

## **PROPUESTA PARA GENERACION COMBINADA EOLICO-MAREOMOTRIZ EN LA PATAGONIA.**

**Biancucci M. <sup>1</sup>, Labriola C. <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela Superior de Salud y Ambiente; <sup>2</sup> Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Comahue – Calle Buenos Aires 1400, CP 8300 - Neuquen Capital., Argentina.  
Tel.: 0299 4330728, E-Mail: <sup>1</sup> [maxib82@msn.com](mailto:maxib82@msn.com) ; <sup>2</sup> [clabriol@uncoma.edu.ar](mailto:clabriol@uncoma.edu.ar)

**RESUMEN:** La Costa Atlántica Patagónica es uno de los pocos lugares del mundo de aprovechamiento tanto del recurso eólico como el potencial mareomotriz, debido a las características de los vientos y la amplitud de las mareas por su latitud. Los lugares seleccionados en este trabajo para aprovechamiento conjunto eólico-mareomotriz tienen mareas que alcanzan 12 m de amplitud entre bajamar y pleamar (con 4 m ya es eficiente y factible), y muy buenas velocidades medias de viento en el país y además con un menor nivel de turbulencia atmosférica. Se incorpora la tecnología eólica offshore y turbinas sumergibles mareomotrices. Esta Tecnología integra otras industrias como la de exploración del petróleo, disponible en la zona, junto con menor costo de mano de obra local. Las instalaciones propuestas son para los Puertos de Río Gallegos, San Julián y Deseado. Tienen vientos de 8 a 10 m/s a 10 m de altura y velocidades del agua en el cambio de mareas de 2 a 3 m/s. Se evalúan la generación prevista anual y tendencia de costos. Se tiene en cuenta la mejor combinación de potencias instaladas según distancia entre turbinas y los recursos disponibles de viento y marea. Así se evitan las megaconstrucciones mareomotrices de gran impacto ambiental de los 1960s y 1970s, ya que se proponen las turbinas eólicas y mareomotrices en una sola columna.

**Palabras Claves:** renovable, mareomotriz; eólica; Patagonia; generación combinada.

### **INTRODUCCIÓN**

En nuestro país, específicamente la costa atlántica patagónica, presenta grandes posibilidades de desarrollo y capacidad de conversión de energía, mediante el recurso mareomotriz. Para poder aprovecharlo hay que analizar una serie de particularidades geográficas que no en todo el mundo son fáciles de encontrar. Particularmente debe ser un lugar donde la costa tenga una entrada del mar en el territorio, con posibilidades de cierre para embalse según la tecnología tradicional de presas marinas, y gran diferencia de alturas en las mareas. El corte del paso marino y el movimiento de suelos necesarios para esta construcción trae mucho impacto ambiental para especies marinas principalmente, riqueza ictícola, mamíferos de gran tamaño y aves de las costas marinas. Además como impacto a la actividad del hombre esta la constricción de la navegación mediante esclusas [9].

Los puertos de Río Gallegos, San Julián y Deseado de la provincia de Santa Cruz presentan una buena alternativa para desarrollar el potencial mareomotriz. Estos puertos elegidos son los que actualmente poseen muy buenos accesos y disponibilidad portuaria cercana para el tipo de instalación propuesta. Hay otros lugares, pero no tan accesibles, que necesitan infraestructura y una evaluación óptima del tamaño de la red, así como proximidad de la misma, que son la desembocadura del Río Santa Cruz, Bahía Laura, etc.

La energía de las mareas puede ser extraída en forma similar que la energía eólica pero con la significativa diferencia que el agua posee una densidad 800 veces mayor que el aire. Como la energía es proporcional al cubo de la velocidad del fluido, un flujo de agua de 1m/s posee una densidad de energía similar a un flujo de aire de 9m/s. Se considera que con una corriente de 2m/s ya es rentable una aplicación de eólicas herméticas sumergidas [9]

Con la aplicación de estas turbinas (Fig. N°1), adaptando el tamaño de su rotor a la densidad del agua y a las velocidades de las corrientes marinas de los puertos señalados, que van de 2 a 3 m/s ( 3,8 a 5,8 nudos ) nos indica la posibilidad de realizar emprendimientos de energía marina de las mareas. Si a esto le agregamos las posibilidades de combinar este recurso con el potencial de los vientos de la Patagonia, que en esta zona santacruceña, las velocidades medias anuales de los mismos van desde 8 a 10 m/s ( a 10 m de altura, [2]), se pueden combinar ambos recursos teniendo en cuenta una serie de factores que deben analizarse en conjunto, incluyendo el aspecto ambiental.

