equipos captadores y esperar mejores condiciones climáticas.

Nuestro diseño básico consta de un cuerpo donde se aloja el sistema electromecánico

unido a un par de brazos de palanca que en su extremo tienen adosada cada uno una boya. La boya captura la energía del movimiento de las ondas marinas que se trasmite por medio del brazo de palanca al sistema electromecánico donde se genera la corriente eléctrica.

Los aspectos de estanqueidad del dispositivo y durabilidad de los materiales son aspectos de especial cuidado en un ambiente de

trabajo donde las exigencias mecánicas son extremas y los efectos de la corrosión son devastadores.

A continuación en la Fig. 9 se muestra la imagen del dispositivo en funcionamiento en las cercanías de una ciudad costera bonaerense.

Se espera que nuestra propuesta sea la que permita el mejor aprovechamiento de este recurso de características inagotables.

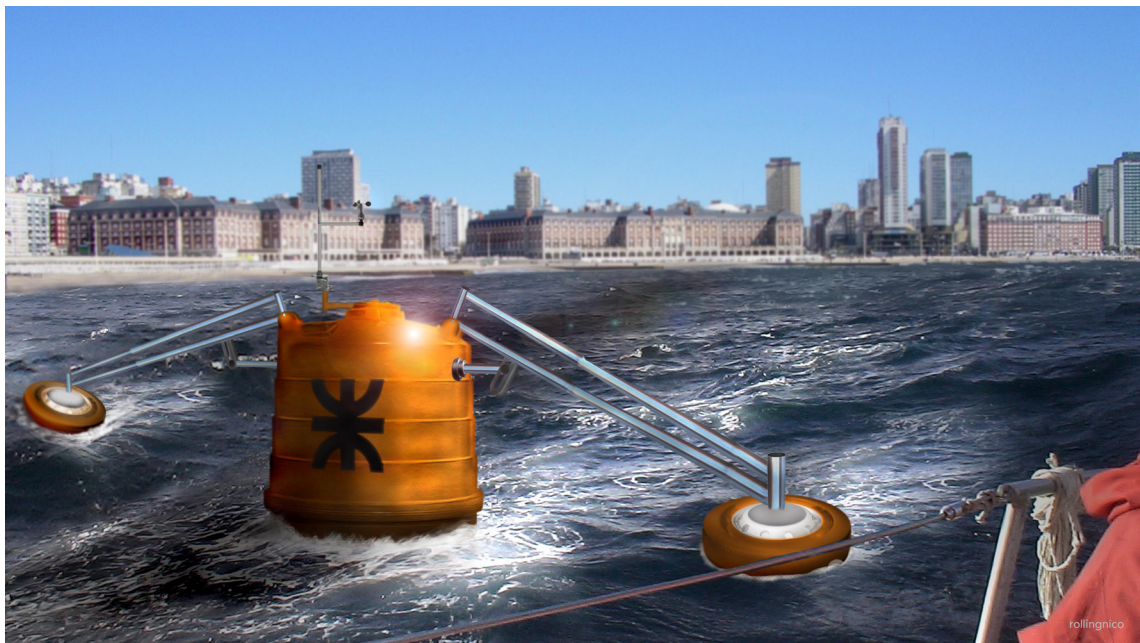


Fig. 9. Imagen descriptiva de un dispositivo en funcionamiento

Cálculo de Energía y Potencia

Se puede calcular la energía de las olas en Joule por metro cuadrado de superficie en función de la altura de la ola mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{E(\text{Joule})}{m^2} = \frac{\rho(\text{kg} / m^3) \times g(\text{m} / s^2) \times H^2(m^2)}{8}$$
$$\approx 1.250(\text{kgm} / s^2 m^3) \times H^2(m^2)$$

Fuente: Fernanda Miguélez Pose, La energía que viene del mar. Ed. Netbiblo S.L. España 2009

Siendo:

E: energía (Joule)

ρ : densidad del agua de mar: 1020 (kg/m³)

g: aceleración de la gravedad: 9,81 (m/s²)

H: altura de onda (metro)

Si tenemos en cuenta la velocidad de un grupo de ondas y el período de las mismas podemos calcular la potencia de una onda por cada metro de su longitud mediante la siguiente expresión:

$$\frac{P(\text{Watt})}{y(m)} = Cg(m/s) \times E(J/m^2) =$$

También se puede expresar de la siguiente forma:

$$\frac{P(\text{Watt})}{y(m)} = \frac{\rho(\text{kg} / m^3) \times g^2(m^2 / s^4) \times t(s) \times H^2(m^2)}{32 \times \pi}$$

$$\approx 1000(\text{kgm}^2 / m^3 s^4) \times t(s) \times H^2(m^2)$$

Como la potencia se considera en kW por cada metro de onda nos queda:

$$\frac{P(\text{kW})}{(m)} = 1 \times t(s) \times H^2(m^2)$$

Fuente: Fernanda Miguélez Pose, La energía que viene del mar. Ed. Netbiblo S.L. España 2009

