

# ENERGÍA Y DEFENSA: POSIBILIDADES DEL MAR ARGENTINO

PALABRAS CLAVE: **MATRIZ ENERGÉTICA / INTERESES VITALES / ENERGÍAS RENOVABLES / ENERGÍAS MARINAS / EXPECTATIVAS ARGENTINAS**

Por **Jorge Pozzo**

Cada nación tiene diversos intereses y en tanto algunos son permanentes, otros no, pues van mutando según la evolución de las sociedades y de la tecnología.

Los requerimientos energéticos están dentro del segundo grupo considerado. Para mejor ilustrar, es conveniente ver un conjunto de tres matrices energéticas. En ellas se ponen en evidencia los requerimientos de la sociedad argentina en tres períodos históricos, separados cien años uno de otro.

Sociedad colonial, en los albores de la revolución industrial, cuyo comienzo temporal se ubica alrededor de 1750 y, geográficamente, centrado en Inglaterra. Sus requerimientos energéticos eran básicamente de carácter interno. (ver cuadro 1)

Inicios de la industrialización argentina. La electricidad y el gas para iluminación, los motores eléctricos para talleres ferroviarios y similares hacen surgir estas necesidades. (ver cuadro 2)

Actualidad, exhibiendo una variada fuente de recursos. (ver cuadro 3)

Comentarios aclaratorios:

1. No es renovable y aunque es verdad

que se necesita poca cantidad, también es cierto que no es abundante.

2. Fluviales, lacustres: afectado por regímenes estacionales y fenómenos de cambio climático (Niño/Niña). Otros no comprendidos o estudiados.

3. Hay días sin viento. Mecanismos de regulación elaborados para mantener una velocidad constante.

Como se puede ver, la diversificación de la demanda es realmente significa-

tiva, compelida por un mundo ávido de energía. La última columna está en desarrollo incipiente y será el motivo principal de este artículo. Solamente se han expuesto la variedad de fuentes energéticas y no su cuantificación en cuanto aportes, pues el propósito de estas matrices es únicamente poner en relieve los diversos modos en que el ingenio humano busca satisfacer esa creciente demanda.

NATURAL			NUCLEAR	HIDRÁULICA	EÓLICA	SOLAR	MARÍTIMA
NO RENOVABLES			CASO SINGULAR <sup>1</sup>	PARCIALM RENOV	RENOVABLE <sup>2</sup>	RENOVABLE	RENOVABLE
FUEL OIL	PETRÓLEO	LEÑA	U <sub>235</sub>	AGUA DULCE	VIENTO	LUZ DEL SOL	MAREOMOTRIZ; represa, turbina bulbo (Kaplan)
Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Turbinas grandes represas	Rotatorios, bajas revol, multi polares, c.a., tripales	Paneles fotovoltaicos, otros	UNDIMOTRIZ; Mov ondular; costa, mar adentro (zona somera)
Turbinas	Turbinas	Turbinas		Turbina Pelton			CORRIENTES submarinas (movimiento constante)
Motores Diesel		Máquinas alternativas					MAREMOTÉRMICA (diferencial térmico)
							DIFERENCIAL SALINO

Ahora bien, en las sociedades actuales, la energía es un aspecto crucial y por ello una nación, restringida cuando no privada absolutamente de acceso a la misma colapsaría casi de inmediato. Esta suposición no es exagerada; basta observar algunos ejemplos cercanos en el tiempo. se puede citar por caso la opinión de Berenguer Hernández en párrafos de su artículo “La seguridad en torno a la energía y su defensa”, parágrafo “Uso de la energía como arma política y de coerción”<sup>1</sup>: *“aunque este aspecto se trata más ampliamente en los capítulos dedicados a la geopolítica de la energía, es necesario hacer una breve referencia a él en este espacio dedicado a los riesgos asociados al uso de las energías, comenzando por el que quizás constituyó el primer hito reseñable en el uso, en este caso del petróleo, de un recurso energético como arma política. Se trata de la postura adoptada por los países árabes exportadores de petróleo como consecuencia del apoyo estadounidense y de la Europa Occidental a Israel durante la guerra del Yom Kipur del año 1973. Su radical y unilateral subida de los precios se decidió como castigo a aquellos que no apoyaron la causa árabe, al mismo tiempo que se ejercía una indudable coerción sobre este grupo de países en su política hacia el conflicto árabe-is-*

CUADRO 3

2016

NATURAL			NUCLEAR	HIDRÁULICA	EÓLICA	SOLAR	MARÍTIMA
NO RENOVABLES			CASO SINGULAR <sup>1</sup>	PARCIALM RENOV	RENOVABLE <sup>2</sup>	RENOVABLE	RENOVABLE
FUEL OIL	PETRÓLEO	CARBÓN	U <sub>235</sub>	AGUA DULCE	VIENTO	LUZ DEL SOL	MAREOMOTRIZ; represa, turbina bulbo (Kaplan)
Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Turbinas grandes represas	Rotatorios, bajasrevol, multipolares, c.a., tripalás	Paneles fotovoltaicos, otros	UNDIMOTRIZ Mov ondular: costa, mar adentro (zona somera)
Turbinas	Turbinas	Turbinas		Turbina Pelton			CORRIENTES submarinas (movimiento constante)
Motores Diesel		Máquinas alternativas					MAREOMOTÉRMICA (diferencial térmico)
							DIFERENCIAL SALINO

raelí y los inevitables enfrentamientos futuros entre ambos bandos.”

Esto lleva a considerar los aspectos de la energía como intereses gravitanos para una nación.

### INTERESES VITALES Y ESTRATÉGICOS

A los fines de este artículo, se harán diferencias formales entre intereses vitales y fines estratégicos porque escapa a los objetivos de este artículo y porque, en última instancia, podría haber algunas

diferencias acerca del alcance de las definiciones. Pero se puede poner en clara evidencia que esta nación ha definido dentro de los marcos legales adecuados estas cuestiones y lo más trascendente es que el haberlos definido significa que previamente se los ha identificado, esto es, se los ha reconocido como elementos ineludibles para los intereses de este país.

### POSICIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA

Se habla de la posibilidad de generación de energía a partir de fuentes marinas y los espacios donde podrán ser instalados los elementos para producirla. La ley de Defensa Nacional expresa en el Título I, Principios básicos, Art. 5°: *“La Defensa Nacional abarca los espacios continentales, Islas Malvinas, Georgias del Sur y Sándwich del Sur y demás espacios insulares, marítimos<sup>2</sup> y aéreos de la República Argentina, así como el*

CUADRO 2

1916

NATURAL			NUCLEAR	HIDRÁULICA	EÓLICA	SOLAR	MARÍTIMA
NO RENOVABLES			CASO SINGULAR <sup>1</sup>	PARCIALM RENOV	RENOVABLE <sup>2</sup>	RENOVABLE	RENOVABLE
FUEL OIL	PETRÓLEO	CARBÓN	U <sub>235</sub>	AGUA DULCE	VIENTO	LUZ DEL SOL	MAREOMOTRIZ; represa, turbina bulbo (Kaplan)
Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Calderas (vapor)	Turbinas grandes represas	Rotatorios, bajasrevol, multipolares, c.a., tripalás	Paneles fotovoltaicos, otros	UNDIMOTRIZ Mov ondular: costa, mar adentro (zona somera)
Turbinas	Turbinas	Turbinas		Turbina Pelton			CORRIENTES submarinas (movimiento constante)
Motores Diesel		Máquinas alternativas					MAREOMOTÉRMICA (diferencial térmico)
							DIFERENCIAL SALINO

- Berenguer Hernández F. J. (2010). “La seguridad en torno a la energía y su defensa”. En <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548679.pdf>. Consultado 24 septiembre 2016. Pág. 172.
- República Argentina. (1988). “Ley 23554 de Defensa Nacional”. En Infoleg. Información Legislativa, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación, República Argentina. Sancionada: Abril 13 de 1988 - Promulgada: Abril 26 de 1988.

## **El desarrollo de las ingenierías en relación a fuentes alternativas hace que estas deban ser consideradas como fuentes complementarias y no sustitutivas.**

Sector Antártico Argentino, con los alcances asignados por las normas internacionales y los tratados suscriptos o a suscribir por la Nación...”

La posterior ley de Reestructuración de las Fuerzas Armadas explicita en su Artículo 2º: “La política de defensa implica la protección de los intereses vitales<sup>3</sup> de la Nación Argentina... Se sustenta en lograr consolidar e incrementar las capacidades... que tornen eficaz una estrategia disuasiva...”. En cuanto al Art. 6º dice que: “La reestructuración considerará el empleo del instrumento militar propio en las siguientes modalidades: Operaciones convencionales en defensa de los intereses vitales de la Nación.”

Finalmente, citemos párrafos del Libro Blanco de la Defensa Nacional: “Los intereses vitales<sup>4</sup>: son aquellos que afectan sensiblemente a la Nación misma y a su población, adquiriendo, por lo tanto, un alto grado de inmutabilidad. Es por ello que están establecidos por los máximos representantes del pueblo de la Nación, esto es, por el Congreso a través de la Ley de Defensa Nacional. Sin embargo debe tenerse en cuenta que por las implicancias de los intereses vitales, en situaciones críticas para la seguridad de la Nación, éstos solo adquirirán su real carácter de vitales cuando cuenten con el sustento mayoritario de la sociedad, que aporte la convicción de preservarlos frente a una agresión.”

Según esto, enumera algunos de estos como intereses vitales:

- › “La soberanía e independencia de la Nación Argentina.
- › Su capacidad de autodeterminación.

Como puede verse, estos intereses, que son autoexplicativos, hacen a la existencia misma de la nación Argentina, lo cual indica el grado de

atención y prioridad con que el Estado debe garantizarlos...”

Esta fuente ahonda aún más en los detalles. Es así que continúa con los Intereses estratégicos<sup>5</sup>, explicando que: “...de una manera u otra inciden en el logro de los intereses nacionales. Si bien tienen también carácter de fines, su menor prelación respecto a los intereses vitales – a los cuales contribuyen – los hace menos permanentes que aquellos, al tener una mayor asociación con las características variables que presente el escenario estratégico y el desarrollo de las relaciones internacionales del país. Sin que se implique una priorización (lo que es materia del planeamiento estratégico), se incluyen...”

- › “El crecimiento económico-social
- › El crecimiento científico-tecnológico
- › Los recursos naturales, renovables y no renovables
- › Los espacios marítimos, insulares y fluviales de interés”

El listado en cuestión es más amplio pero de allí solo se tomaron aquellos que abonan el concepto y que se ajustan a la perfección a la idea desarrollada.

### **POSICIÓN DE TRATADISTAS NACIONALES E INTERNACIONALES**

Lahoud en relación a la Argentina en su artículo “Los Recursos Naturales y la Defensa Nacional” ve a los “...los recursos naturales como bienes estratégicos<sup>6</sup> y advierte sobre “la necesidad vital de planificar su manejo racional”.

Torres Orhanovic en “Energía y defensa nacional: ¿qué preocupaciones, qué riesgos, qué impactos?” manifiesta el riesgo de su nación con respecto a la dependencia de fuentes fósiles, en particular en un mercado mundial sumamente volátil en relación a los precios y

dice, “Chile puede aumentar las actuales fuentes de energía y debe desarrollar otras nuevas para satisfacer la demanda que soporte el desarrollo nacional como es el caso de la energía eólica, geotérmica, nuclear y mareomotriz. En caso de no hacerlo seguirá expuesto a la dependencia<sup>7</sup> del suministro del petróleo crudo, gas natural y carbón de acuerdo a los precios del mercado internacional y en las cantidades que los proveedores estén dispuestos a venderle”. Enfatiza aún más, relacionando la eventual imposibilidad en la obtención de lo que su país define como objetivos nacionales a causa de la dependencia para obtener energía: “La relación entre Defensa Nacional y el déficit de recursos energéticos es directa, debido a que la contribución que realiza la Defensa Nacional en el logro de los objetivos nacionales es la de contribuir al desarrollo, equilibrado y armónico del Poder Nacional, objetivos nacionales que se ven gravemente afectados por la dependencia<sup>8</sup> de los recursos energéticos”.

Barbarán en su artículo “Por qué la energía nuclear” manifiesta claramente que “...la energía es el fluido vital<sup>9</sup> que mueve el aparato económico mundial. Además de ser un bien económico en sentido clásico, es altamente estratégico, pues todas las demás actividades dependen de un abastecimiento seguro, no solamente económico, de esos recursos. A excepción de los alimentos y el agua (que cubren necesidades fundamentales del ser humano), puede ser considerada como el recurso más importante para cualquier sociedad...”

