

La energía de las olas y sus posibilidades en Uruguay.

Introducción

En el marco de la convocatoria del Fondo Sectorial de Energía 2009 de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería (IMFIA) desarrolló el proyecto "URU-WAVE Evaluación de la utilización de la energía de las olas en Uruguay".

Los objetivos del proyecto fueron:

- Estudiar prospectivamente las tecnologías existentes para la generación undimotriz.
- Determinar el potencial undimotriz del país sobre la base del establecimiento del clima de olas en el mar territorial uruguayo.
- Construir la capacidad de estudiar convertidores de energía undimotriz (WEC por sus siglas en inglés) mediante modelación física y numérica.

En este artículo se presentan los principales aspectos de la temática y los resultados obtenidos en lo que respecta al segundo objetivo del proyecto: La determinación del potencial undimotriz de Uruguay.

La energía undimotriz

Recurso con alta densidad energética.

La energía de las olas o energía undimotriz se considera una forma indirecta de la energía solar. Las diferencias de temperatura en la Tierra generan el viento que al soplar sobre los cuerpos de agua dan lugar al oleaje. Una vez desarrolladas, las olas pueden propagarse largas distancias en aguas profundas disipando muy poca energía. Esta cualidad es la que hace que el recurso undimotriz se presente de forma más concentrada que otras fuentes de energía como la eólica o la solar. Además de la alta densidad energética y de ser renovable, limpia y autóctona, la energía undimotriz presenta otras ventajas como la proximidad entre las zonas de generación y consumo de la energía (Debido a que la mayoría de la población se concentra en la zona costera), la fiabilidad con la que se pueden hacer predicciones del recurso a corto plazo y su potencial impulso al desarrollo de ramas industriales anexas.

Fuente de energía del mar de mayor potencial.

La energía undimotriz es una de las cinco fuentes de energía del mar.

Además de las olas, es posible aprovechar la energía de las mareas, de las corrientes, del gradiente térmico entre la superficie y las capas más profundas del océano, y del gradiente salino que se obtiene utilizando el mar como fuente de agua salada y un río o laguna como fuente de agua dulce. De las cinco, la undimotriz es la que se presenta como la más prometedora. Esto se debe principalmente a que el aprovechamiento de las otras cuatro fuentes está supeditado a condiciones más restrictivas que limitan los posibles lugares de emplazamiento. Por ejemplo, en Uruguay, la baja amplitud de la marea inviabiliza un emprendimiento mareomotriz. De la misma forma, difícilmente se encuentren sitios donde las corrientes tengan normalmente las velocidades (≈ 3 m/s) que requieren los dispositivos para generar energía a partir de las corrientes. Por su parte aprovechar el gradiente térmico es viable sola-

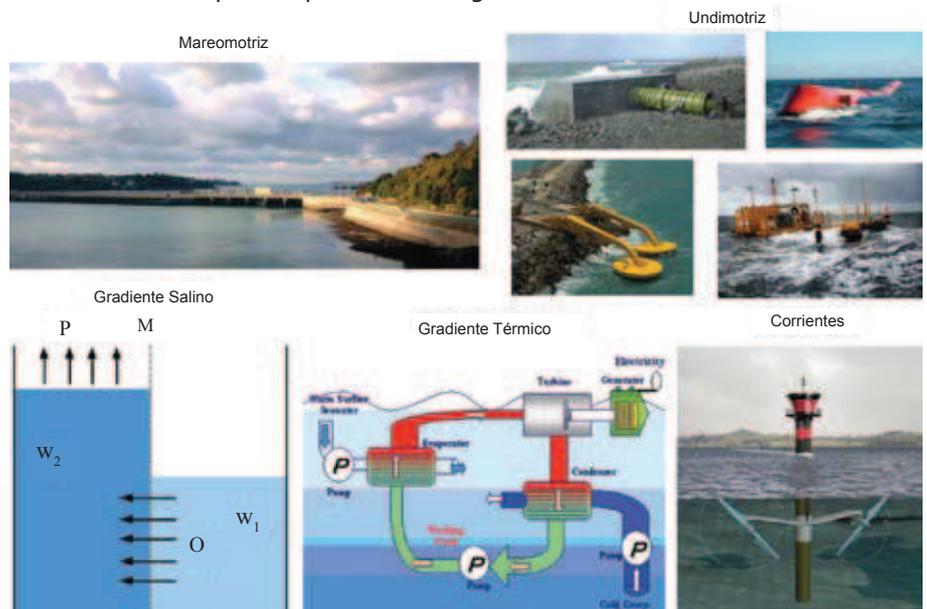


Figura 1-Fuentes de energía del mar

mente en zonas tropicales, mientras que aprovechar el gradiente salino implicaría la construcción de una planta en las proximidades de alguna de las lagunas costeras, lo cual sería fuertemente desaconsejable por su impacto ambiental. Por lo tanto se entiende que la undimotriz es la única fuente de energía del mar plausible de ser aprovechada en Uruguay.

Cálculo de la energía de las olas

Las olas transportan energía en forma de energía potencial gravitatoria, asociada a la elevación de la superficie libre respecto a su nivel de reposo y en forma de energía cinética, pues las partículas de la columna de agua se encuentran en continuo movimiento. La tasa a la cual se propaga la energía de una ola regular en aguas profundas es proporcional a su período (T) y a su altura (H) al cuadrado (Figura 2).