### **2. DISPONIBILIDAD DE MAREAS: LUGARES SELECCIONADOS:**

Como es sabido en turbinas hidráulicas convencionales, para que un aprovechamiento mareomotriz sea eficiente tiene que tener una cota de diferencia de alturas de mareas de no menos de 4 metros, [13]. En la Costa Atlántica Argentina hay una cota de diferencia de altura de 12 metros promedio, [13]. Analicemos ahora los posibles lugares con facilidades de acceso y con valores de cota de diferencia de amplitud de mareas promedio y buenas condiciones de viento. En el puerto de Río Gallegos, debido a la gran amplitud de mareas, se originan corrientes que en mareas de sicigias llegan a velocidades comprendidas entre 2 a 6 nudos (1,03/3,08 m/s ); además los vientos predominan durante todo el año, con velocidades medias anuales aproximadas de 29,2 km/h ( a 10 metros de altura ) del sector W y SW [14]. En Puerto Deseado, los vientos predominantes son del sector NW y SW ( 33,26 km/h velocidad media anual, a 10 metros de altura ) y la intensidad de corrientes promedios van de 5 a 6 nudos (2,6 a 3,09 m/s) [14].

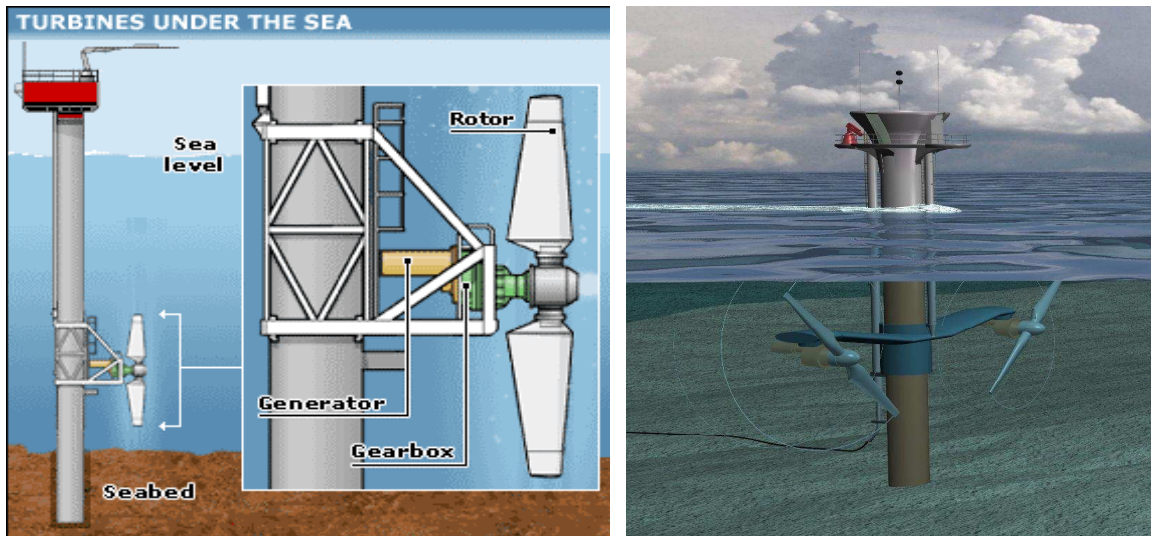


Fig. N° 1: Turbinas mareomotrices sumergibles operando debajo del mar, [12].

El tercer puerto que se analiza es el Puerto San Julián (Muelle Frigorífico). En este lugar los datos y las estadísticas de intensidad de los vientos muestran que predominan de dirección del sector W/NW con una velocidad media anual de 29,4 km/h (8,17 m/s a 10 metros de altura), y con intensidades de corrientes promedios de 4 nudos (2,06 m/s) [14].