#### **Jorge Pozzo**

Ingeniero electricista, egresado la Universidad Tecnológica Nacional. Tiene una especialización en Geofísica Hidrocarburos por la Universidad Nacional de Cuyo y una maestría en Defensa Nacional por la Universidad de la Defensa Nacional.



Espona en “El moderno concepto integrado de seguridad energética” también relaciona el acceso a la energía con el interés nacional y aunque tiene un sesgo más dirigido a los aspectos militares, su visión se enmarca en las generalidades buscadas en este párrafo, esto es, cuánto infiere el libre acceso a las fuentes de energía con la seguridad de una nación. De su trabajo, se toma “... la energía es de gran trascendencia para la Seguridad Nacional<sup>10</sup>. Relacionar Seguridad y Defensa con energía no es algo únicamente válido en tiempo de guerra o para el sector militar, así como en el ámbito empresarial es incompleto relegarla al área de seguridad corporativa con una visión reduccionista de seguridad física. Los efectos derivados de las medidas de Seguridad Energética son más evidentes en el ámbito civil y en tiempo de paz:

*La diversificación de la demanda es realmente significativa, compelida por un mundo ávido de energía.*

*en tiempo de guerra, la energía es un objetivo, pero en tiempo de paz es también campo de batalla. Sin embargo, la visión doctrinal militar aplicada al ámbito energético aporta mayor claridad conceptual (es decir, en la polemología de la empresa) y un amplio alcance que engloba múltiples aspectos y capacidades, tales como la gestión de la información, la predicción, alertas tempranas (es decir, crisis, emergencia), mando y control, medidas de seguridad y contramedidas defensivas.”*

## LÍMITES A LAS EXPECTATIVAS

Fijada de modo indiscutible la validez del concepto de interés vital para una sociedad contemporánea y el acceso irrestricto a fuentes de energía, es momento de buscar alternativas que eviten la fuerte dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, es menester aclarar algunos conceptos; se puede decir que el desarrollo de las ingenierías en relación a fuentes alternativas hace que estas deban ser consideradas como fuentes complementarias y no sustitutivas. Esto se explica de la siguiente manera: al actual estado del arte en materia de generación de energía eléctrica, las centrales productoras de electricidad vía la quema de combustibles son aún determinantes en base a que se trata de una tecnología muy conocida. Así por ejemplo, todas ellas trabajan usando ciclos térmicos, algunos de los cuales son conocidos y aplicados desde no hace menos de 250 años. Esta tecnología permite que el construir una usina importante sea rápido y barato y le es difícil a otro tipo de generación de energías competir en la ecuación costo/beneficio. A estas nuevas formas se las puede llamar fuentes energéticas alternativas renovables, tales como la solar (paneles fotovoltaicos, por caso), digestores de biomasa (metano), aerogeneradores (eólica) y las diversas de origen marino. De manera tal que según la visión de conjunto es inevitable hasta fin del presente siglo como mínimo, la coexistencia de fuentes generadoras de electricidad – como caso principal – a través de medios convencionales térmicos (motores diesel, turbinas de gas, re-

3. República Argentina. (1998). “Ley 24948 de Reestructuración Fuerzas Armadas. Principios fundamentales”. En Infoleg, Información Legislativa, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación, República Argentina. Sancionada: Marzo 18 de 1998. Promulgada: Abril 3 de 1998.  
4. República Argentina. (1998). “Libro Blanco de la Defensa Nacional”. Parte II: *Los incentivos nacionales. Capítulo V: Los intereses nacionales. 2 Los intereses vitales*. En <https://www.oas.org/csh/spanish/documentos/libro%20blanco%20de%20defensa.doc>. También en Resdal Red de Seguridad y Defensa

de América Latina. Consultado: 24 septiembre 2016. p. 52

5. República Argentina. (1998). “Libro Blanco de la Defensa Nacional”. Parte II: *Los incentivos nacionales. Capítulo V: Los intereses nacionales. 3 Intereses estratégicos*. p 53-54. Op. Cit.  
6. Lahoud G. (2007). “Los Recursos Naturales y la Defensa Nacional”. Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT). Buenos Aires. Pág. 2.  
7. Torres Orhanovic H. (2009). “Energía y defensa nacional: ¿qué preocupaciones, qué riesgos, qué impactos?”. En <http://revistamarina.cl/revistas/2009/4/torres.pdf>. Revisar 4/2009.

Santiago de Chile. Consultado: 24 septiembre 2016. p. 319

8. Torres Orhanovic H. (2009). “Energía y defensa nacional: ¿qué preocupaciones, qué riesgos, qué impactos?”. Op. Cit. p. 323  
9. Barabán G. A. (2015). “Por qué la energía nuclear”. Artículo. En *Defensa Nacional y Pensamiento Estratégico*, N°2, Julio de 2015. ISSN 2422-6378. Buenos Aires. p. 57.  
10. “de Espona R. J. (2013). “El moderno concepto integrado de seguridad energética”. Item 5. Seguridad, Defensa y Energía. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Documento de Opinión 32/2013. En [www.ieee.es](http://www.ieee.es). p. 8

actores nucleares de fisión), con usinas hidroeléctricas y las emergentes eólica, solar y sumándole las actualmente en vías de desarrollo, tales como las marinas o fusión nuclear. Este es el concepto actual de diversidad de la matriz energética de una nación (ver más arriba) y el significado de los casilleros de la misma. Se insiste en observar que el aporte de las más modernas tienen o tendrán un rol de complementariedad derivada de su absoluta imposibilidad de sustituir a corto plazo las convencionales. Para poner un ejemplo concreto, no se pueden suplantar todas las usinas térmicas por paneles solares fotovoltaicos.

Se profundizarán estos aspectos, pues en principio es muy alentador imaginar el disponer de una fuente inagotable de energía. En efecto, Romero Álvarez en "Energías renovables en el contexto energético actual" pone claramente de manifiesto por qué se consideran inagotables pues; "...son aquellas fuentes de energía que se renuevan de forma continua en contraposición con los combustibles fósiles como el petróleo, carbón, gas y uranio, de los que existen unas determinadas disponibilidades agotables en un plazo más o menos largo. Constituyen una fuente de energía inagotable<sup>11</sup>...".