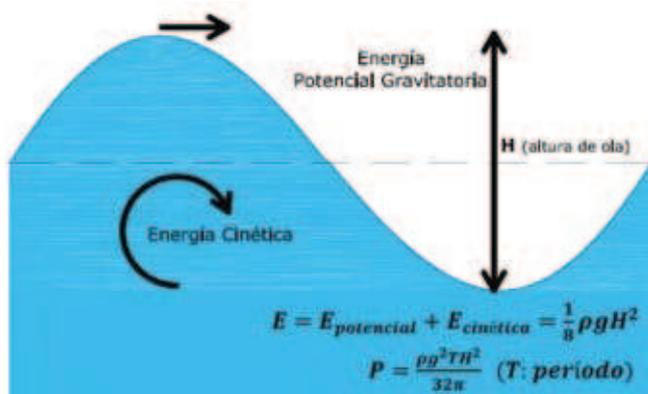
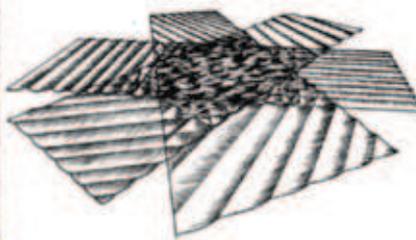


Figura 2 - Energía (E) y potencia (P) de una ola sinusoidal.

En la naturaleza el oleaje es irregular y para su descripción se recurre a un espectro como el que se muestra en la parte inferior derecha de la Figura 3. La potencia de un estado de mar se calcula integrando en el espectro el producto de la energía de cada componente por su velocidad de propagación.



$$P = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho g E(f, \theta) C_g df d\theta$$

($f = \frac{1}{T}$: frecuencia, θ : dirección, C_g : velocidad de grupo)

$$P = \frac{\rho g^2 H_s^2 T_E}{64\pi}$$

Válido para aguas profundas

(H_s : Altura de ola significativa; T_E : Período de Energía)

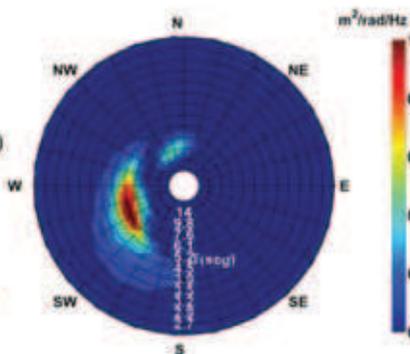


Figura 3 - Espectro de oleaje y cálculo de la potencia de un estado de mar.

Distribución global de la energía undimotriz.

Las zonas de mayor potencial undimotriz corresponden a los bordes occidentales de los continentes, en latitudes comprendidas entre los 40° y 60° (figura 4). Esto se debe a los Vientos del Oeste, constantes e intensos, que tienen lugar en estas latitudes. La magnitud del recurso, sumado a la tradición naval y de explotación de petróleo y gas en plataformas continentales, de los británicos, explica porque el mayor desarrollo de la energía undimotriz tiene lugar en el Reino Unido. En la Figura 4 se aprecia que la zona del Atlántico Sur próxima a Uruguay presenta un potencial medio.

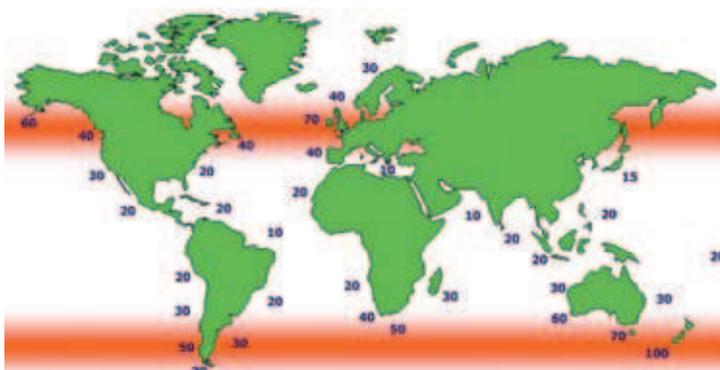


Figura 4 - Distribución global de la energía undimotriz. Tomado de Centre for Renewable Source, 2006.

Evolución histórica y actual nivel de desarrollo de la industria undimotriz.

El aprovechamiento de la energía de las olas, es un objetivo planteado desde hace más de dos siglos. La primera patente al respecto data de 1799. No obstante, y como ha ocurrido con otras fuentes de energía renovables, es a partir de la crisis del petróleo de 1973 que se empiezan a registrar algunos esfuerzos continuos con realizaciones concretas en este campo. Los notables incrementos que ha tenido el precio del petróleo en la última década, agregados a la voluntad de varias naciones de impulsar el desarrollo de fuentes energéticas no contaminantes e independientes de los hidrocarburos, ha impulsado fuertemente el desarrollo de la energía undimotriz en diversos países.

La tecnología de aprovechamiento de la energía undimotriz se encuentra en una etapa de desarrollo inicial, caracterizado por la existencia de diversos proyectos basados en diferentes propuestas de conversión de la energía de las olas, pudiéndose identificar alrededor de 70 empresas de desarrollo. En los úl-

timos años, la tecnología de aprovechamiento de la energía undimotriz se encuentra en una etapa de desarrollo inicial, caracterizado por la existencia de diversos proyectos basados en diferentes propuestas de conversión de la energía de las olas, pudiéndose identificar alrededor de 70 empresas de desarrollo. En los úl-

timos años se ha producido una notoria aceleración en el desarrollo de estas tecnologías, caracterizada por una fuerte inversión en el sector y el desarrollo en etapa pre-comercial de diversos emprendimientos, varios de los cuales ya han sido conectados a la red eléctrica. Es esperable por lo tanto que en los próximos años se producirá, a nivel mundial, un desarrollo de este sector equivalente al producido en los últimos 25 años para la energía eólica.

Clasificación de los dispositivos de conversión (WECs)

La clasificación que se presenta a continuación sigue la que aparece en el Informe: "Estado del Arte de la Energía Undimotriz", elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria para el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, año 2010, y coincide con los criterios más usuales empleados internacionalmente. De acuerdo a esos criterios los dispositivos de conversión de la energía de las olas se pueden clasificar:

- I. Por su ubicación respecto a la costa.
- II. Por el principio de funcionamiento o captación.
- III. Por el tipo de impacto de la ola en el dispositivo.