Siendo:

y: frente de ola (metro)

E: energía (Joule)

t: tiempo (s)

ρ : densidad del agua de mar: 1.020 (kg/m³)

g: aceleración de la gravedad: 9,81 (m/s²)

H: altura de onda (metro)

Cg: velocidad de tren de ondas (m/s)

Por ejemplo:

En el caso que llegue un tren de olas de 2 metros de altura (H = 2 metros) con un período de 20 segundos (T = 10 s) tendríamos una potencia por cada metro de frente de onda (KW/metro) = (2 m)² x 10 s = 40 kW/metro de onda

Ubicación de los dispositivos

Este proyecto fue pensado para la creación de "parques modulares para el aprovechamiento de la energía undimotriz"; la idea es reunir una serie de estos dispositivos para satisfacer los requerimientos energéticos de una comunidad que, en principio, estaría alejada del sistema interconectado de provisión de energía eléctrica.

Además estos "parques" podrían aplicar los excedentes de energía a industrias, la carga de baterías, la generación de hidrógeno o incluso en un futuro como proveedor del Sistema Interconectado Eléctrico Nacional. Los parques de energía estarían ubicados a distancias medias de la costa y el traslado de la energía se realizaría mediante un cableado submarino donde se ubicaría la estación de transformación y distribución de la corriente eléctrica.

A los efectos de minimizar el impacto ambiental, ambos aspectos fueron especialmente considerados pues existe en los integrantes de este proyecto una acentuada vocación por el cuidado del ambiente.

El planteo para el diseño del prototipo experimental se realizó proponiendo a la costa de la Ciudad de Mar del Plata como escenario, allí el promedio de ondas es de 1,2 metros y además tenemos un campo de trabajo con una profundidad que va de los 5 a 10 metros. Este sitio resulta conveniente por la proximidad a la ciudad de Buenos Aires y la logística que puede brindar tanto la Universidad Nacional de Mar del Plata como la delegación de la Universidad Tecnológica Nacional.

Finalmente el grupo de trabajo del área oceanográfica ha determinado que el área patagónica especialmente en las provincias de

Chubut y Santa Cruz presenta diversos sitios donde este aprovechamiento tendría las mejores condiciones de trabajo.

Planteo ambiental

La energía generada a partir de este dispositivo debe ser catalogada como "energía limpia"; esta definición se basa en que no se produce ningún vertido de productos tanto gaseosos como líquidos al medio ambiente, únicamente se aplica la transformación de la energía undimotriz en energía eléctrica mediante un dispositivo electromecánico. No se generan productos residuales ni se emite dióxido de carbono al ambiente; desde el inicio se convino que la realización del proyecto tomaría en cuenta las leyes y las regulaciones inherentes al cuidado del ambiente.

La instalación de los dispositivos se realizaría en lugares específicos de la superficie oceánica que se denominarán "parques modulares de energía undimotriz". En este escenario, la disposición de los dispositivos tendría carácter de semi sumergidos a una distancia media o lejana de la costa y además el cableado sería subterráneo. Las unidades de transformación de la energía eléctrica se situarían en forma discreta en la costa; por lo tanto el proyecto tendrá un bajo impacto visual.

El impacto de esta propuesta resulta muy bajo si la comparamos con la masiva utilización de los aerogeneradores eólicos situados

en áreas off shore de Holanda y Dinamarca tal cual se puede apreciar en la Fig. 10.

Tanto los materiales de construcción como las pinturas y los productos lubricantes deberán pasar por los controles de calidad que certifiquen su biodegradabilidad y su bajo impacto. Estos parques ocuparán un reducido espacio en el suelo marítimo; sin embargo se realizarán estudios en cada lugar para determinar qué efecto tendrán para la actividad turística y si hubiera, para la pesca comercial. Se considerarán los aspectos vinculados a la posible modificación del régimen de flujo de las corrientes marinas para evitar cambios en la morfología de las costas o generar cambios significativos en la flora y la fauna marina.

Conclusiones

En un futuro cercano las matrices energéticas estarán constituidas por las energías renovables, por lo tanto debemos estar preparados para ello, nuestro potencial en biomasa es enorme y resulta sin duda una clave de nuestra economía (agricultura, ganadería y biocombustibles), los avances en energía eólica y solar son indicios que estamos entendiendo lo que sucede y nos estamos preparando, ahora nos falta dar un paso más y ser pioneros en la búsqueda de otras alternativas que resultan de potenciales indiscutidos tal como aquellas derivadas del mar.