Sin embargo, el mismo autor avisa del riesgo de no advertir que algunas tecnologías no están aun suficientemente maduras, citando como caso singular las de origen marino y lo expresa de este modo: "4. Tecnologías todavía en maduración<sup>12</sup>. Objetivo; desarrollo tecnológico para

*primera generación de sistemas viables: Energías Marinas*". También alerta sobre un tema recurrente en relación a los aerogeneradores y que son los lapsos en los cuales las máquinas están detenidas por falta de viento y para peor, que esos momentos pueden coincidir cuando la curva de demanda del servicio es más perentoria: "Algunos de los retos y hechos a los que se tiene que enfrentar la energía eólica en su desarrollo son la aleatoriedad del viento, la integración de la electricidad producida en la red y su acoplamiento con las curvas de demanda energética.<sup>13</sup>"

Es por ello que muy acertadamente Berenguer Hernández en "La seguridad en torno a la energía y su defensa" habla sobre el riesgo de infravalorar las dificultades e inadvertir limitaciones cuando dice que "...probablemente el principal riesgo de las energías alternativas [y] consiste en su sobrevaloración<sup>14</sup>".

Los párrafos anteriores tienen una equilibrada cuota de optimismo y de limitantes al entusiasmo, pues este trabajo nuestro tiene entre otros objetivos el de suministrar un panorama veraz en relación a las fuentes de energía de origen marino. Es decir, tratamos de ubicar las cosas en contexto y eso significa poner de manifiesto las cuestiones que rodean a un suceso y terminan de darle sentido.

## ENERGÍAS MARINAS

Actualmente y en base al desarrollo tecnológico, se identifican cinco modos de extraer energía del mar y todos ellos remiten finalmente a la entrega de electricidad.

- › Energía mareomotriz
- › Energía undimotriz
- › Energía hidrocinética

- › Energía mareomotérmica
- › Energía de gradiente salino

La clasificación sigue un ordenamiento y es el siguiente: se las cita en orden de mayor a menor desarrollo tecnológico, pero también coincide razonablemente bien con su desarrollo cronológico. Asimismo, las cuatro iniciales han perfeccionado mecanismos que aportan efectivamente electricidad a escala industrial. Sin embargo, solamente la primera de ellas está absolutamente madura, en tanto las otras tres se encuentran en etapas de evaluación técnica-económica.

## ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Se ha dicho que la mareomotriz es la única que se considera madura y es momento de definir qué se entiende por ello. En términos industriales, madurez significa que es una tecnología confiable, duradera, robusta, con una muy larga vida útil, razonablemente fácil de fabricar, sencilla de operar, que requiere poco mantenimiento preventivo y que su producto – en este caso, energía eléctrica – puede competir con la producida por otros medios de generación a escala industrial.

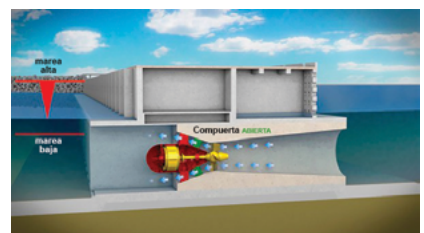
Una central mareomotriz básicamente consiste en engolfar el agua de mar, construyendo un dique que cierre dicho seno. Cuando la marea sube, se dejan las compuertas abiertas; al llegar al máximo nivel, se cierran y el agua encerrada cobra nivel relativo respecto del agua externa que inicia su bajamar. Cuando la altura relativa es adecuada, el agua engolfada se libera al mar, pasando a través de turbinas que accionan un generador eléctrico. Esta es una explica-

11. Romero Álvarez M. (2007). "Energías renovables en el contexto energético actual". En Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional - CESEDEN - Monografías del CESEDEN 98 - La energía y su relación con la seguridad y defensa. Imprenta Ministerio de Defensa. NIPO: 076-07-224-3 (edición en línea). Madrid. p. 64
12. Romero Álvarez M. (2007). "Energías renovables en el contexto energético actual". p73. Op. Cit.
13. Romero Álvarez M. (2007). "Energías renovables en el contexto energético actual". p75. Op. Cit.
14. Berenguer Hernández F. J. (2010). "La seguridad en torno a la energía y su defensa" p. 179. Op. Cit.

FIGURA I



FIGURA II



ción muy resumida; también podrá generar cuando embalsa el agua y cuando la libera, en cuyo caso duplica su disponibilidad energética. Para ilustrar mejor, se incluyen un par de gráficas (Figura I<sup>15</sup> y Figura II<sup>16</sup>)

**POSIBILIDADES EN ARGENTINA**

Se presentan dos gráficos de alturas de mareas que eventualmente podrán ser utilizados para construir sendas represas mareomotrices en el país. Este es un tema sumamente conocido por los especialistas, por lo cual podrán consultarse diversas fuentes. Sin embargo, servirán para ilustrar que estos mecanismos de generación de energía en base a las bajamares y pleamares están perfectamente dentro de las posibilidades brindadas por la geografía costera marina (Figura III y Figura IV).

Ventajas:

- ) Es una tecnología madura. La primera planta mareomotriz (La Rance) es de la década de los 60.
- ) La construcción es sencilla: la obra civil no difiere en cuanto a complejidad de la de otras represas fluviales.
- ) El transporte de la energía eléctrica desde la turbina bulbo (empaqueta dentro de la misma cápsula a la turbina motriz y al generador eléctrico) a tierra es sencillo y de tramo muy corto.
- ) Es de fácil acceso para mantenimiento y control.
- ) El fluido motor es gratis.

15. Rodríguez E. (2014). "Las plantas de energía mareomotriz más grandes del mundo". Artículo. *Construcción Energía y Electrónica*, 2. *Planta de Energía Mareomotriz La Rance, Francia* 14 Abr, 2014. En <http://www.fierasdelaingenieria.com/las-plantas-de-energia-mareomotriz-mas-grandes-del-mundo/>. Consultado: 24 septiembre 2016.

16. Rodríguez E. (2014). "Las plantas de energía mareomotriz más grandes del mundo". Artículo. *Construcción Energía y Electrónica*, 3. *Planta de Energía Mareomotriz Tidal Lagoon, Reino Unido* 14 Abr, 2014. En <http://www.fierasdelaingenieria.com/las-plantas-de-energia-mareomotriz-mas-grandes-del-mundo/>. Consultado: 24 septiembre 2016.

