

## **ENERGIA PRODUCIDA O EXTRAIDA DEL MAR**

Alberto Gianola Otamendi<sup>1</sup>

Como marinos nos convocan las actividades desarrolladas en el mar. Como ciudadanos del siglo XXI nos preocupa la provisión de energía, presente y futura. De esa provisión, uno de los aspectos más importantes es la generación. Hablemos entonces del mar en la generación energética.

La energía tiene varios pilares: la producción, el transporte, la distribución y eventualmente el almacenamiento. En general, el más debatido es el primero, por los cambios tecnológicos y el impacto ambiental, pues los demás parecieran ser cuestiones más ligadas a las inversiones en infraestructuras que a desarrollos.

El mar tiene un lugar de privilegio en el futuro energético, ya que sus fuentes competidoras parecen irse descartando por razones ecológicas (la generación térmica con combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas), políticas (la generación nuclear), o espacio (la generación hidrofluvial). Otra incidencia determinante es la capacidad generativa constante, para dar respuesta a demanda, en particular en horas pico, lo que a veces desmerece las fuentes solares o eólicas.

Sin embargo, todo queda supeditado, siempre, a la rentabilidad. Es decir al componente económico de la ecuación; porque aunque el metal sea vil, sigue siendo el considerando determinante. Incluso lejos de los foros comerciales, en las academias militares, hablamos siempre los factores AFA (Aptitud, Factibilidad y Aceptabilidad) y en ese último talla la renta.

Tanto al analizar las variables economicistas del problema, como su impacto ambiental, es importante tener en cuenta el ciclo completo de generación. En determinados ámbitos se conoce como “from de well to the wheel”, o del pozo a la rueda, por llamarlo de algún modo. Un ejemplo clásico es que los automóviles eléctricos o híbridos siguen necesitando una fuente de energía que los abastezca, y si bien éstos producen menor emisión de gases contaminantes, las centrales abastecedoras deben ampliar su producción para abastecer esa nueva demanda, generando mayor afectación. De alguna forma en este caso, el impacto ambiental se mantiene casi constante, pero pasa de la ciudad a la periferia.

Pero dejemos ese debate para los especialistas, que tendrán argumentos con mayor sustento. La cuestión es presentar el estado del arte, en la generación de energía en el mar; ya sea con la energía inmersa en las aguas, o aprovechar la superficie marina o fluvial para instalar elementos captadores y transformadores de distintas formas de energía en las que son de provecho para la actividad humana.

Cuando hablamos de energías renovables lo primero que nos viene a la mente es la solar o la eólica, pero existen otras variantes como por ejemplo la energía mareomotriz que aprovecha el movimiento de las mareas. Así, haremos una breve enumeración de energías obtenidas del movimiento del mar, bioenergía (de algas), energía química (de la salinidad), o nuclear, solar y eólica con sistemas basados en los océanos.

### **1. ENERGÍA POTENCIAL DEL MOVIMIENTO DEL MAR**

---

<sup>1</sup> Capitán de Fragata (RE), Capitán de Ultramar (DPO), Perito Naval. Licenciado en Sistemas Navales. Posgrado en Gestión de Riesgos y Desastres (USAL).

El continuo movimiento de las masas de agua marina implica una enorme cantidad de energía continua que la tecnología pretende hacer útil. Las mareas, las corrientes, los flujos de ríos y las olas han despertado el interés y alentado diferentes proyectos.

La energía undimotriz es la que proveen las ondas marinas. Estas se forman, principalmente, a partir de la presión que ejercen los vientos sobre las capas superficiales de agua en el mar, pero está afectada en menor grado por las fuerzas gravitatorias, la rotación de la tierra, el efecto Coriolis, las variaciones de la presión atmosférica y eventualmente el movimiento de placas tectónicas.

Los primeros testimonios sobre la utilización de la energía de las olas se encuentran en China, en el siglo XIII, para operar molinos por acción del oleaje. Al principio del siglo XX, el francés Bouchaux-Pacei suministró electricidad a su casa en Royan mediante un sistema neumático, parecido a las actuales columnas oscilantes. Mientras, se probaban sistemas mecánicos en California.

En 1920 se ensayó un motor de péndulo en Japón. Desde 1921, el Instituto Oceanográfico de Mónaco, utilizó una bomba accionada por las olas para elevar agua a 60m con una potencia de 400 W.

En los años 40, los franceses fabricaron en Argelia dos plantas piloto con canal convergente. En el 58, se proyectó una central de 20 MW en la isla Mauricio, pero no llegó a construirse. Consistía en una rampa fija sobre un arrecife a través de la cual subía el agua a un embalse situado 3m por encima del nivel del mar.

En 1975, se construye un sistema similar en Puerto Rico con el fin de alimentar con agua un puerto deportivo.

Uno de los pioneros en el campo del aprovechamiento de la energía de las olas, fue el japonés Yoshio Masuda que empezó sus investigaciones en 1945 y ensayó en el mar, en 1947, el primer prototipo de un Raft. A partir de 1960, desarrolló un sistema neumático para la carga de baterías en boyas de navegación con una turbina de aire de 60 W, cuyas ventas alcanzaron más de 1.200 unidades.

En los años 70 se construyó en Japón una plataforma flotante de 80 m de largo y 12 m de ancho llamada Kaimei, que albergó 11 cámaras para ensayos de turbinas de aire.

La investigación a gran escala del aprovechamiento de la energía de las olas se inicia a partir de 1974 en varios centros del Reino Unido, donde se estudiaron sofisticados sistemas para grandes aprovechamientos, pero se abandonó casi totalmente en 1982 por falta de recursos económicos.

A mediados de los ochenta, entraron en servicio varias plantas piloto de distintos tipos en Europa y Japón.

## **1.1. PROTOTIPOS DE GENERADORES UNDIOMOTRICES**

### **1.1.a. SISTEMA S.D.E**

El sistema SDE consiste en el aprovechamiento de la presión hidráulica y a través de una turbina se genera electricidad. Existe un modelo operativo en Israel, de un promedio 40 kW, y otro en China de 150 kW, en funcionamiento desde 2012.

### **1.1.b. WAVE STAR**

Es denominado absolvedor multipunto, debido a que está equipado de una cantidad de flotadores, los cuales, por efecto de las olas, accionan unas bombas hidráulicas que conducen aceite bajo presión a una turbina hidráulica, la que a su vez impulsa un generador eléctrico.

En 2006, un modelo a escala 1:10 ha sido probado en la localidad de Nissum Brending en Dinamarca y durante 2007 se instaló un equipo a escala 1:2 de dos flotadores con 25 kW.

#### **1.1.c. PELAMIS**

Se basa en aprovechar el movimiento que se produce en la articulación de la “serpiente marina” mediante pistones hidráulicos.

La energía es enviada a un tanque unificador de presión para luego pasar a una turbina hidráulica conectada a un generador eléctrico.