Para el cálculo de la velocidad media del viento a 90 metros de altura en función de la evaluación de los datos disponibles para los respectivos puertos, tomamos en consideración la ley de variación de la velocidad del viento, definida como:

$$V/V_0 = (H/H_0)^n \quad (1)$$

Siendo  $V_0$  la velocidad media anual (m/s) a 10 metros de altura (SMN, 1992), y  $V$  la velocidad a 90 metros de altura,  $H_0=10$  metros; y  $n = 0,13$  (coeficiente para el tipo de terreno liso (mar)). Así por ejemplo, para el puerto de Río Gallegos, la velocidad a 90 metros de altura será:

$$V = (90/10)^{0,13} * 8,11$$

y luego  $V = 10,8$  m/s.

En las siguientes tablas se comparan las distintas características y bondades de los lugares en estudio:

Puertos	Ubicación Geográfica	Velocidad media anual a 10 m de altura	Dirección del viento	Intensidad de corrientes promedios	Amplitud de mareas máximas (m)
<b>P. Río Gallegos (Muelle El Turbio)</b>	Lat: 51° 37' S Long: 69° 17' W	29,2 km/h (8,11 m/s)	W y SW	2/6 nudos (1,03 a 3,08 m/s)	12,7
<b>P. San Julián (Muelle Frigorífico)</b>	Lat: 49° 19' S Long: 67° 40' W	29,4 km/h (8,17 m/s)	W/NW	4 nudos (2,06 m/s)	8,7
<b>P. Deseado</b>	Lat: 47° 45' S Long: 65° 55' W	33,26 km/h (9,24 m/s)	NW y SW	5/6 nudos (2,6 a 3,08 m/s)	5,6

Tabla N° 1: Características de las mareas y vientos de lugares patagónicos seleccionados (SHN, SMN).

Lugar	Velocidad media anual a 10 metros de altura - (m/s)	Velocidad media a 90 metros de altura - (m/s)
<b>Puerto de Río Gallegos</b>	8,11	10,8
<b>Puerto Deseado</b>	9,24	12,3
<b>Puerto San Julián</b>	8,17	10,87

Tabla N°2: Velocidades medias anuales a 10 metros de altura y velocidades a 90 metros en los tres puertos analizados (Barros,1985).

## 2.1 Maquinas Eólicas

El mercado eólico actual de tecnología de punta, permite disponer de turbinas que van desde 2 a 5 MW de potencia, con diámetros de rotores que superan los 100 metros. Las distancias entre turbinas deben ser de 8 diámetros en general y no menos de 4 diámetros para vientos preponderantes en una dirección [11]. Consideraremos máquinas eólicas de 3 a 4,5 MW con una distancia de 8 y 5 diámetros entre turbinas dada la preferencia de dirección de vientos para los lugares de la costa patagónica de los puertos de Río Gallegos, San Julián y P. Deseado en la provincia de Santa Cruz.

Se propone que las turbinas eólicas puedan ser utilizadas para generación combinada junto con las turbinas marinas reversibles, aprovechando de esta manera los vientos y las mareas en una misma base y columna de soporte.

Los aerogeneradores actuales de gran potencia están muy optimizados por la tecnología actual. De la variedad de fabricantes del mercado seleccionamos a la empresa Vestas, que es la más grande del mundo y con máquinas lo suficientemente probadas en funcionamiento. Estas turbinas accionadas a distintas velocidades del viento, y para salida de potencia lo mas constante posible, disponen de un control optispeed. Esta tecnología permite que la velocidad del rotor varíe en un 60% dentro de unos límites en relación con la velocidad nominal. Esto reduce las fluctuaciones no deseadas en la producción del suministro de potencia a la red eléctrica y minimiza las cargas en las partes esenciales del aerogenerador [16]. Los aerogeneradores asíncronos con optispeed y equipados con caja multiplicadora tienen una velocidad de arranque de 3,5 y 4 m/s.

Los diseños actuales de turbinas tienden a reducir los costos de producción, transporte e instalación. En nuestro caso analizamos combinaciones de máquinas de distinta potencia para optimizar el rango de energía suministrada y potencia instalada a considerar. La instalación propuesta es cerca de la costa marina en profundidades menores a 30 metros [9] y la comparación de turbinas se realiza en la Tabla N°3 con cimientos submarinos para torres de distinta potencia (3 y 4,5 MW).