I. POR SU UBICACIÓN RESPECTO A LA COSTA SE DISTINGUEN:

Equipos costeros (shoreline):

Los equipos costeros son en general estructuras montadas en puntas rocosas, escolleras, o sobre el lecho marino inmediato a ellas, que contienen dispositivos capaces de aprovechar la energía undimotriz de diversas maneras.

Equipos cercanos a la costa (nearshore):

Son equipos instalados en el mar, cerca de la costa y con profundidades de menos de 20 m. Aprovechan fundamentalmente el hecho de que más del 90% de la energía del oleaje llega a las zonas costeras. Además a estos sistemas se puede acceder con embarcaciones

menores y la transmisión de energía a tierra no requiere largas cañerías o cables eléctricos.

Equipos lejanos a la costa (offshore):

Se trata de dispositivos flotantes o sumergidos ubicados en aguas profundas (50-100 m). Son capaces de explotar el mayor potencial energético existente en alta mar. Existen diversos tipos de WEC que operan en esta condición, en fase experimental. Sin embargo, su desarrollo hasta el momento se ha visto retrasado porque deben hacer uso de tecnologías muy fiables y costosas que garanticen su supervivencia en un medio hostil y alejado de la costa.

II. POR EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO O CAPTACIÓN SE DISTINGUEN:

Equipos que operan por diferencias de presión en un fluido:

Son dispositivos basados en el aprovechamiento de la diferencia de presión creada por el oleaje en un fluido, normalmente aire, que opera como medio de transferencia. Existen dos sistemas que han alcanzado un fuerte nivel de desarrollo: Sistemas de Columna de Agua Oscilante y Sistemas que operan por "efecto Arquímedes".

El sistema COLUMNA DE AGUA OSCILANTE (OSCILLATING WATER COLUMN - OWC) consiste en una cámara semi-sumergida que está abierta por la parte inferior de forma que el movimiento de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Cuando la ola incide, el aire se comprime dentro de la cámara y sale al exterior a través de una turbina. Del mismo modo, cuando la ola se retira, el aire fluye hacia el interior de la cámara accionando nuevamente la turbina, que requiere un diseño especial para hacerla girar en el mismo sentido con un flujo bidireccional.

En los sistemas que operan por "efecto Arquímedes" se aprovecha el movimiento de una o más boyas con movimiento vertical para producir un campo electromagnético moviendo un generador lineal, contenido en una cámara. El principio de funcionamiento se



- Civil
- Industrial Mecánica
- Telecomunicaciones
- Eléctrica y Electrónica
- Química
- Naval
- Agrimensura
- Alimentos

Reclutamos los Ingenieros que su proyecto necesita.

Avda. Dr. Luis A. de Herrera 3255 - Tel. 2480 04 04* - ingenieros@advice.com.uy - www.advice.com.uy

basa en la fluctuación de la presión estática originada por la oscilación del nivel del agua al paso de la ola. Básicamente el equipo funciona por medio de una cámara de aire cerrada que puede variar su volumen en función de la presión a la que es sometida. La parte inferior de la cámara se fija al fondo, mientras que la superior puede desplazarse verticalmente. El aire de la cámara se comporta como un resorte cuya rigidez puede modificarse bombeando agua hacia el interior o exterior de la misma (cambiando así el volumen de la cámara).

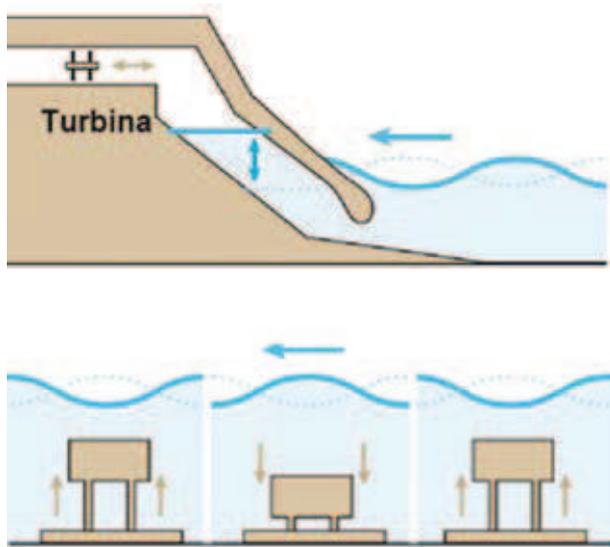


Figura 5 - Esquema de funcionamiento de: Columna de Agua Oscilante (OWC) (izq.) y equipo que opera por “efecto Arquímedes” (der.)

Equipos formados por cuerpos flotantes activados por las olas:

Se trata de dispositivos constituidos por un cuerpo flotante que es movido por las olas. El movimiento oscilatorio que se aprovecha puede ser vertical, horizontal, en torno a un eje (cabeceo) o una combinación de los anteriores. Por otra parte, este movimiento puede ser absoluto, entre el cuerpo flotante y una referencia fija externa (anclaje al fondo o lastre), o bien movimiento relativo entre dos o más cuerpos. Los dispositivos que utilizan una referencia fija son los más abundantes. En estos casos, los esfuerzos a los que son sometidos los amarres de los WECs son importantes; además, estos equipos son sensibles a las mareas, y su instalación y mantenimiento resultan complejos. Los dispositivos basados en el movimiento relativo no presentan estos inconvenientes, sin embargo su dificultad reside en cómo conseguir una referencia fija interna sin pérdida apreciable de rendimiento.