En las costas de Portugal, se han instalado tres equipos de 750 kW cada uno con 150 m de largo y tres metros de diámetro. Los equipos fueron retirados para hacerles modificaciones técnicas y se creó el nuevo Pelamis 2.

#### **1.1.d. MUTRIKU**

Aprovechando la construcción del nuevo dique de abrigo de Mutriku, España, se ha incorporado al proyecto una planta de energía de las olas con la tecnología de columna de agua oscilante. Esta planta, de 300 kW de potencia y 16 grupos turbogeneradores, es la primera con configuración multiturbina del mundo.

Ocupa 100 metros de dique y es la primer planta undimotriz en conectarse a la red eléctrica española en 2011. Las cámaras de aire que se encuentran dentro del dique son comprimidas por el movimiento ondular del mar. Luego, ese aire ingresa a una turbina de aire bidireccional.

#### **1.1.e. PECÉM**

Una planta piloto fue instalada en el puerto de Pecém en Ceará, Brasil, en 2013. Tiene como antecedente un prototipo a escala de la Universidad de Federal de Rio de Janeiro.

Las boyas absorben la energía undimotriz para comprimir un pistón que envía agua a presión a una cámara hiperbárica. Se homogeneiza la presión para luego ser enviada a una turbina Pelton.

#### **1.1.f. OPT**

En 2009 en las islas Hawaii se desarrollaron dispositivos clasificados como absorvedores puntuales, el último, el Mark 3, en sus fases de pruebas, alcanzó los 866 kW de potencia. Se está desarrollando el OPT Mark 4 que será de 2,4 MW de potencia.

Estos equipos constan de una parte fija, un cilindro central y una parte móvil, la boya exterior.

Aprovechan el movimiento de la parte móvil producido por el oleaje para accionar unos pistones hidráulicos que envían aceite a presión a una turbina acoplada a un generador eléctrico.

#### **1.1.g. DEXAWAVE**

Es un proyecto danés, consta de dos estructuras flotantes unidas mediante articulaciones que mueven pistones hidráulicos, que a su vez, envían agua a presión a una turbina para luego girar un alternador. El prototipo a escala 1:5 fue probado en el Mediterráneo desde 2010 hasta 2012. Su potencia nominal es de 5 kW.

#### **1.1.h. AQUA MARINE POWER – Oyster Project**

El dispositivo consiste en una base sumergida y apoyada en el lecho marino, con profundidades que varían de los 10 a 15 m. Un flotador, que se articula con la base, acciona pistones hidráulicos al ser desplazado hacia adelante y hacia atrás con el vaivén de las olas. Este pistón envía agua a presión a un sistema, ubicado sobre la costa, que homogeneiza la presión y la envía a una turbina Pelton acoplada a un generador eléctrico.

Entre 2009 y 2012, fueron probados equipos de distintas potencias, en las costas de Escocia.

#### **1.1.i. VOITH HYDRO WAVEGEN**

En 2000, en la isla de Islay, Escocia, se ha instalado un equipo de columna oscilante de agua (OWC por su sigla en inglés) con una potencia pico de 500 kW, conectado a la red de la isla. El mecanismo funciona a partir de una corriente de aire que se genera por el movimiento ondular del mar por debajo de una estructura de hormigón. Este aire ingresa a una turbina que hace girar un generador eléctrico.

#### **1.1.j. WELLO OY PENGUIN**

The Penguin WEC (Wave Energy Converter) está diseñado para capturar la energía de rotación generada por el movimiento de su casco en forma asimétrica, que rola y cabecea con el oleaje. Este movimiento se utiliza para acelerar y mantener las revoluciones de una masa excéntrica alojada en el interior del casco. El dispositivo acciona un generador que exporta la electricidad a través de un cable submarino.

Fabricado en Riga, Letonia, el Pingüino es una estructura de 220 toneladas (con exclusión de lastre), de 30 metros de largo y un calado de siete metros. Fue instalado en Billia Croo en 2012. Su potencia nominal es de 500 kW.

#### **1.1.k. AWS OCEAN ENERGY**

AWS es un sistema de absorción multimembrana que opera por el movimiento de las olas y acciona pistones neumáticos, que comprimen el aire para ser enviado a una turbina de aire acoplada a un generador eléctrico.

El prototipo a escala menor fue testeado en las costas del Reino Unido. El equipo comercial tendrá unos 60 metros de diámetro y se podrá instalar en profundidades entre 75 y 150 metros. Su potencia nominal sería de 2,5 MW.

#### **1.1.l. WAVE DRAGON**

El Wave Dragon toma agua que ingresa por el frente del equipo en su parte superior, que es acumulada por unos brazos laterales de 58 metros de largo en total, para luego ser retornada al mar pasando a través de una turbina hidroeléctrica.

El dispositivo fue probado en las costas de Dinamarca desde 2003 hasta 2009. Su potencia era de 20 kW. Actualmente, se está planeando instalar equipos de 4MW en las costas de Gales y en Portugal.

#### **1.1.m. CETO**

Australia demuestra que es posible obtener energía mareomotriz sin necesidad de complejas estructuras. En 2012 creó el concepto de "boyas energéticas", un dispositivo que tendría como objetivo obtener energía a partir de las corrientes marítimas, pero que gracias a que estas boyas están ancladas y no hacen contacto con la superficie, no representarían una inversión en infraestructura o cambios en las rutas de embarcaciones, ya que todo se mantendría bajo el mar.

A inicios de 2015, una compañía inició un proyecto piloto en las costas de Perth, que consistió en instalar una red de boyas conocidas como CETO 5. Estas presurizan el agua y la hacen pasar por un generador hidroeléctrico, para posteriormente enviar la energía a través de un sistema de cables submarinos a tierra. Generan 240 kW. El diseño ha sido un éxito, lo que ha llevado a nuevos contratos para instalar boyas en otras regiones de la costa australiana con la finalidad de usarla en aplicaciones reales, abasteciendo de energía a algunas industrias.

El CETO 6 es una actualización que tendrá la capacidad de generar 1.000 kW. Hará su debut en Garden Island, en la parte oeste de Australia.

El Reino Unido será el segundo país en usar este sistema de boyas para generar energía, pero tendrá una red de hasta 14 boyas CETO 6, por lo que planean obtener entre 10 y 15 MW diariamente, lo que lo convertirá en la instalación de boyas energéticas más grande del mundo.

---

### **1.1.k. CICESE**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) mexicano informó que contribuyó en el desarrollo y optimización de un prototipo que convierte la energía del oleaje del mar en energía eléctrica. El dispositivo flotante utiliza un actuador hidráulico, el cual activa un generador eléctrico, con el que se lleva a cabo la conversión de la energía de las olas en electricidad.

Este proyecto utiliza tres modos de oscilación para la captura del potencial energético contenido en el oleaje para la producción de energía eléctrica. En el mar se tienen seis tipos diferentes de oscilación, tres lineales y tres angulares, por lo que utilizaron tres de esos, mientras que la mayoría aprovecha un único movimiento.