17. Fuente: elaboración del autor.

18. Fuente: elaboración del autor.

FIGURA III . PUERTO Y RESTINGA DE COMODORO RIVADAVIA <sup>17</sup>

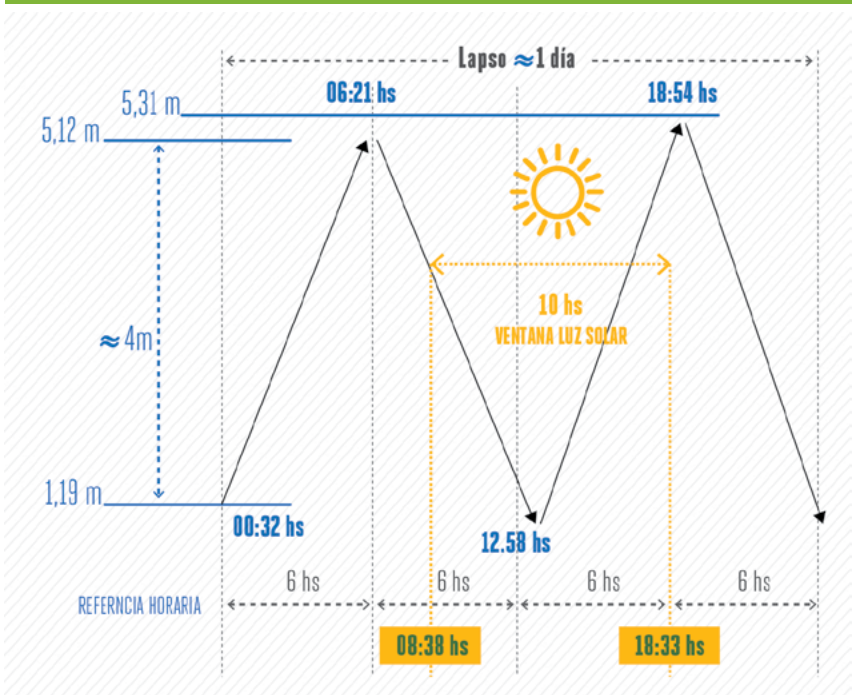
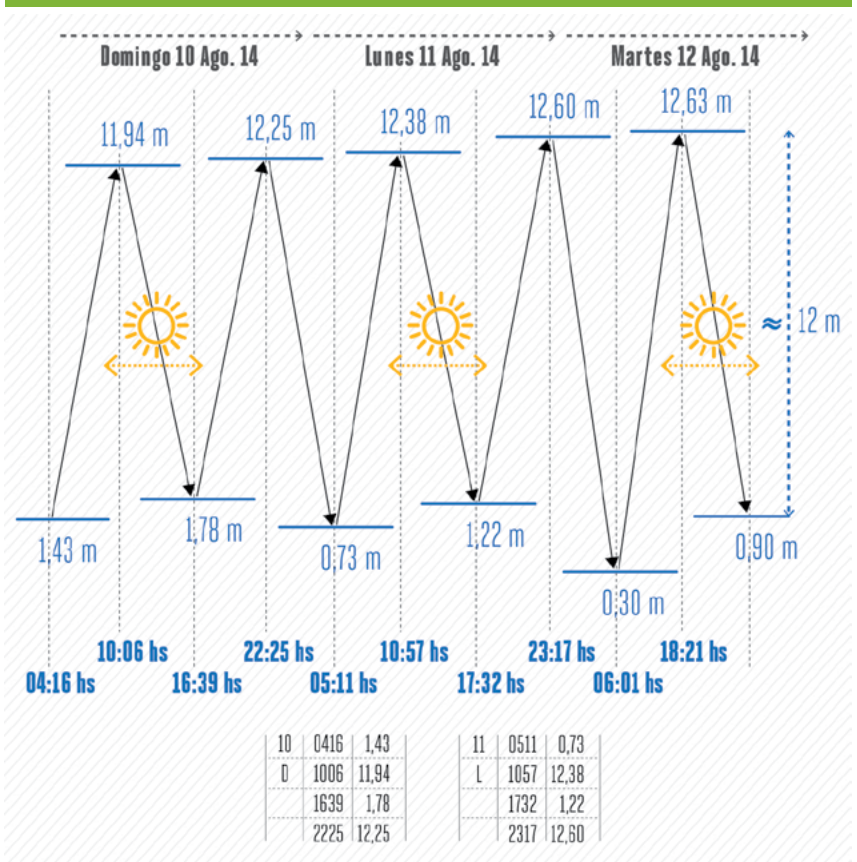


FIGURA IV . PUERTO DE PUNTA LOYOLA – RÍO GALLEGOS <sup>18</sup>



**Las naciones potencia  
están asociadas a la  
generación de energía.  
Privarlas de un modo u  
otro afectaría gravemente  
a su existencia.**

Desventajas:

- › Aunque los ciclos son regulares y absolutamente previsible (ver tablas de mareas del Servicio de Hidrografía Naval), no entrega el 100% de la potencia instalada todo el tiempo a lo largo del día.
- › Si sólo entrega energía en el ciclo de salida del agua, entonces emplea el 50% de la capacidad instalada. Por el contrario, si genera al ingresar y egresar el agua, entonces utiliza el 100% de su potencia instalada, pero con las limitaciones cíclicas antedichas, pues en algún momento la diferencia relativa entre ambos lados de la cota de agua del murallón será muy pequeña para que la turbina gire. Ese es un lapso en el cual la represa no genera.

Veamos otro caso de posibilidades de nuestra Patagonia Austral.

### ENERGÍA UNDIMOTRIZ

Se refiere al movimiento ondulatorio del mar, esto es sencillamente, las olas. La oscilación en el plano vertical hace posible que se puedan diseñar mecanismos diversos que aprovechan este movimiento alternativo como un motor para mover un generador eléctrico. De las cinco formas de extraer energía del mar, esta es la que mayor variedad de dispositivos generadores ha producido la inventiva de los ingenieros en todo el mundo. De entre ellos, se presentan someramente el generador diseñado, patentado y construido por el Grupo Undimotriz de la Facultad de Ingeniería Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional. (Ver figura V).

Ventajas

- › Bajo costo relativo
- › Facilidad de montarlo tanto en aguas someras como amarrado a muelles
- › Posibilidad de montar un conjunto numeroso de generadores
- › No hay restricciones mayores para ubicarlo en el largo litoral marítimo de la Argentina.
- › Eventualmente, puede ser montado en ríos con oleaje adecuado
- › El oleaje es gratis.