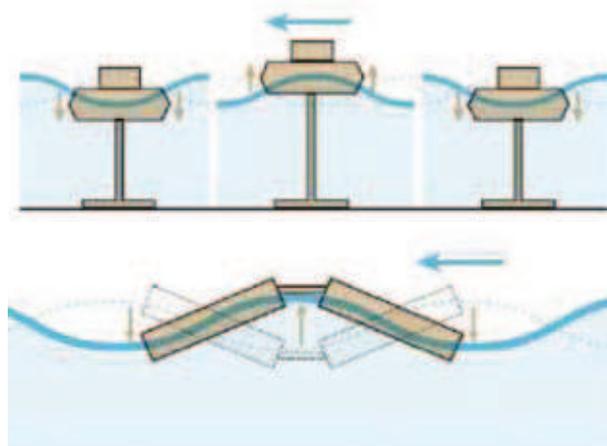


Figura 6 - Esquema de funcionamiento del Cuerpo Boyante con Referencia Fija (izq.), con Referencia Móvil (der.)

De todos los dispositivos existentes, el que está en una fase más avanzada de desarrollo es Pelamis de la compañía escocesa Pelamis Wave Power. También se destacan otros sistemas como el CETO, y el Poseidón Wave Power, que se asocia además con un aprovechamiento eólico.

Equipos que operan por rebosamiento:

Los sistemas de rebosamiento están diseñados para que el agua pase por encima de la estructura y luego propulsen turbinas hidráulicas. Se conocen sistemas de rebosamiento costero y offshore. Los primeros no son muy frecuentes ya que requieren la conjunción de una serie de características naturales en el emplazamiento y el costo de la obra civil requerida es elevado. Un sistema de rebosamiento puede incluir eventualmente un depósito que almacene agua. Los dispositivos que almacenan agua en un depósito en altura utilizan algún tipo de concentrador (canal en cuña o parábola) para incrementar la altura de las olas. Un sistema offshore representativo es Wave Dragon desarrollado en Dinamarca por la empresa del mismo nombre.



Figura 7 - Esquema de funcionamiento del Dispositivo de Sobre-pasamiento.

III. POR SU ORIENTACIÓN RESPECTO AL OLEAJE SE DISTINGUEN:

Absorbedores puntuales:

Son sistemas Indiferentes a la dirección de propagación de la ola. Suelen ser cilíndricos (simetría axial)

y son capaces de captar no sólo la energía de la porción de la ola directamente incidente, sino también la de un entorno más amplio. Generalmente se colocan varios absorbedores puntuales agrupados formando una línea. Los absorbedores puntuales suelen basarse en sistemas tipo boya, como el sistema AquaBUOY de la compañía irlandesa Finavera Renewables o PowerBuoy de la empresa estadounidense Ocean Power Technologies.



Figura 8.- Esquema de la clasificación de los WEC de acuerdo a tamaño y orientación.

Totalizadores o terminadores:

Se trata de dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola (paralelos al frente de la ola). Su anchura eficaz de captación es igual a su longitud. En la práctica, los terminadores tienen una longitud finita y por lo tanto, cuanto más corto sean, más se comportarán como un absorbedor puntual. Ejemplos: Rectificador Russell, Pato Salter.

Atenuadores:

También se denominan absorbedores lineales. Consisten en estructuras alargadas, colocadas en paralelo a la dirección de avance de las olas, de forma que van extrayendo energía de modo progresivo y direccional. En los dispositivos atenuadores el ancho eficaz de captación se amplifica considerablemente ya que, debido a su geometría, extraen la energía de la ola progresivamente. Además están menos expuestos a daños y requieren menores esfuerzos de anclaje que los terminadores, pues las fuerzas se compensan a ambos lados de la estructura, siendo capaces de captar energía por ambos lados de la misma. Un ejemplo es el dispositivo Pelamis.

Costos

Los costos varían mucho dependiendo principalmente de las características del lugar de emplazamiento y del tipo de WEC. Los costos que se encuentran publicados en general refieren a prototipos de gran escala. Estos son más altos que los que se obtienen mediante otras fuentes de energía que ya se encuentran en una etapa de madurez tecnológica. De todas formas se prevé un descenso tanto en el corto plazo como en el mediano y largo plazo. En el corto plazo como consecuencia de mejoras conceptuales en los diseños y del desarrollo de la ingeniería de detalle, mientras que en el mediano-largo plazo producto de la economía de escala y del aprendizaje de la industria a medida que aumenta la capacidad instalada.

En el reporte del año 2011 del programa Marine Energy Accelerator llevado adelante por Carbon Trust se establece que los costos de los emprendimientos evaluados durante el programa se encuentran entre 500 y 750 U\$/MWh, estando previsto un descenso brusco a 290 U\$/MWh producto de mejoras en los diseños y de la ingeniería de detalle. Tomando este valor como costo de base y considerando tasas de aprendizaje correspondientes a industrias similares (0.75-0.95) se alcanzarían costos menores a 50 U\$/MWh en algún momento del período 2020-2035.

Por otro lado si se toma como referencia el informe 2010 de la Agencia Internacional de Energía (IEA), allí estiman que la inversión de capital de un emprendimiento de generación undimotriz varía entre 3000 y 5000 U\$/kW al año 2010 y se estima su descenso a 2000-2450 U\$/kW al año 2050. De la misma forma estiman



GERDAU

Dirección: Teniente Galeano 2250/ Camino Santos Dumont 2239
 Teléfono/Fax: 25142727 – 25142013
 Email: uruguay_ventas@gerdau.com
 Página web: www.gerdau.com.uy

que los costos de producción al año 2010 son de 120 U\$/kW/año y estiman un descenso a 66 U\$/kW/año para el año 2050. Estas estimaciones se basan en los emprendimientos llevados adelante en Estados Unidos y no tienen en cuenta el costo de conexión a la red eléctrica.

Si bien los costos actuales expuestos en uno y otro informe difieren, las proyecciones al mediano-largo plazo son coincidentes. Se destaca que los costos previstos para la etapa de madurez tecnológica son sensiblemente menores a los precios que se pagan actualmente en Uruguay por la energía generada a partir de fuentes renovables.