Por cuestiones de propiedad intelectual hay poca literatura confiable al respecto de la eficiencia de los prototipos existentes, pero se estima que la eficiencia máxima sería del orden del 7 al 12%.

En la actualidad este proyecto está en planes de desarrollo en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (Cicese), Baja California.

## **2. ENERGÍA MAREOMOTRIZ**

La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas. Es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas de agua de los mares.

Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad.

De esta manera, se transforma la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. Es un tipo de energía renovable y limpia.

Las primeras plantas de energía mareomotriz utilizaban las cuencas de mar naturales para construir una barrera o represa a través de su entrada y dejaban que se llenara con la marea alta, así, contenían el agua mientras la marea bajaba, y luego la dejaban fluir a través de una rueda hidráulica, rueda de paletas u otros dispositivos de conversión similares. La energía obtenida era usada generalmente para molinos.

### **2.1. CENTRAL MAREOMOTRIZ LA RANCE**

La Rance (Francia) es la primera central mareomotriz a escala exitosa y su impacto ambiental es mínimo. Accesoriamente, la barrera de su dique se usó para construir una ruta, que creó un atajo de 28 kilómetros para los ciudadanos.

La construcción comenzó en 1960, con una presa de 330 m de largo y una cuenca de 22 km<sup>2</sup> con una amplitud de marea de 8 m. La obra se terminó en 1967.

Sus 24 turbinas "Bulbo" de flujo axial de 5.4m de diámetro, de 10 MW cada una, fueron conectadas a la Red de Transmisión Francesa de 225 KV. Estas permiten una generación en ambas mareas.

Produce 0,012% de la energía total consumida en Francia con un pico de producción de 240 MW. La salida anual es de 600 GWh, con aproximadamente 68 MW de promedio.

### **2.2. CENTRAL MAREOMOTRIZ DE KISLAYA (KISLAYA GUBA)**

Ubicada en el mar de Barentz, Rusia, empezó a funcionar como planta piloto en 1968.

Es la segunda del mundo de esta clase y dispone de una turbina bulbo de 0,4 MW.

Los módulos de la sala de máquinas y del dique fueron fabricados en tierra y llevados flotando al lugar elegido.

Fue concebida como banco de ensayos para la instalación mareomotriz de Penzhinsk, proyecto que en la actualidad ha sido suspendido.

La marea es semidiurna, con una velocidad de 3,6 m/seg y amplitud media de 2,4 m.

El embalse de 1,1 km<sup>2</sup>, tiene dos depresiones de una profundidad de 36 m separadas una de otra por una zona de 3 m de profundidad.

### **2.3. CENTRAL MAREOMOTRIZ ANNAPOLIS ROYAL**

Está ubicada en el río Annapolis en la Bahía Fundy, en la frontera entre los EEUU y Canadá. La amplitud máxima de la marea puede alcanzar los quince metros.

La altura del dique es de 30,5 m y la longitud de 46,5 m. El aprovechamiento se consigue con una turbina axial Straflo, de 4 palas. Está en experimentación desde 1984, produciendo 18 MW, con un consumo de 400 m<sup>3</sup>/seg. Incorpora un alternador de 144 polos.

Funciona como turbina sólo en un sentido, tiene mayor rendimiento que la Bulbo y no está todavía desarrollada para funcionar como bomba, por problemas inherentes a la estanqueidad del alternador.

### **2.4. CENTRAL MAREOMOTRIZ JINDO - ULDOLMOK**

Jindo es una estación de energía de las mareas ubicada en Uldolmok, Corea del Sur.

El gobierno puso en funcionamiento la planta en 2009, a un costo de U\$ 10 millones para una capacidad instalada de 1 MW.

Posee turbinas Gorlov de triple hélice de 1 m de diámetro y 2,5 m de longitud. Se utilizan para recoger de flujo cruzado de las fluctuaciones de las mareas y generan 2,4 GWh al año, lo suficiente para satisfacer la demanda de 430 hogares.

En junio de 2011 se agregó una potencia 0,5 MW. Se planeaba aumentar esta capacidad de 1 MW a 90 MW, debido al aumento de la demanda, simultáneamente al desarrollo de la central eléctrica de 254 MW Sihwa Lake Tidal.

El proyecto es generar 5.260 GWh a través de la energía mareomotriz en 2020.

El Estrecho Uldolmok experimenta velocidades de corriente de marea que exceden los 6,5 m/s, con el ancho del estrecho de aproximadamente 300 m.

### **2.5. CENTRAL MAREOMOTRIZ SIHWA LAKE TIDAL**

Sihwa Lake, en Corea del Sur, es la instalación de energía mareomotriz más grande del mundo, con una potencia total de 254 MW, que supera los 240 MW de la Central Rance Tidal que fue líder durante 45 años, antes de 2011.

Posee diez turbinas bulbo de 25,4MW de potencia.

La estructura utiliza un dique construido en 1994 para la agricultura y la mitigación de inundaciones. El costo del proyecto fue de U\$ 293 millones, aproximadamente 1 millón de dólares por MW.

La media de amplitud de la marea es de 5,6 m. El área de la cuenca es de 43 km<sup>2</sup>, aunque esto ha sido reducido por la recuperación de tierras y diques de agua dulce.

La energía se genera sólo en las entradas de las mareas. Este enfoque poco convencional y relativamente ineficiente ha sido elegido para equilibrar una mezcla compleja de uso del suelo y del agua, la conservación del medio ambiente y las consideraciones de generación de energía.

### **2.6. CENTRAL MAREOMOTRIZ JIANGXIA**

La planta de Jiangxia se encuentra en Wuyantou, China.

La capacidad instalada actual es de 3.200 kW, generados a partir de una unidad de 500 kW, una unidad de 600 kW, y tres unidades de 700 kW. Se propuso instalar una sexta unidad de 700 kW, pero esto aún no se ha realizado. La instalación produce hasta 6,5 GWh al año.

Jiangxia alimenta la demanda de energía de los pueblos en un radio de 20 km, a través de una línea de transmisión de 35kW.

La amplitud máxima de las mareas en el estuario es de 8,39 m.

#### **4. ENERGIA DE LAS CORRIENTES MARINAS Y FLUVIALES**

Se trata de un concepto muy antiguo de empleo del flujo de corriente sobre rotores o turbinas generatrices.

##### **4.1. TURBINA FLUVIAL TIPO GIROMILL**

En 1980-1982, tuvo lugar el desarrollo de una turbina para corriente fluvial de 3 m de diámetro en Sudán para bombear agua de riego en el Nilo. Usa un rotor de flujo cruzado, de eje vertical denominado tipo Giromill.

En su origen es una turbina eólica. Pertenece a la primera generación de dispositivos de aprovechamiento de las corrientes marino-fluviales y está basada en el uso de componentes convencionales de ingeniería y sistemas para lograr una fiabilidad razonable con un mínimo costo.

Tiene un sistema flotante compuesto dos flotadores cilíndricos con sendas aletas inferiores para ayudar a mantener la alineación del conjunto con la corriente y los amarres correspondientes.