Desventajas

- › En un día de calma chicha, no podrán generar. Esto hace que no se pueda predecir totalmente su disponibilidad de entrega de energía eléctrica.

### ENERGÍA HIDROCINÉTICA

En mar dispone de fuertes corrientes marinas, tanto en superficie como debajo de ellas. Incluso podrán coexistir, en un mismo ámbito geográfico, corrientes que lleven rumbos y velocidades totalmente diferentes.

FIGURA V



EL FLOTANTE AMARILLO SUBE Y BAJA CON EL OLEAJE.

EN ESTE CASO DEMOSTRATIVO SE MUEVE MANUALMENTE.

GENERA 75 VATTIOS, SIENDO UN MODELO A ESCALA 1:10 DE LA MÁQUINA FINAL

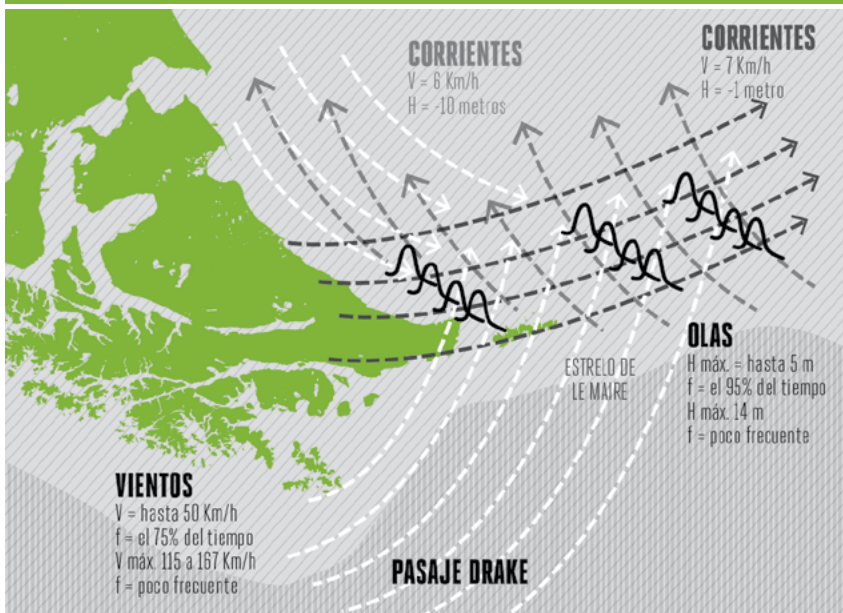
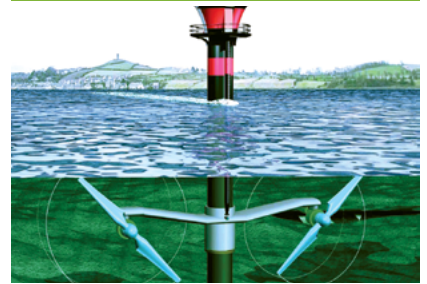
Véase en el gráfico de Figura VI las posibilidades concretas, que incluyen también oleaje y vientos, pues ambas pueden ser energías aprovechables, una bajo la forma de generadores undimotrices y la otra montando torres para sostener generadores eólicos, que aunque no son parte de este artículo, su factibilidad potencial de aprovechamiento no puede ser desconsiderada.

El tipo de máquina a montar se asemeja muchísimo a un generador eólico. Se presenta un ejemplo de máquina construida y montada, en etapa de evaluación de factibilidad técnica-económica, en el Reino Unido (Figura VI).

La estructura es dual y simétrica respecto del pilón de sostén. Ambos bajan hasta la profundidad adecuada para girar. El generador está en el interior de la góndola que sostiene al buje de la pala. Cuando hay que hacer mantenimiento, entonces ambas palas (todo el conjunto) suben a la superficie.

Ventajas:

- › La principal de todas es la regularidad de entrega de energía. Estas corrientes son absolutamente estables, es decir que mantienen su rumbo y su velocidad constantes en términos que superan largamente varias generaciones de vida humana.
- › Puede entregar energía las 24 horas del día, los 365 días del año, independientemente de las condiciones climáticas en la superficie.
- › El fluido motor es gratis.
- › Esta regularidad es una ventaja invaluable, pues permite disponer del uso de estas máquinas respecto de la demanda eléctrica para usarlas como máquinas de base. Esto significa que entregan energía eléctrica en forma constante configurando un patrón estable, en tanto que las demandas puntuales como las que surgen al inicio de cada jornada al encender luces en los hogares, etc., pueden ser satisfechas por otro tipo de usinas, que responden más flexiblemente a los picos de demanda (pongamos por ca-

FIGURA VI . PASAJE DRAKE <sup>19</sup>FIGURA VI <sup>20</sup>

botes de trabajo al agua. Posiblemente parámetros parecidos serán obligatorios para acceder en forma segura a las instalaciones. No obstante, todos los ítems anteriores son manejables, tanto por la ingeniería constructiva como por la ingeniería de operaciones.

- › Hay que transportar la energía eléctrica desde los generadores hasta la costa. En principio, tener cables sumergidos en el fondo marino parece ser la solución, pero es un tema sobre el cual hay que acumular experiencia.
- › Para Argentina, la posibilidad mencionada significa montar este sistema en uno de los peores escenarios marinos y a miles de kilómetros de distancia de los centros de consumo. Sin embargo, esto queda atenuado porque la red interconectada nacional podrá extenderse hasta su cercanía y además, no se sabe si a futuro la zona austral podrá convertirse en un poderoso polo industrial.

### ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

Se fundamenta en la diferencia de temperaturas entre el agua de superficie y el agua a unos 1000 a 1500 metros de profundidad. Estas condiciones remiten al espacio geográfico comprendido alrededor de Ecuador y teniendo como límites máximo hacia el norte y sur a los Trópicos de Cáncer y Capricornio, respectivamente. Por lo tanto esto excluye a Argentina de la posibilidad de desarrollar esa tecnología. Sin embargo, se entiende que es menester dar una breve explicación técnica. El funcionamiento se basa en el ciclo de Rankine, el mismo que se aplica en las heladeras

so, máquinas accionadas por motores diesel, que trabajen sólo durante algunas horas para remontar esa demanda puntual).