El potencial undimotriz de Uruguay

Metodología

El potencial undimotriz teórico (También llamado bruto o meteorológico. Refiere al potencial del recurso natural independientemente de la tecnología de conversión) de Uruguay fue evaluado a partir de la información obtenida de modelar el oleaje correspondiente a toda la zona marítima del país y a un extenso período de tiempo.

Se utilizó el modelo de tercera generación WAVEWATCH III (Tolman 1997, 1999a, 2009). El mismo fue implementado en el clúster de servidores de cálculo Cluster-FING, permitiendo a partir de la información

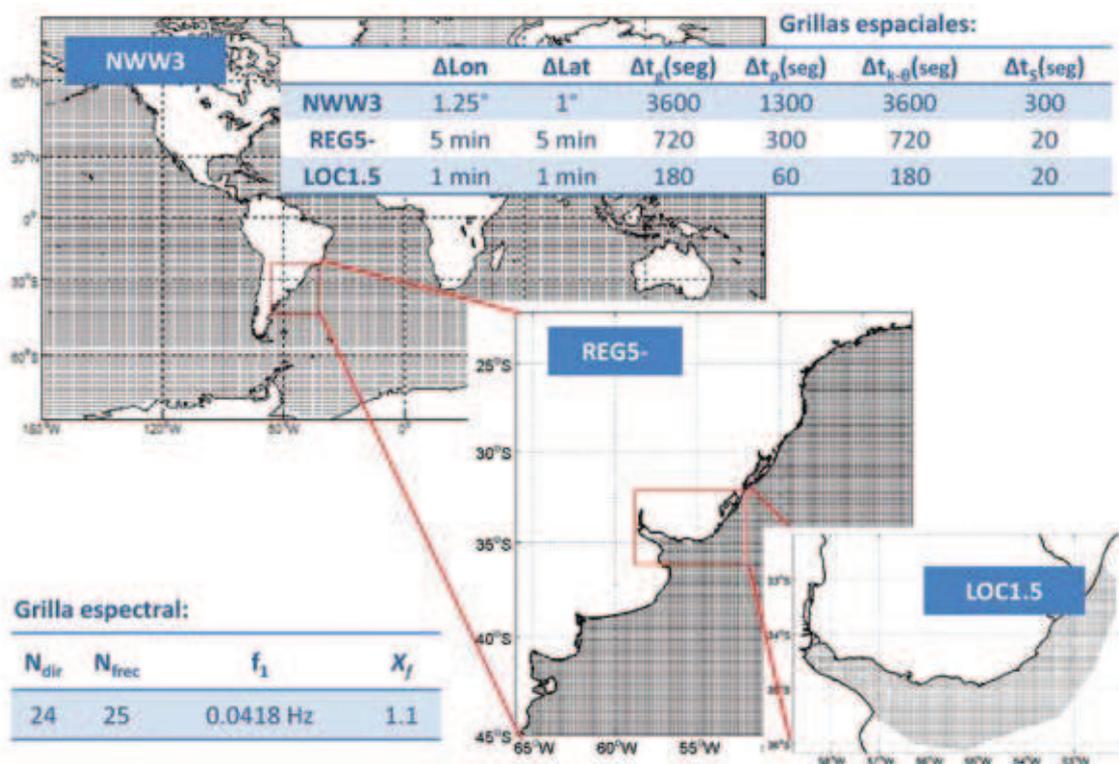


Figura 9 - Grillas de cálculo implementadas.

del campo de viento en superficie, calcular los estados de mar con una resolución espacial de 1.5 km en la plataforma continental de Uruguay y el estuario del Río de la Plata. En la Figura 9 se presentan las grillas de cálculo y sus principales características.

Los datos de entrada al modelo son los campos de viento a 10 metros de altura obtenidos del reanálisis NCEP-CFSR (Saha et.al., 2010). La calibración consistió en contrastar los resultados obtenidos con mediciones in-situ y datos satelitales de oleaje. Las mediciones in-situ corresponden a una boya del tipo Waverider de la empresa Datawell localizada en la zona exterior del estuario y a un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP) instalado en el estuario en las proximidades de Montevideo. Los datos satelitales fueron obtenidos de la base de datos del proyecto GlobWave (Ash et.al, 2010). En la Figura 10 se presenta la localización de los puntos de medición in-situ y las trayectorias de los satélites.