Las ondas marinas son una fuente de energía

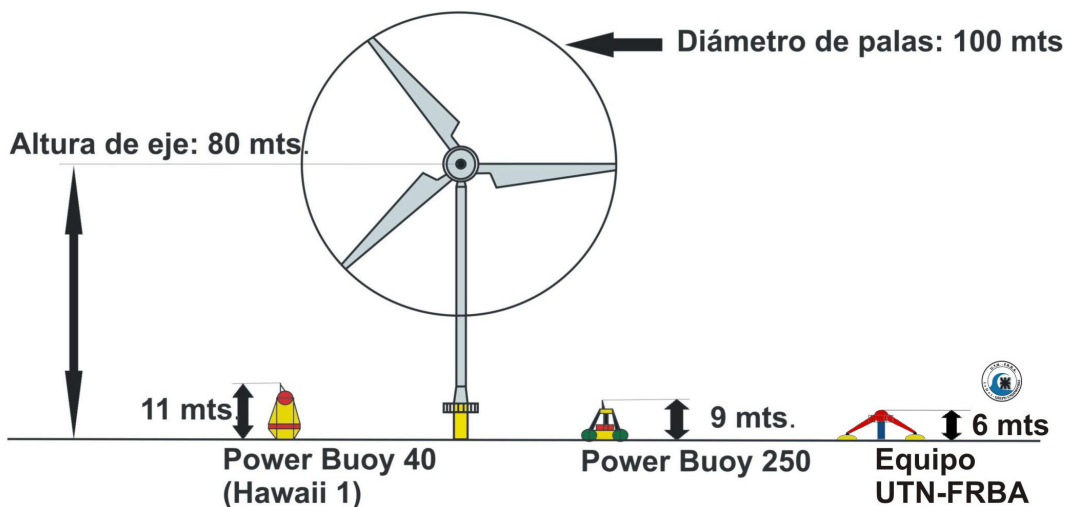


Fig. 10. Comparación del Impacto Visual

inagotable y limpia es decir representa una excelente oportunidad para la generación de energía eléctrica en forma sustentable.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades del Departamento de Ingeniería Mecánica y a la Secretaría de Ciencia,

Tecnología e Innovación Productiva de la UTN FRBA quienes, brindan su apoyo constante para el continuo crecimiento de este proyecto. Además queremos hacer mención al Dr. Walter Legnani, Director de Ciencia y Tecnología del Rectorado de la UTN quien con su aliento y consejos permitió la concreción formal de este grupo de investigación.

Referencias

- AHAMMED, A.K.M.R, NIXON, B.M, (2006) " Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia". *Environmental Impact Assessment Review*, 26, 426-447, Australia.
- CARTA GONZÁLEZ, J. A.; CALERO PÉREZ R., COLMENAR SANTOS A., ALONSO, FALTA INICIAL DEL NOMBRE, CASTRO GIL M. (falta año) "Centrales de energías renovables". Editoriales: UNED y Pearson Prentice Hall, España
- DAS NEVES GUERREIRO, R. J.; CHANDARE S. M., (2010) "Wave power potential in Gulf of San Jorge. Patagonia, Argentina". Congreso Mundial de Ingeniería. Buenos Aires, Argentina.
- DORIAN, J., (2005) "Global Challenges in energy". *Viewpoint. Energy policy*, 34, 1984/91. US.
- HUERTAS-OLIVARES, C., (2006) " The EIA approach to wave energy within the European Research Training Network Wavetrain". International Conference on Ocean Energy, Bremerhaven, Germany.
- IBAÑEZ, P., (2006) " Energía Marina: Situación actual y perspectivas". Workshop Red de Pilas de Combustible, Baterías e Hidrogeno, Sevilla, España.
- LEGAZ POIGNON, R., (2006) "Energía Marina: Desarrollo de una planta de energía de las olas en el Cantábrico". 2º Jornada Internacional sobre Energía Marina, Bilbao, España.
- PEIDRO, C. y FERNÁNDEZ, R., (2006) "Análisis ambiental de las energías renovables, verdes más verdes". Comunicaciones a la Conferencia Internacional sobre Energías Renovables y Tecnologías del Agua, Almería, España.
- SARMENTO, A., (2004) "Non-technical barriers to large-scale wave energy tilization" International conference on new and renewable energy technologies for sustainable development, Evora, Portugal.
- ROSS, D., (1979) "Energy from waves" Pergamon, (1995) "Power from the waves" Oxford University Press, (2001) "Scuppering the waves" Open University Network for alternative Technology, UK.
- THORPE, T. W. (1999) "A brief review of wave energy" UK Department of Trade and Industry, UK. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de Norteamérica. Programa Wavewatch III. Fuente para la obtención de las condiciones oceánicas.
- Niveles extremos de mareas observadas en la provincia de Buenos Aires. Servicio de Hidrografía Naval Argentino.
- Técnicas que aprovechan la energía de las olas. <http://libros.redsauce.net/>
- World Energy Statistics and Balances. 2008. National Renewable Energy Laboratories. US. -2011-