##### **4.2. TURBINA MARINA DE FLUJO AXIAL BACKGROUND, DE LOCH LINNHE**

Se trata de una turbina de estudio, sumergida en el seno de una corriente marina, situada en Loch Linnhe, Escocia, desarrollada entre 1992 y 1993. Fue la primera turbina marina generadora.

Era de flujo axial, con un diámetro de 3,5 metros y estaba suspendida por un pontón catamarán.

Alcanzó una potencia de 15 kW, para una corriente de 2,25 m/seg. Se estimaba que era posible obtener una energía de 20 TWh/año, a un costo de 0,15 E/Kw.

##### **4.3 TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO KOBOLD**

En California se desarrolló una turbina prototipo de flujo cruzado en 1981, de 20 kW y estimó que su potencia podría alcanzar los 45 kW. Posteriormente, se instaló en el estrecho de Messina (Sicilia) una de 6 m de diámetro que genera unos 50 kW con una corriente de 2,4 m/seg.

A finales de 1990, se instaló un segundo modelo de flujo cruzado 130 kW de tres palas, montada sobre una plataforma flotante de forma cilíndrica amarrada al fondo. Allí, la velocidad de las corrientes es de 1,5 m/s a 20 m de profundidad. Del resultado del modelo numérico y físico, se estima una eficacia máxima del 42% para la turbina Kobold.

Este tipo de turbina tiene elevado valor del par de arranque y doble sentido de rotación, es decir es independiente de la dirección de la marea. Puede trabajar con una velocidad de corrientes bajas (1,2 m/seg), sin necesidad alguna de dispositivos externos que ayuden a hacer girar el rotor. Tienen buena eficacia, funcionamiento simple y bajo mantenimiento.

##### **4.4. TURBINA MARINA DE FLUJO CRUZADO TIPO GORLOV-SAVONIUS**

La empresa americana probó modelos de turbinas verticales de flujo cruzado con palas helicoidales (tipo Savonius) para aprovechar las corrientes en ríos y en la corriente del Golfo de México.

Salter diseñó una gran turbina de flujo cruzado que podía llegar a proporcionar 10 MW con una corriente de 4 m/seg, dotada de diez palas apoyadas en unos anillos arriba y abajo, dirigidas por bombas hidráulicas de tipo leva.

##### **4.5. TURBINA MARINA EN CONDUCTO**

A diferencia de la energía potencial provocada por las mareas (como ocurre en El Rance) y de las turbinas inmersas en un flujo de corrientes, este modelo canadiense de 1990 consta de turbinas de flujo cruzado, dentro de conductos para aumentar la potencia extraída.

Se ha estimado que se puede conseguir un aumento de cinco veces de la energía extraída respecto a las que no están en ducto. Con este concepto se planteó la construcción de una planta en la que se pretende hacer circular el agua por un estrecho, donde irían instaladas un gran número de turbinas capaces de producir 2200MW.

#### **4.6. TURBINA MARINA-FLUVIAL EN CONDUCTO (VERBUND)**

La central eléctrica de Verbund, sobre el río Danubio, en Freudenu, Austria tiene esclusas marítimas al aire. Una de las turbinas utilizadas (KW Agonitz) puede ir instalada tanto en sistemas de dique, como en vertedero.

En los ensayos del prototipo del año 2000, se obtuvo un récord de rendimiento y un óptimo comportamiento en el funcionamiento.

Consiste en una nueva disposición para el aprovechamiento de la energía del agua. Se utilizan turbinas Kaplan de eje horizontal, con rotor de 1,12 mts. de diámetro, que generan entre 200 y 600 kW, dispuestas matricialmente (5 turbinas), dependiendo del espacio disponible y del flujo de agua. Trabajan en un rango continuo.

Se pueden instalar en estructuras existentes.

#### **4.7. TURBINA MARINA DE CENTRO ABIERTO**

El Centro de Energías Marinas de Orkney, en Escocia, está probando desde 2004 una turbina marina de eje horizontal virtual denominada de centro abierto.

En la parte externa del equipo se encuentra el generador eléctrico. Es posible subir y bajar el equipo para mantenimiento y análisis. Su instalación no permite orientar el rotor en dirección del fluido.

#### **4.8. GENERADOR MARINO OSCILANTE CON LA CORRIENTE**

En Yell Sound, Escocia, donde las corrientes son de 2 m/seg, en 2002 se instaló un prototipo (llamado Stingray) de 150 Kw. de potencia.

Se trata de un perfil alar que al oscilar con las corrientes marinas, varía su ángulo de inclinación para obtener un movimiento ascendente y descendente que se usa para generar electricidad.

Tiene, aproximadamente, 20 m de ancho y 24 m de alto. Se ubica montado sobre un brazo horizontal. Las corrientes mueven de arriba a abajo el ala montada sobre el brazo, lo que acciona unos cilindros hidráulicos de aceite a presión. La presión es enviada a un motor hidráulico conectado a un generador eléctrico. La salida alimenta a un convertidor de corriente continua, que la transporta por un cable submarino hasta una estación convertidora de corriente alterna. Actualmente, se está desarrollando la idea de instalar una planta de 5 MW con este tipo de dispositivo. A partir de los resultados obtenidos la empresa está diseñando una segunda generación capaz de proporcionar 500 kW.

#### **4.9. TURBINA FLUVIAL DE CORRIENTE DE FLUJO LIBRE (FREE FLOW)**

En el río Mississippi, Estados Unidos, se instaló en 2009 una turbina experimental de corriente fluvial, con palas de paso fijo de 35kW de potencia, apta para velocidades de 1 a 3 m/seg.

Fue desactivada, luego de cumplir con los objetivos previstos.

Se trataba de un prototipo comercial, del tipo de turbina "envuelta" que canaliza el agua a través de las hojas del rotor. Las palas están diseñadas para una velocidad de rotación lenta con el objetivo de minimizar los golpes a los peces.

Las turbinas se ubicarán a diez o más pies del lecho del río. A esta profundidad, el agua se mueve entre uno y tres metros por segundo de media.

#### **4.10. TURBINA MARINA DE CORRIENTE GESMEY**



Se instaló en Gibraltar en 2008, con palas de paso fijo y una potencia de 10 kW. El diseño permite explotar la energía de las corrientes marinas de una velocidad máxima inferior a los 2 m/seg, situadas a profundidades superiores a los 40 metros.

El rotor se compone de tres palas de fibra de carbono unidas a un núcleo de acero inoxidable. Dispone de un alternador síncrono de imanes permanentes, refrigerado por agua, que no requiere de alimentación para la excitación, ni elementos auxiliares como rectificadores. En consecuencia, posee un mantenimiento más sencillo y un mejor rendimiento.

Fue desactivado al terminar el estudio.