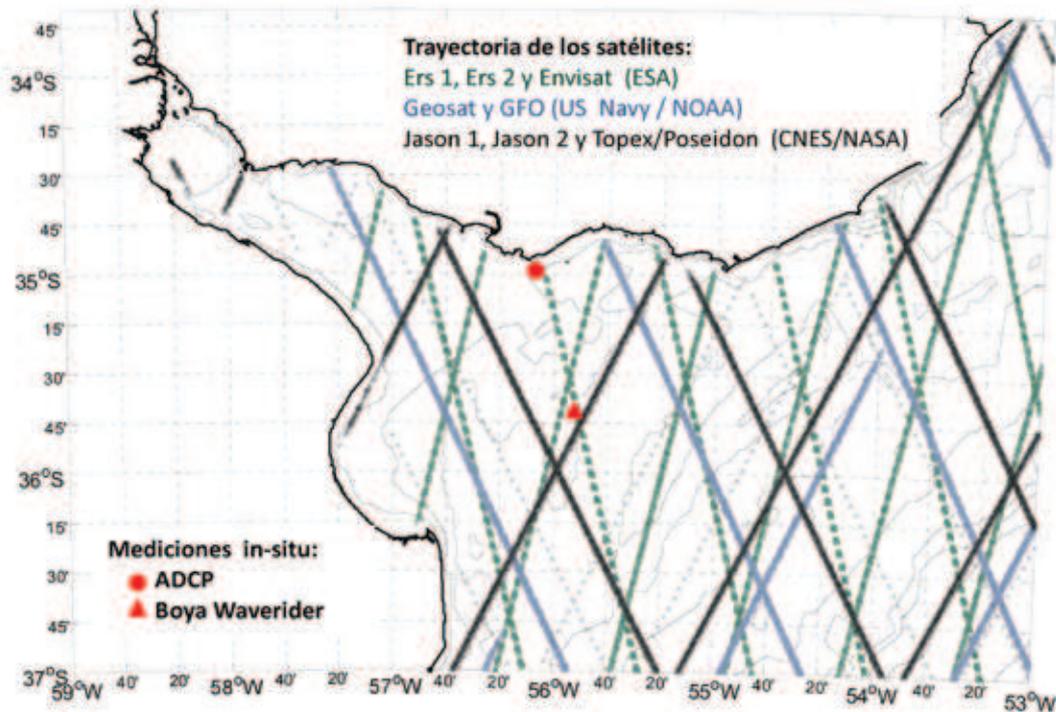


Figura 10.- Ubicación de los instrumentos y trayectoria de los satélites que permitieron obtener datos de oleaje.

Con el modelo calibrado se simuló el período 1980-2010. Las salidas del modelo son los campos de los principales parámetros descriptores del oleaje así como los espectros completos en veinte boyas virtuales. En la Figura 11 se presenta la ubicación de dichas boyas. Diecisiete de ellas se localizaron distribuidas a lo largo de la costa atlántica en profundidades que se encuentran en el entorno de los 20 metros. Mientras que las tres restantes se localizaron distribuidas en el estuario.

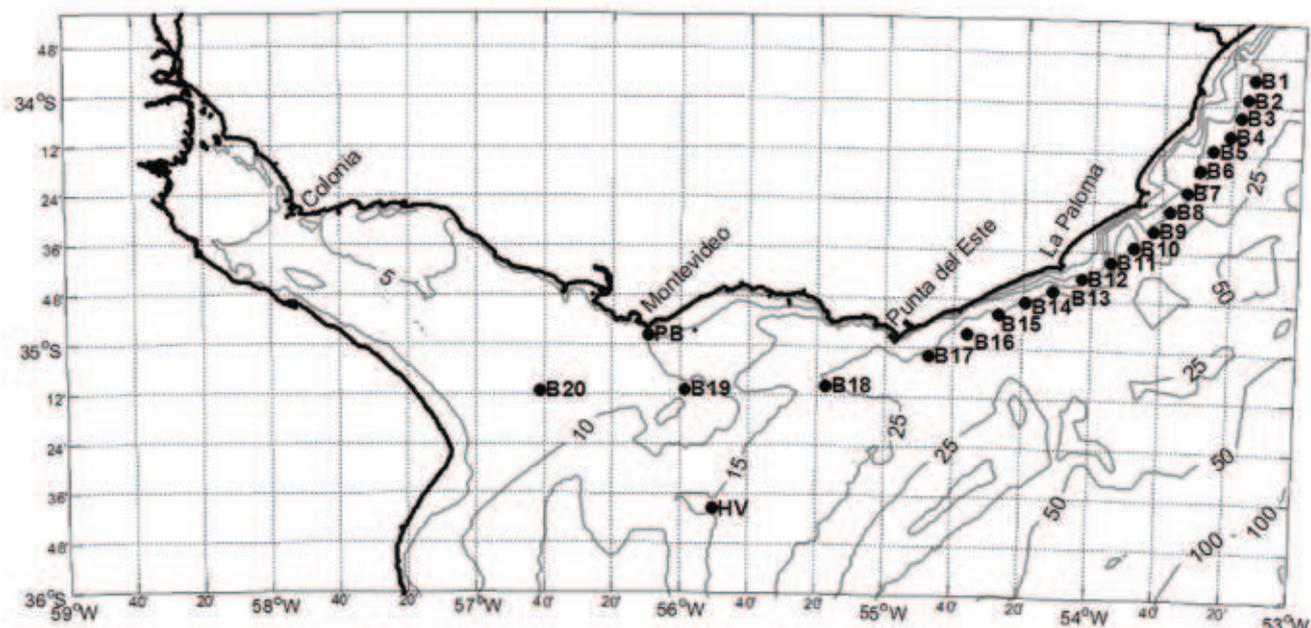


Figura 11 - Ubicación de las boyas virtuales.

Resultados

En la Figura 12 se presenta el mapa de potencia promedio del oleaje, mientras que en la Figura 13 se presentan diagramas de caja de la potencia del oleaje en cada boya virtual.

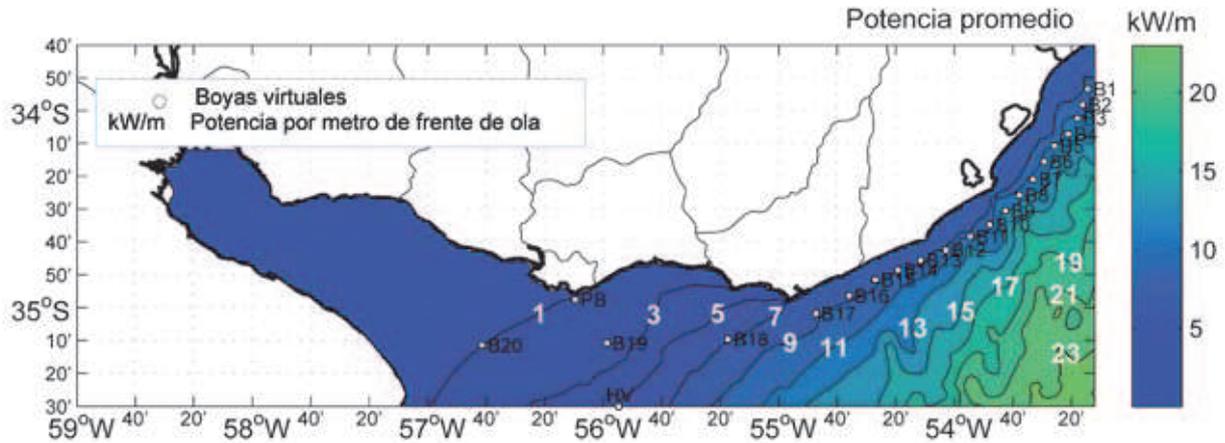


Figura 12 - Mapa de potencia undimotriz del Uruguay.