- › La constancia en los parámetros de la vena fluida simplifica los mecanismos de control de velocidad de la máquina. En el caso de aerogeneradores, el rango de velocidad del viento varía entre rangos amplios y obliga a tener elaborados controles sobre los ángulos de ataque de las palas. También tienen que girar sobre su eje vertical para ajustarse a las cambiantes direcciones de los vientos. En este caso, las corrientes marinas son constantes en su rumbo (dirección) y en velocidad y las variaciones en todo caso serán tan pequeñas que podrán ser corregidas con mecanismos mucho más sencillos o quizá obviarlos directamente, confiando en que la inercia de las masas rotantes sean suficientes para compensar las leves diferencias. En todo caso, son interrogantes a responder por la experiencia que recién ahora está acumulándose.
- › La capacidad de extraer energía de la vena fluida marina supera varias veces la entrega de la vena fluida aérea,

por lo cual las máquinas sumergidas en las corrientes marinas podrán ser varias veces más potentes.

- › Debido a la baja velocidad de rotación, es esperable que la afectación a la biota marina sea de escasa perturbación.

### DESVENTAJAS

- › Hay que montarlas en el mar, incluso en aguas abiertas. Los desafíos de ingeniería no son pequeños. Hay que pensar en que el pilón soporte debe estar anclado en el fondo marino.
- › El acceso a las torres (pilones) para hacer mantenimiento preventivo se hace dificultoso. La fotografía de figura VI es realmente idílica; raramente se tendrá un mar tan calmo. Si se piensa en los mares argentinos, muy pocas veces se tendrá una condición tan buena.
- › Todas las operaciones de acceso tendrán que ser con luz diurna y con mar razonablemente tranquilo. La experiencia en trabajos de exploración petrolera marina impone un nivel seguro inferior a olas de 2 metros para bajar

19. Fuente: elaboración del autor

20. GEMA. (2014). Catálogo Energías del Mar. Buenos Aires. p 47-51



domiciliarias. Sin embargo, en este caso se lo utiliza al revés, es decir, no toma energía para enfriar sino que usa el mismo principio pero para evaporar un fluido y con ese gas mover una turbina de baja presión. Para ello, es necesario usar algún líquido fácilmente vaporizable, por ejemplo el amoníaco (en la práctica se usa un fluido más eficiente para estos fines). La diferencia de temperaturas entre el agua a 1500 metros de profundidad (5° C) y la de superficie (25° C) es de solamente 20° C; esta escasa diferencia térmica explica la necesidad de tener una sustancia que se evapore fácilmente.

La instalación consta de una cañería de captación de agua caliente (25° C) que evapora el fluido; este vapor mueve una turbina que tiene acoplada un generador eléctrico. El gas luego de entregar su energía a la turbina sigue su recorrido por su circuito cerrado y pasa por un intercambiador de calor, donde el agua fría (5° C) condensa al gas volviéndolo nuevamente a estado líquido, el cual podrá volver a ser vaporizado para que mueva la turbina y así sucesivamente.

La única instalación construida está en Hawaii, entregando una potencia de 100 kilovatios. Fue el fruto de varias décadas de estudio, con apoyo estadual y con un costo no amortizable, pero se entiende como el inevitable precio de la investigación y el desarrollo, cuyos beneficios se verán más tarde. Ver esquema en la figura VII<sup>21</sup>.

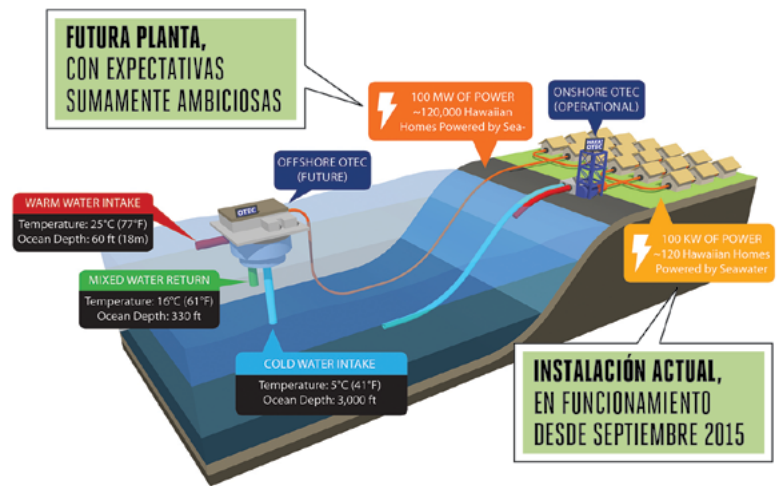
**Ventajas**

- > Debido a la constancia de las condiciones de temperatura, es una planta que puede brindar energía las 24 horas, todos los días del año.
- > El mecanismo motor (la diferencia de temperatura) es gratis.

**Desventajas**

- > Sólo es asequible a las naciones comprendidas en una franja geográfica limitada. En principio, Argentina queda excluida.
- > Es la menos madura de las tecnologías

FIGURA VII



para extraer energía eléctrica del mar. Aún no se sabe cómo evolucionará para ampliar la potencia y hacer que sus costos sean competitivos con otras fuentes de energía.

**ENERGÍA DE GRADIENTE SALINO**

Así como para la planta maremotérmica, se inicia su abordaje tecnológico recurriendo al refrigerador doméstico y familiarizarse con su principio de funcionamiento, para el caso de las instalaciones que usan el diferencial salino, se puede recurrir a las conocidas plantas de desalinización a bordo de buques, las que funcionan con ósmosis inversa. En este caso también participa una membrana con capacidad de transferir presión osmótica entre agua salada (mar) y agua dulce (un lago, por ejemplo). De aquí se pueden derivar dos sistemas bien diferentes. Uno consiste en alternar capas de agua dulce y salada, separadas por esta membrana, conformando

do una estructura similar a una pila de Volta. Lo interesante del caso es que este es el único mecanismo capaz de entregar corriente continua sin ningún tipo de transformación. Los otros cuatro siempre generan energía eléctrica mediante órganos rotantes. Para fines industriales, es inevitable usar corriente alterna trifásica, pero si eventualmente hubiera que usar corriente continua, hay que convertirla mediante rectificadores. Esta no significa ninguna dificultad; solamente se expresa la particularidad del dispositivo arriba descrito, que además no tiene ningún elemento móvil (véase la figura VIII). Otra posibilidad es que el diferencial de salinidad genere una presión que se convierta en un desplazamiento cinético de las masas de agua separadas por la membrana, pudiendo mover una de ellas una turbina que tenga enlazado un generador eléctrico, que será también rotante y entregará corriente alterna, tal como se describe en la figura IX.