#### **4.11. TURBINA MARINA DE CORRIENTE SEAFLOW / SEAGEN**

En el año 2003, en Harland & Wolff, Irlanda, se instaló un rotor Seaflow, de 0,3 MW, de flujo axial, bipala de 11 mts de diámetro, con un control de ángulo ataque de pala montado sobre una única columna pivote, afirmada en el fondo. El conjunto se ubica sobre una única columna pilote de acero de 2,1 metros de diámetro, que se coloca sobre una profundidad de agua entre 24m ± 5m. Los rotores y carcasas de generador se ubican por encima del agua para el mantenimiento. El transformador y las conexiones eléctricas a la red son visibles y accesibles en la caseta de servicio sobre la parte superior de la columna pilote.

El funcionamiento es similar al de un aerogenerador eólico, de forma que el flujo de la corriente marina hace girar el rotor. El buje del rotor puede orientarse 360° alrededor de la columna en que está sujeto para estar siempre frontal a la corriente.

El sistema ofrece integridad estructural, bajo costo de mantenimiento e impacto ambiental poco significativo. Para las operaciones de mantenimiento se la asciende a la superficie. En las pruebas realizadas se consiguieron eficiencias del orden del 40% y la obtención del 25% de la energía disponible.

En 2006, se inició la segunda fase, el proyecto Seagen, que consistió en un generador con dos hélices bipalas de 16 m de diámetro, para producir 1 MW al girar entre 10 y 20 rpm.

Funciona con flujos de agua en dos sentidos, y extrae entre cinco y diez veces más energía por m<sup>2</sup> que un aerogenerador eólico de la misma potencia, debido a que el agua es un fluido mucho más denso que el aire. Esto implica máquinas más pequeñas y eficientes.

El costo actual calculado con esta tecnología es de 10 céntimos de euro/kW, similar al de un generador eólico.

#### **4.13 PROYECTO MEYGEN**

Firmado en 2010, es el mayor proyecto mundial de generación con turbinas marinas de flujo de mareas. Situado en Pentland Firth, Escocia, abastecerá de 398 MW, durante un período de leasing de 25 años.

#### **4.14 TURBINA DE RIO/MARINA DE CORRIENTE ARGENTINA**

Desde 2014 el INVAP, de Argentina, estudia turbinas de 1 kW; de 4,5 kW; 30 kW de corriente río-marina, con palas de paso fijo.

La turbina cuenta con un canalizador de flujo que acelera localmente la corriente de agua para lograr velocidades adecuadas para generar energía. El rotor es de paso fijo, acoplado directamente a un generador multipolos de imán permanente, capaz de generar tensión y frecuencia variables y con la electrónica de potencia necesaria para entregar corriente alterna 220/380V – 50 Hz. Durante la etapa de desarrollo, se ha diseñado y fabricado un rotor en tamaño subescala (de 1 kW), para ensayarlo en un flujo de agua libre (en río, sin venturi canalizador de flujo) con el objeto de caracterizar el rotor en condiciones de flujo no perturbado, lo más laminar posible.

Luego se propone el primer prototipo de unos 4,5 kW, que consta de dos rotores gemelos, lo cual resulta especialmente apropiado para cursos de agua con poca profundidad. De esta manera, se obtiene una potencia final de entre 9 y 10 kW por unidad.

Finalmente presentará el conjunto "Rotor-Venturi-Generador", de unos 30 kW de potencia unitaria, que constituye un módulo de media potencia apto para utilizar en los modelos de turbina de 30, 60 y 90 kW. Dicha potencia final se logra colocando uno, dos o tres rotores gemelos.

## **5. BIO-ENERGÍA**

Una de las mayores curiosidades es la generación energética a partir de biomasa. Hace ya muchos años el INTA desarrollaba generación de gas a partir de los desechos biodegradables de uso doméstico, tambos y criaderos de animales. En el mar hay grandes masas de flora disponible.

### **5.1 MICROALGAS PARA GENERAR ELECTRICIDAD**

El proyecto 'CO2Algaefix', de la Agencia Andaluza de la Energía, destinado a la valorización del dióxido de carbono mediante cultivos de microalgas, no es en realidad un proceso de generación sino de limpieza de los gases de efecto invernadero emitidos por centrales energéticas convencionales.

Este proyecto nació con el objetivo de demostrar la viabilidad de un proceso de captura y biofijación de CO<sub>2</sub> mediante microalgas, en una planta industrial de generación eléctrica. Ha supuesto la construcción y operación de una planta de cultivo de microalgas, a escala preindustrial, utilizando como fuente de carbono los gases de combustión de la central de ciclo combinado de Iberdrola (1.600 MW de potencia instalada), adyacente a la planta.

Las algas son organismos fotosintéticos capaces de convertir, con elevadas tasas de eficiencia, la energía de la luz solar en biomasa, consumiendo para ello dióxido de carbono como nutriente principal y liberando oxígeno a la atmósfera. Esto permite mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las microalgas se visualizan como una opción más de agroindustria del futuro, tanto por sus ventajas frente a los cultivos tradicionales, como por su potencial para paliar simultáneamente las graves crisis del cambio climático y la seguridad alimentaria. Los microorganismos transforman un gas nocivo en fuente de alimentos naturales de ricas composiciones y en otros productos de valor para diferentes sectores socioeconómicos (alimentos humanos y animales, abonos y fertilizantes, productos farmacológicos, etc), con la ventaja añadida de poder emplear las aguas residuales como medio de cultivo.

### **5.2 ALGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE**

A partir de una serie de investigaciones, técnicos y empresarios de Puerto Madryn y Buenos Aires llevan adelante un proyecto que buscaría suplantar la utilización de la leña durante el invierno, con briquetas elaboradas a partir de un alga foránea.

La undaria pinnatifida, es una especie invasora pero comestible, con una presencia que lleva más de dos décadas en las costas de la Península Valdés. La fabricación de briquetas a partir de ella, puede sustituir la provisión de leña. Actualmente dicha provisión es abastecida de deforestación y desmonte del norte del país, de provincias como Córdoba, Chaco, Santiago del Estero, Formosa y Santa Fe.

Para aprovechar las algas, se necesita extraerlas del mar, sacarles el agua con turbinas específicas, secarlas y prensarlas con una fuerza de 200 kilos por centímetro cuadrado. Los técnicos lograron afinar el proceso de elaboración de briquetas con resultados exitosos en sus parámetros

de combustión y poder calorífico. El paso siguiente es desarrollar el sistema de recolección, que garantice la calidad de la materia prima que se procesará.

## **6. ENERGIA OBTENIDA DEL GRADIENTE SALINO**

Este tipo de generación de energía se basa en las interfaces existentes entre agua salada y agua dulce, el agua de mar y agua de río. La mezcla de ambos gradientes genera energía que puede ser transformada en electricidad utilizando procesos apropiados.

Los datos de descarga de agua continental a nivel mundial estiman una potencia aprovechable de más de 1600-1700 TWh ya que hay múltiples enclaves geográficos potencialmente adecuados para estos procesos. Actualmente, no existen plantas comerciales en operación.