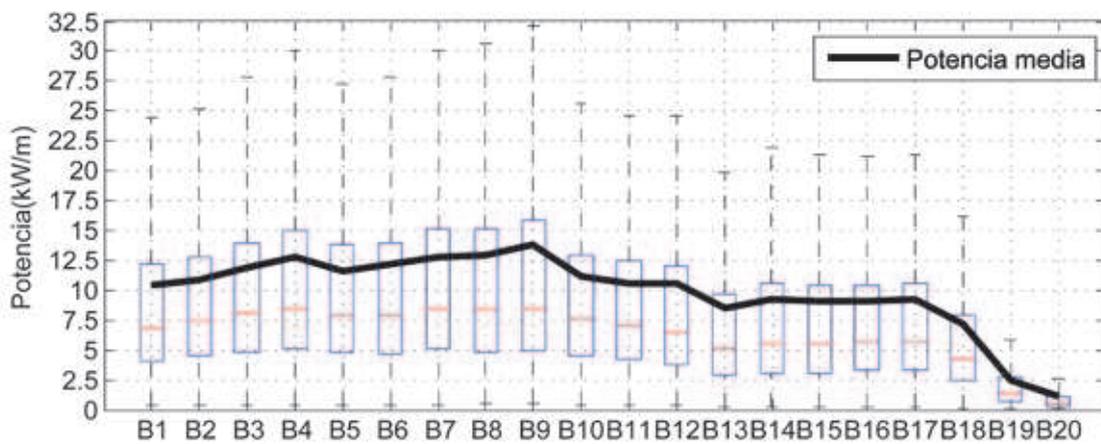


Figura 13.-Cuartiles y promedio de la potencia del oleaje obtenida en las boyas virtuales.

En la plataforma continental, a mayores profundidades, el potencial aumenta. En este sentido se obtuvo una potencia promedio de 20 kW/m a 70 km de la costa y una potencia promedio de 30 kW/m a 200 km de la costa. Por el contrario, adentrándose en el estuario, el potencial decae fuertemente, obteniéndose valores de potencia media en la zona media e interior del estuario un orden menor que los valores obtenidos en la plataforma continental.

En las boyas virtuales correspondientes al tramo Punta del Este - La Paloma (B13-B17) se obtuvieron valores de potencia media que varían entre 8.5 y 9.3 kW/m, mientras que en el tramo La Paloma - Chuy (B1-B12) se obtuvieron valores de potencia media que varían entre 10.4 y 13.8 kW/m. Integrando estos resultados se obtiene que a profundidades de 20 metros y a lo largo de los 200 km de costa atlántica, la energía media anual del oleaje es de 19.3 TWh. Cabe mencionar a modo de referencia que este valor duplica el actual consumo anual de energía eléctrica del país.

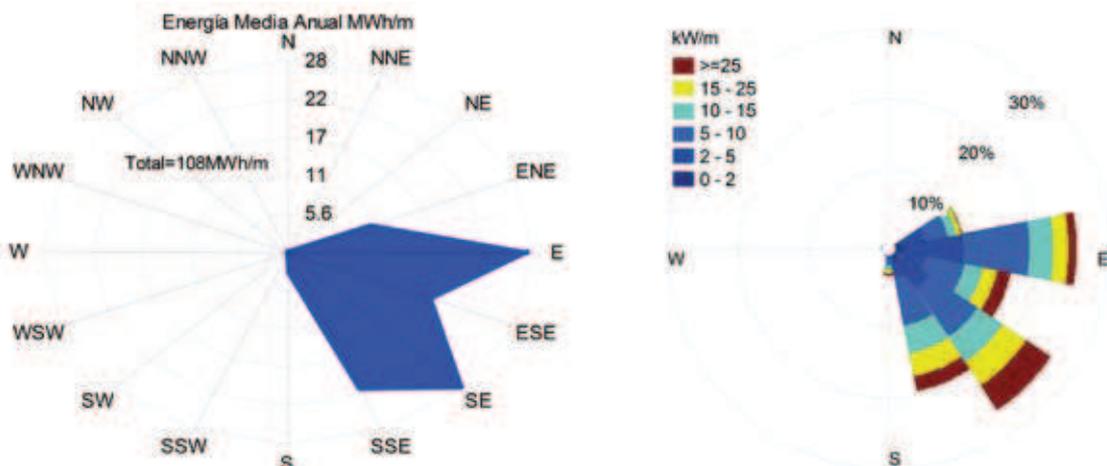


Figura 14 - Rosa de potencia (izq.) y distribución direccional de la energía (der.). Boya virtual B6.

En la Figura 14 se presenta una rosa de potencia y la distribución direccional de la energía obtenida en una de las boyas. En la Tabla 1 se presenta, para la misma boya, la distribución del potencial de energía en rangos de altura de ola significativa y período pico. Estas tablas permiten identificar las condiciones de oleaje que contienen la mayor cantidad de energía, proporcionando así una herramienta para la elección del WEC más adecuado para nuestras costas.