**Ventajas**

- > El fluido es gratis.
- > Uno de los sistemas entrega corriente continua sin ningún tipo de transformación. Se puede imaginar que esté a bordo de un submarino (un buque también) y con una provisión limitada de agua dulce, podrá tomar agua

*Se identifican cinco modos de extraer energía del mar y todos ellos remiten finalmente a la entrega de electricidad.*

FIGURA VIII

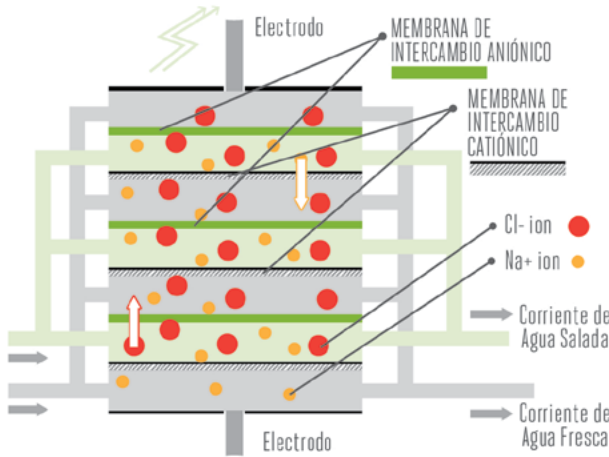
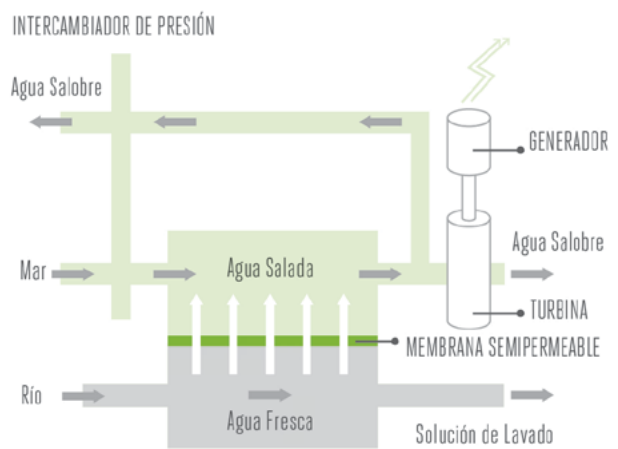


FIGURA IX



de mar y generar energía eléctrica. En navegación silenciosa, puede sostener sistemas electrónicos vitales para sus fines, sin tener órganos rotantes que puedan vibrar y emitir ruidos delatores y además ahorrando energía eléctrica de las baterías principales para propulsión.

**Desventajas**

- > Es una tecnología aún en proceso de investigación y desarrollo; no se saben sus posibilidades reales.
- > Los cuerpos de agua salada y dulce no están naturalmente en contacto; por lo menos uno de los fluidos tiene que ser bombeado/transportado a la instalación.

**CONCLUSIONES**

Se ha explicado la visión particular acerca de lo que se entiende como interés vital para una sociedad en un dado momento histórico. Hoy en día, con datos actualizados entre 2013 y 2014, existe este cuadro de situación (ver Figura

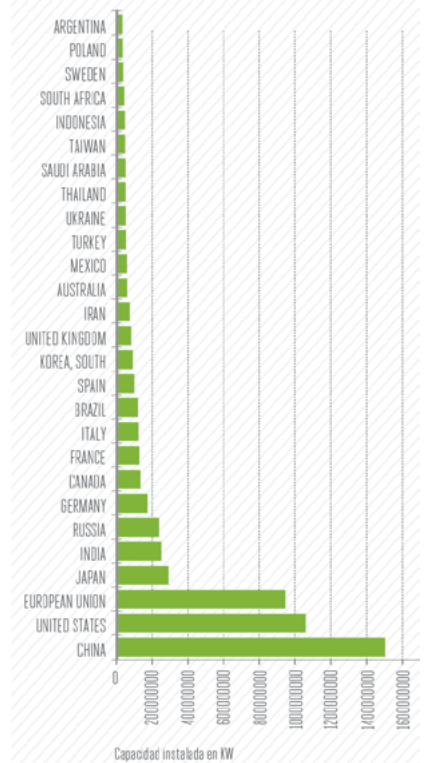
X<sup>22</sup>). Indudablemente, las naciones potencia están asociadas a la generación de energía. Privarlas de un modo u otro afectaría gravemente a su existencia. Es en ese sentido que se habla de la energía como una cuestión vital para ellas.

Por otro lado, la dependencia de la generación vía combustibles fósiles entraña los riesgos ya explicados: imposibilidad para las naciones que no son potencias o netos productores de esas materias primas de manejar los precios del mercado. Por consiguiente, la búsqueda de alternativas, en este caso de origen marino, es una posibilidad a tener en cuenta pero para ello hay que estar informado para ir tomando posición y explorando escenarios estratégicos futuros.

En síntesis, independientemente del lugar que ocupen las energías marinas en la lista de alternativas de suministro de energía sostenible en el largo plazo, para un país con de 10 millones de kilómetros cuadrados de espacios marítimos jurisdiccionales, cualquier aproximación al mar argentino en fases de estudio, desarrollo o implementación, constituye un ejercicio de afirmación de los derechos soberanos sobre el mar argentino,

La presencia de argentinos en el mar, más allá del reconocimiento al esfuerzo de las fuerzas armadas realizan por custodiar el patrimonio marítimo de la nación, constituye hoy un autenti-

FIGURA X



ca manifestación de interés en el enorme patrimonio heredado, y un ejercicio de responsabilidad de la sociedad, en su conjunto, de preservar los intereses de la Nación.

> ARTÍCULO CON REFERATO

21. Makai Ocean Engineering. Ver en <http://www.makai.com/design/>. Consultado: 24 septiembre 2016.  
 22. Central Intelligence Agency. (2014). "The World Factbook". En <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/rankorder/2236rank.html>. Consultado 24 septiembre 2016.