Entre las posibilidades que están siendo estudiadas, resaltan dos principales que tratan de aprovechar el diferencial de salinidad, denominadas:

- PRO (Pressure Retarded Osmosis): inventada por Sidney Loeb en 1973. Es similar al principio de ósmosis simple, ya que utiliza la diferencia de densidad entre los cuerpos de agua. Cuando están separados por una membrana, los cuerpos de agua tienden a equilibrarse y generar posteriormente, una gran presión, la cual se puede utilizar para generar energía que combina aspectos de ósmosis positiva y ósmosis inversa. La tecnología consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluye a través de una membrana semipermeable e incrementa el volumen de agua en el depósito, que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica.
- RED (Reversed Electro Dialysis): utiliza el intercambio iónico entre el agua dulce y el agua salada. En un dispositivo de este tipo, los cuerpos de agua están separados con membranas que permiten cruzar a los iones. Aniones y cationes cruzan las membranas y este fenómeno genera energía. Consiste en el proceso inverso a la desalación de agua (mediante membranas selectivas a los iones se crea electricidad en forma de corriente continua).

Ambas tecnologías se basan en la utilización de membranas, por lo que el diseño de las mismas representa el mayor de los desafíos de estos desarrollos. Actualmente, se trabaja con densidades "objetivo" que estén en el orden de los 5 W/m<sup>2</sup>, aunque se considera que es posible alcanzar una potencia de 10 W/m<sup>2</sup>.

En 2009, comenzó a operar la primera planta prototipo, basada en el proceso PRO, que convierte presiones osmóticas en presiones hidrostáticas, útiles para mover una turbina que produce energía eléctrica en Tofte (Noruega). La planta se construyó bajo financiamiento de la Comunidad Económica Europea, en un proyecto denominado "Salinity Gradient Power". Se diseñó para una potencia de 10 kW. Este proyecto se discontinuó a fines de 2013.

Otro proyecto es el denominado Redstack, de proceso RED. Es una planta piloto en el mar de Wadden frente a las costas holandesas. Los cálculos predicen que bajo un flujo continuo de 1000 lts de agua fresca por segundo, mezclada con la misma capacidad de agua de mar, tenga una capacidad de generación de aproximadamente 1 MW. Posteriormente, para 200.000 lts/seg, la planta tendría el potencial de generar 200 MW. Se espera que en tres años logre alcanzar la escala comercial.

## **7. ENERGIA MAREOTÉRMICA**

### **7.1. CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA OCEÁNICA (CETO/OTEC)**

La energía maremotérmica o Conversión de Energía Térmica Oceánica (CETO), es un tipo de energía renovable que permite obtener trabajo útil a partir de la diferencia de temperaturas entre las aguas oceánicas profundas, más frías, y las superficiales, más cálidas.

Pese a un rendimiento relativamente bajo en comparación con otras energías del mar, su aplicación puede ser rentable debido a que constituye un sistema de generación eléctrica con capacidad para funcionamiento continuo, día y noche, las cuatro estaciones del año.

Al usar el agua superficial para calentar un líquido con un punto de ebullición bajo (mediante un intercambiador de calor), este se transforma en vapor que puede mover una turbina para generar electricidad. Luego, este vapor se enfría en otro intercambiador de calor en contacto con el agua fría de las profundidades, para luego reiniciar el ciclo de generación. Es importante aclarar que las diferencias necesarias de temperaturas entre la superficie y los 1000 m de profundidad en los océanos, donde se ubican las áreas potenciales de aprovechamiento, se encuentran entre los 40° de latitud sur y 40° de latitud norte, cerca de 100 países cumplen con esta condición.

La electricidad producida por estos sistemas puede enviarse a la red eléctrica o emplearse para la fabricación de metanol, hidrógeno, metales refinados, amoníaco y otros productos que necesitan electricidad abundante. Se ha pensado en la posibilidad de construir centrales maremotérmicas recolectoras (Grazing Plant, instalaciones de pastoreo), para “recoger energía” en zonas cálidas utilizando la energía térmica del mar. Permite producir hidrógeno mediante electrólisis.

Es una buena forma de “acopio de energía”, tanto para enviarlo a aquellos países con grandes necesidades energéticas, o bien emplearlo para la fabricación de amoníaco y fertilizantes amoniacales. En algunos casos puede resultar redituable también comercializar el oxígeno obtenido.

Su desarrollo es aún embrionario, pues dichas instalaciones tienen condicionantes económicos, ya que las plantas maremotérmicas demandan inversiones de aproximadamente diez veces lo necesario para sistemas energéticos convencionales. Paralelamente, la eficiencia de estas instalaciones es baja en comparación con los rendimientos teóricos de un Ciclo de Carnot. Además hay factores estratégicos, como la distancia de las costas al recurso térmico, la profundidad del fondo del mar y del propio recurso, las variables ambientales (corrientes, olas, tormentas, etc.).

El único método adecuado para el aprovechamiento de la energía térmica marina es el ciclo Rankine aplicado a una turbina de baja presión. Los sistemas pueden ser de ciclo cerrado, ciclo abierto o híbrido. Los sistemas de ciclo cerrado emplean como fluido de trabajo una sustancia de bajo punto de ebullición, como el amoníaco (NH<sub>3</sub>) o el R134A (tetrafluoretano, CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>), para accionar a una turbina, que a su vez arrastra un alternador que genera energía eléctrica.

El agua caliente de la superficie del mar se bombea hacia un intercambiador de calor por el que circula el fluido de trabajo, que se vaporiza al absorber el calor del agua. La expansión del vapor hace girar el grupo turbina generador. Tras la expansión en la turbina, el fluido de trabajo, todavía en fase de vapor, atraviesa un segundo intercambiador de calor por el que circula el agua fría extraída de las profundidades. Se condensa y pasa a la fase líquida, tras lo que vuelve a ser bombeado hacia el primer intercambiador, para reiniciar el ciclo térmico.

Los sistemas de ciclo abierto utilizan la propia agua caliente de la superficie del mar como fluido de trabajo para la producción de electricidad. Esta se introduce en un recipiente que se mantiene a presión inferior a la atmosférica por lo que entra en ebullición y se vaporiza, libre de sales y contaminantes. El vapor en expansión acciona una turbina de baja presión, que arrastra al generador eléctrico del sistema. El vapor expandido se licúa (agua destilada) por el condensador por el que

circula el agua fría de las profundidades marinas. Puede ser empleada como agua potable desalinizada para consumo o riego.

## **7.2. Esquemas Híbridos de Ciclo Abierto - Cerrado**

Asimismo, se han estudiado e implementado ciclos híbridos orientados a la producción, tanto de electricidad como de agua potable, en los que se combinan las características de ambos ciclos, cerrado y abierto. El agua de mar caliente entra en una cámara de vacío evaporándose instantáneamente (*flash vaporizer*). Este vapor de agua pasa por un vaporizador de amoníaco y es el vapor de amoníaco el que acciona la turbina. El vapor de agua ya condensado puede utilizarse como agua desalinizada para consumo o riego.