		Tp(s)								
		<2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	>14	Total
<0.5	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	12.0	79.0	35.4	78.7	21.1	43.9	170.1
0.5-1	%Total	0.0%	0.0%	0.8%	6.0%	6.6%	2.2%	1.6%	1.1%	18%
	E(KWh/m)	0.0	42.0	833.2	6699.9	7575.5	2344.0	1547.5	1263.7	20305.7
1-1.5	%Total	0.0%	0.0%	3.5%	7.8%	14.4%	8.6%	4.5%	2.4%	41%
	E(KWh/m)	0.0	51.1	3841.3	8491.2	15379.8	9510.6	4767.3	2504.3	44545.5
1.5-2	%Total	0.0%	0.0%	1.6%	5.0%	5.5%	6.3%	-4.3%	1.5%	24%
	E(KWh/m)	0.0	4.8	1744.7	5627.1	5711.0	6745.8	4898.7	1713.9	26446.2
2-2.5	%Total	0.0%	0.0%	0.1%	2.1%	2.0%	2.3%	2.2%	1.0%	10%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	93.5	2178.8	2118.8	2373.8	2322.8	1137.9	10225.5
2.5-3	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.0%	0.9%	0.9%	0.6%	4%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	1.9	464.6	948.7	878.4	840.1	564.4	3698.2
3-3.5	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	1%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	0.0	54.1	370.8	334.9	306.5	257.5	1323.9
Total	% de Ocurrencia:	0%	0%	6%	21%	30%	21%	14%	7%	
	% de la Energía media:	0.0	97.9	6526.6	23548.8	32280.6	22551.0	14982.1	7755.5	107742.4

Tabla 1.- Distribución del potencial undimotriz en rangos de altura de ola significativa y período pico.

Se observa que el oleaje que contribuye mayoritariamente al potencial undimotriz se caracteriza por presentar altura de ola significativa entre 0.5 y 2 m, período pico entre 6 y 12 segundos y provenir del cuadrante E-S. En cuanto a la variación estacional del recurso, se obtuvo que el 56 % de la energía media anual se debe al

HACIA UNA SOCIEDAD CONECTADA

Cuando una persona se conecta, su vida cambia.
 Cuando todo se conecta, **el mundo cambia.**

ericsson.com/uy

ERICSSON

oleaje que tiene lugar en otoño e invierno y que en estas estaciones predomina el oleaje del sureste, a diferencia de las estaciones de primavera y verano donde predomina el oleaje del este. Mientras que en lo que refiere a la variación inter-anual, se destaca que la misma es poco significativa, siendo la desviación estándar de la energía media anual menor al 10% de su valor promedio.

6 Conclusiones

La magnitud del potencial energético del oleaje estimado en este estudio permite vislumbrar a la energía undimotriz como una alternativa capaz de realizar un aporte significativo a una matriz energética nacional sostenible. Sin embargo, tanto las limitaciones tecnológicas como los conflictos de uso de la zona costera hacen que solo sea posible aprovechar una fracción de este potencial. Estimar la fracción aprovechable de la energía undimotriz requiere mayores estudios, los cuales deberán considerar tanto los aspectos tecnológicos de los dispositivos de conversión como los aspectos económicos y ambientales de este tipo de emprendimientos.

Las vías de avance hacia la obtención de energía undimotriz en Uruguay no quedan totalmente definidas. Las elevadas inversiones iniciales que implica el desarrollo de esta tecnología junto con su relativa inmadurez, determinan la necesidad de recorrer un imprescindible camino de avance en el conocimiento tecnológico y de desarrollo en etapas. La capacidad técnica científica del país a nivel humano, la relativa experiencia en el área de la navegación y mantenimiento de sistemas marinos (Boya petrolera de AN-CAP), junto con la necesidad por demás imperiosa y evidente de ampliar la matriz energética, hacen que ese camino deba comenzar a transitarse cuanto antes. Las instituciones dedicadas a la promoción de la actividad innovadora e investigativa, junto con los sectores académicos, aunando necesariamente el interés de empresas públicas y privadas, deberían en un futuro inmediato afrontar el desafío de que el camino referido se inicie.

Finalmente se destaca que los resultados del proyecto en lo que refiere a la obtención del clima de olas en

toda la zona marítima del país constituye un insumo de primordial importancia para toda actividad que se desarrolle en la zona costera, el estuario y la plataforma continental. En particular, se destaca su relevancia en lo que refiere a la gestión integral de puertos y costas. Esto se debe a que el oleaje es la principal sollicitación a la que se expone la infraestructura portuaria y costera, es una de las principales variables que condiciona las actividades que se desarrollan en el mar (transporte marítimo, operativa de boya petrolera, etc.) y se trata del principal agente forzante de la dinámica costera.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, R. 2012. Evaluación del potencial undimotriz de Uruguay. Tesis de Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada.
- Ash, E.R. and Collard F. 2010. Product User Guide, ESA Globwave Project Deliverable D9, Logica. UK.
- Carbon Trust, 2011. Accelerating Marine Energy. The potential for cost reduction – insights from the Carbon Trust Marine Energy Accelerator. UK.
- CRES (Centre for Renewable Source), 2006. Ocean Energy Conversion in Europe. Current status and perspectives.
- IEA (International Energy Agency), 2010. Energy Technology Perspectives. Scenarios & Strategies to 2050. OECD/IEA, Paris.
- IMFIA, 2011. Dispositivos para la conversión de la energía proveniente del oleaje (WEC) y estudio primario de su aplicabilidad en Uruguay. Proyecto ANII FSE-2009-12.
- Instituto de Hidráulica Ambiental. Universidad de Cantabria. 2010. Estado del Arte de la Energía Undimotriz. Informe Interno.
- Tolman, H.L. 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14.,USA.
- Saha, S., et.al. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. Bulletin American Meteorological Society, Vol. 91, No. 8, pp. 1015-1058. ■

Ing. Luis Teixeira,
Rodrigo Alonso Hauser,
Eduardo Goldsztejn,
Sebastián Solari.



Caja de Jubilaciones y Pensiones
de Profesionales Universitarios

Andes 1521
Teléfono: 2902 8941
www.cjppu.org.uy