### **Esquema del Ciclo Híbrido (Ciclo Uehara)**

El sistema de ciclo cerrado original Rankine fue mejorado mediante la implementación de una mezcla amoníaco/agua como fuente de calor. Posteriormente, se implementó el ciclo Uehara, mediante un intercambiador de calor eficiente que utiliza los principios del ciclo Rankine.

Japón cuenta con la única planta operativa OTEC en el mundo. En 1985, completó su planta experimental y en 2009 fue capaz de generar una potencia neta de 20,5 kW utilizando amoníaco - agua como fluido de trabajo. Eso es alrededor del 70% del potencial total, con expectativas de alcanzar en un futuro próximo 1 MW como operación comercial.

A mitad de 2012, un joint venture de empresas japonesas anunció la construcción de una planta Piloto OTEC de 50 kW en las aguas de la isla de Kumejim. A principios de 2014, una iniciativa holandesa evaluaba construir instalaciones similares para la Isla de San Andrés (Colombia).

En 2007, en Arabia Saudita y Kuwait se estudiaba adoptar esa tecnología; y en 2011, Hawaii contrató la construcción de una unidad demostradora de 1 MW de producción. En 2013, se negociaron, otros proyectos en las Islas Caimán para una planta de 25 MW y Bahamas (3-5 MW, de tipo Barcaza).

Francia lleva adelante los esfuerzos de investigación de OTEC's a través de la Dirección de Construcciones Navales, en sus territorios de ultramar. A principios de 2012, comisionó un equipo basado en tierra, que actualmente está funcionando en Saint Pierre, Isla Reunión (Caribe). Es un prototipo de prueba y optimización de parámetros, con un proyecto de diseño de planta de 10-20 MW en un futuro cercano.

Corea del Sur desarrolló una planta piloto de 20KW, que puede ser escalada a 1 MW. En una segunda etapa se escalaría a una planta de 200 KW para 2014 y se avanzaría sobre un diseño para una planta precomercial de 1 MW hacia el 2017. En enero de 2014 se hizo una demostración pública de funcionamiento de la primera planta escalada, y se incorporaron otras fuentes energéticas que posibilitan el funcionamiento de una planta OTEC fuera de las latitudes preestablecidas cercanas a los 40° N/S.

China ha avanzado con la empresa Lockheed Martin (EEUU), poseedora de casi veinte patentes CETO/OTEC, planean diseñar y construir una planta de escala comercial, de 10 MW de capacidad en la isla Hainan, para brindar energía a la comunidad local. La Universidad Shanghai JiaoTong posee seis patentes referidas a OTEC, entre las que se cuenta el diseño de un sistema OTEC recalentado por energía solar.

## **8. ENERGÍA SOLAR CON BASE A FLOTE**

---

A la vera del río Támesis flotan 23.000 paneles solares. Es la mayor planta solar flotante de Europa (128 hectáreas), el equivalente a ocho canchas de fútbol. Esta instalación de 6,3 megavatios, suministra energía limpia a la planta potabilizadora de Thames Water.

Los paneles requieren más de 60.000 flotadores y 177 sistemas de anclaje, necesarios para garantizar su estabilidad incluso en las condiciones climáticas más adversas.

La planta solar flotante ha sido el proyecto estrella del Reino Unido, que en 2015 instaló 3,7GW, liderando la tendencia europea. El costo de la central, fue de 7,5 millones de euros, notablemente superior a una instalación equivalente en tierra, pero sin ocupar valioso terrenos.

## **9. PARQUES MARINOS DE ENERGÍA EÓLICA CON TURBINAS**

Hay una fuerte tendencia a instalar parques o granjas eólicas marinas, porque implicarían menor impacto ambiental y no ocupan extensiones terrestres, ya suficientemente escasas. La presencia de los enormes molinos ya no es extraña para los navegantes o pobladores costeros de Europa, pero citaremos dos ejemplos de iniciativas importantes en curso:

### **9.1. ESTADOS UNIDOS LEVANTA SU PRIMER PARQUE EÓLICO MARINO**

El primer parque eólico marino de Estados Unidos, el proyecto Block Island WindFarm, generará 30 megavatios de electricidad este mismo año.

Está ubicado a 20 kilómetros al sureste de Rhode Island. Constará de cinco torres que sostienen turbinas de seis megavatios, fabricadas en España.

### **9.2. PARQUE EÓLICO EN EL MAR BÁLTICO**

Compañías privadas de Alemania y Noruega realizarán una inversión de 1.200 millones de euros para la construcción de un parque eólico en Arkona, en el Báltico.

Contará con sesenta turbinas de seis megavatios, para suministrar electricidad (a partir de 2019) a 400.000 hogares alemanes, convirtiéndose en uno de los proyectos eólicos en alta mar más grandes en Europa.

La inversión sigue la estrategia de las empresas, controladas por los estados involucrados, de complementar su cartera petrolera y gasífera con energía renovable rentable y otras soluciones bajas en emisiones de carbono.

## **10. ENERGÍA EÓLICA PRODUCIDA POR BARRILETES<sup>2</sup>**

Una iniciativa original en la actividad eólica empieza a emerger y podría generar una nueva tendencia por sus ventajas: la generación de energía eléctrica con cometas, en el mar.

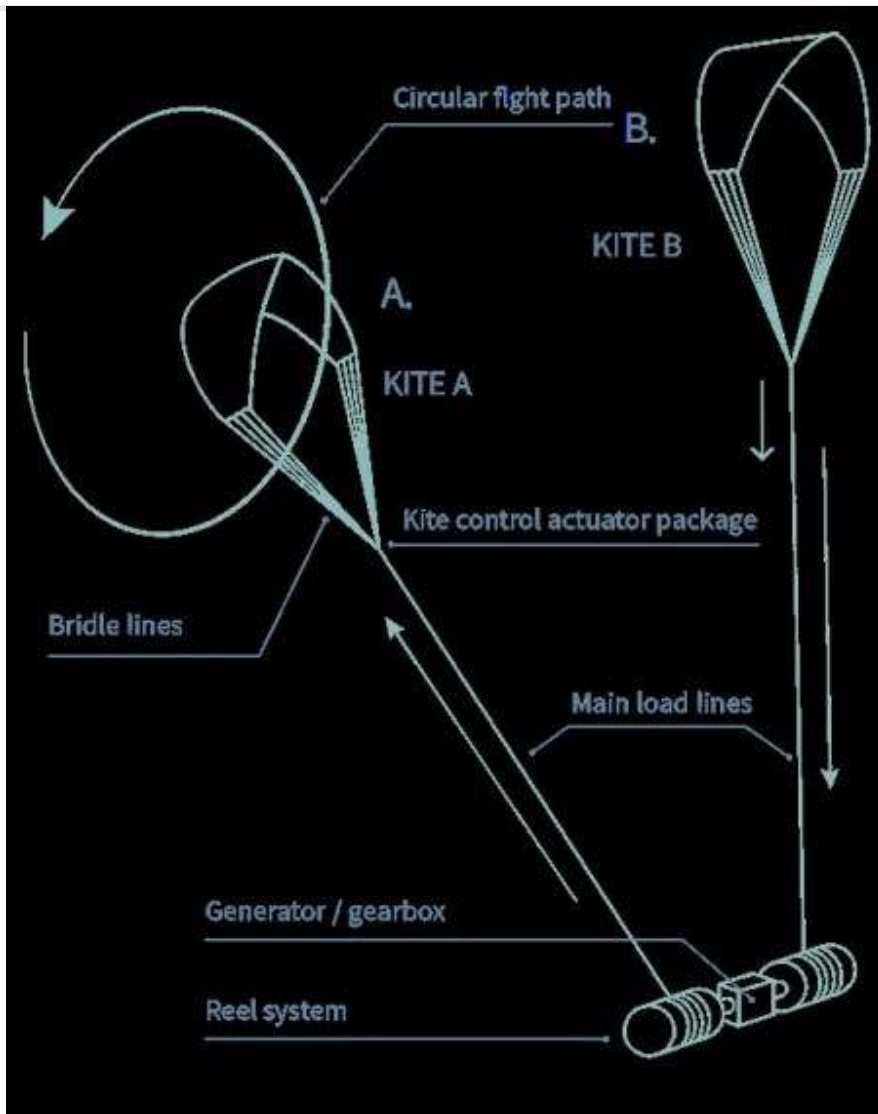
La tradicional generación, basada en el uso de turbinas de viento ha sido la precursora de la opción energética eólica; pero ya hay empresas que buscan opciones más beneficiosas. El milenario cometa, usado como juguete en todo el mundo y como medio de señales militares en la China ancestral, se presenta como alternativa muy viable, si se dispone en series, off-shore.

Los barriletes causan menor impacto ambiental que las grandes turbinas y pueden ser menos ofensivos al entorno, pues no modifican su suelo o configuración con obras fijas, como las grandes torres de acero o concreto. Su instalación parece ser mucho más económica, sin requerir naves especiales, ni ingentes cantidades de metales de aleaciones costosas y delicadas.

---

<sup>2</sup> Tomado De Michael McDonald, 05/01/2016

Si bien hay diferentes modelos de propuestas tecnológicas, en general se basan en el principio de carretes contrarrotantes.





## **11. ENERGÍA NUCLEAR SOBRE PLATAFORMAS**

China parece decidida a construir una plataforma marítima de energía nuclear. La misma podría navegar y proporcionar energía estable para los proyectos en alta mar.

En principio, la primera plataforma estaría terminada en 2018 y puesta en funcionamiento al año siguiente. Fuentes chinas sostienen que se planea construir hasta 20 unidades de ese tipo, dependiendo de la demanda del mercado.

Esta central flotante, podría incrementar significativamente la eficiencia de los trabajos de construcción del país en las islas del Mar de la China, donde subyacen muchas disputas territoriales. Las mismas podrían suministrar energía confiable a los faros, a los procesos de desalinización de agua marina, a los equipos de búsqueda y rescate, a las instalaciones militares, a los aeropuertos y los puertos de sus islas, jugando un papel muy importante en la estrategia a largo plazo de Pekín en el mar de la China Meridional.

## **CONCLUSIONES**

La República Argentina es uno de los países de mayor extensión territorial. Sus 45 millones de habitantes padecen las consecuencias de una ya larga crisis energética, producto de la falta de políticas del área, tanto en la producción, como en el transporte y distribución.

Sin embargo, tiene un litoral fluvio-marítimo de más de 5.000 kms lineales y una superficie marítima en su Zona Económica Exclusiva de más de 1.500.000 km<sup>2</sup>. Mentes inquietas y pensadores visionarios, han hecho estudios de utilización de la energía mareomotriz, en particular en el Golfo de San José y el istmo Ameghino de la Península de Valdéz, desde 1919. Pero las propuestas de Oca Valda, Damianovich-Besio Moreno, Romero-Storni, Erramouspe, Richterich, la empresa Sogreah, Loschakoff, Rodríguez, Fenteloff, Alsina, Federico, Aiskis-Zynglermaris entre las más conocidas, no han logrado transformarse en obras concretas.

Desde las crisis petroleras de 1973 y 1981, y en especial en la última década, el desarrollo científico ha ampliado el espectro de tecnologías disponibles para resolver las dificultades que antaño presentaban los emprendimientos mareomotrices y ha abierto la gama de opciones generatrices en el mar. Hoy se conocen más de 100 diseños operativos a diferente escala.



En el pasado, las mayores objeciones a las plantas de generación marina estaban referidas a sus costos respecto a otras fuentes renovables todavía no agotadas como la hídrica, y los altos costos de transporte desde península de Valdez u otras caletas patagónicas. Esos argumentos deben ser revisados, a la luz de comparaciones de rentabilidad final realistas, impacto ambiental, afectación de superficies terrestres utilizables para otros fines, costos de importación de combustibles y nuevos valores de las líneas de transporte, teniendo ya instalada una red integrada nacional y otras centrales sureñas.

Volviendo al torbellino economicista, es llamativo que nuestro país haya sido precursor en visualizar las posibilidades energéticas del mar, a principios del siglo XX, pero 100 años más tarde, sólo posea un prototipo a escala, sin terminar, de una pequeña turbina. Gran Bretaña, Australia, Francia, China, Corea del Sur, EEUU, Canadá, y otras grandes potencias, han logrado plasmar centrales de diversa magnitud, integrando tecnologías y capacidades industriales, haciéndolas rentables.

Seguramente ningún proyecto fue redituable en sus primeras etapas. Es lo que se conoce como inversión, y tiene sus riesgos. Es una apuesta a futuro. Las naciones con visión y políticas de estado y estadistas de fuste, invierten en la investigación y el desarrollo, estimulan su industria.

Mientras la República Argentina, nuestra patria, siga perdida en el laberinto de ausencia de estrategias, malas gestiones, dirigentes incompetentes y ciudadanos indiferentes, el país está condenado a pagar el alto precio de su ineficiencia, paliando falencias y reaccionando tardíamente para satisfacer sus necesidades más básicas.

El mar, a nuestras espaldas, nos abre inmensas posibilidades de desarrollo; la energía es una de ellas.

Buenos Aires, julio de 2016.-

## **Bibliografía**

- Catálogo Energías del Mar 2014, Proyectos, Iniciativas, Instituciones, sobre energías del Mar Argentino. *1ra Ed., Nov. 2014. GEMA, UTN Facultad Regional Gral Pacheco, Bs. As.*
- Boletines "Noticias del Ámbito Marítimo Internacional", elaborados por el CN (R), Licenciado en Sistemas Navales Francisco Valiñas (ROU).
- Energía Mareomotriz, CN (RE) Mario Chingotto. Boletín del Centro Naval N° 813, 2006.
- Recursos Energéticos en el Mar: el potencial del Atlántico Sur, Ing. Hugo Carranza, Seminario del Instituto Universitario Naval, 2014.
- Artículos y notas de GCaptain, Wikipedia, páginas comerciales y fuentes abiertas de Internet.