Aunque es posible que cueste más la instalación eólica y el mantenimiento de las turbinas, los cimientos submarinos y los costos de cimentación son más económicos cuando se reduce la masa de la parte superior mediante la tecnología actual [16]. Por eso los cimientos submarinos de una torre para turbina de 4 a 5 MW son más baratos por MW instalado que cimientos submarinos para turbinas de menor potencia [16]. Para nuestro caso como el lugar es acotado por las corrientes marinas, a turbinas mas grandes, con la condición de los diámetros de separación habrá menos dispositivos y por lo tanto menos columnas a instalar.

Máquinas Eólicas (Vestas)	V90-3,0 MW	V120-4,5 MW
Diámetro del rotor (m)	90	120
Área barrida por el rotor (m <sup>2</sup> )	6.362	11.310
Velocidad de viento nominal (m/s)	15	12
Velocidad de giro nominal del rotor (a Potencia Nominal) (rpm)	16,1	12,4
Torre a Altura del Buje (aprox.) (m)	65-80-90-105	Según el lugar
Potencia Nominal (MW)	3,0	4,5

Tabla N° 3: Características de turbinas eólicas mas grandes de Vestas.

## 2.2 Turbinas Mareomotrices:

Utilizan el mismo desarrollo tecnológico que las eólicas (Ver Fig. N°1). La diferencia principal radica en la densidad del agua. Además las velocidades del fluido son menores, del orden de 2 a 3 m/s en vez de 8 a 10 m/s en el aire. Dicho incremento permite reducir varias veces el diámetro del rotor para una misma potencia dada (3 a 5 veces). El limitante del tamaño del rotor en el caso mareomotriz, es la amplitud de mareas y la profundidad mínima disponible en el lugar. El requerimiento básico para la relación costo – potencia generada es que la velocidad del agua se encuentre entre 2, 25 a 2,5 m/s a una profundidad menor a 30 metros.

Cada turbina sumergible trabaja en ambas direcciones de flujo. En nuestro caso, dicha profundidad limita el uso de maquinas de potencia entre 500 y 700 kW. En la actualidad hay prototipos hasta 600kW. Consideramos máquinas de 500kW.

## 2.3 Despacho de Potencia Eólico – Mareomotriz:

Para el despacho de potencia de una granja eólica – mareomotriz la disponibilidad de energía eólica dependerá de la existencia y previsión de vientos y mareas apropiados. Además de la disponibilidad de energía de las mareas será según la periodicidad de las mismas y mayor en mareas de sicigias (Sol y Luna del mismo lado) que en el caso del Sol y la Luna en oposición. A esto se suma la modulación del apogeo y perigeo entre la Luna y la Tierra. Podemos inferir que habrá una disponibilidad diaria de potencia según las mareas a la que se sumará la disponible por la predicción de vientos.

Los vientos de la costa atlántica patagónica son predominantes del sector W y SW como vimos en la Tabla N° 1. Además son casi permanentes con velocidades promedio en esta región que van de 8,11 a 9,24 m/s (a 10 metros de altura), lo que permite una muy buena predicción de vientos para el despacho de potencia.

Para optimizar el módulo de potencia a instalar por columna, se concluye que la tecnología actual nos permite disponer de una turbina eólica con dos turbinas mareomotrices sumergidas en una misma columna de soporte.



Fig. N°2: Turbina eólica con dos turbinas mareomotrices sumergidas en una misma columna soporte.

### 3. FACTIBILIDAD DE GENERACIÓN EN LOS LUGARES SELECCIONADOS:

Los módulos eólico-mareomotrices seleccionados en este trabajo para la aplicación propuesta serán desde 4 MW (3MW eólicos + 2x 0,5 MW mareomotrices) a 5,5 MW (4,5 MW eólicos + 2x 0,5 MW mareomotrices). En la Tabla N°4, se muestran según los lugares los módulos posibles para cada uno de ellos y la potencia total instalada de la granja eólico-mareomotriz. Realizamos dos variantes con turbinas eólicas de 3MW y 4,5MW (solo para Río Gallegos), y dos situaciones de instalación: a 8 diámetros (normal) y a 5 diámetros (por vientos preponderantes del W). Se asume que las máquinas marinas optimizan su potencia y entregan el máximo entre 2 y 3m/s de la velocidad del agua [9]. Las cifras en negro indican que con máquinas de 4,5MW se obtiene menor potencia instalada, dada la diferencia de diámetros y por consiguiente su separación, respecto de las de 3MW. Así para 5 diámetros se tiene más del doble de potencia instalada con eólicas 3MW que con 4,5MW. Por ello se elige como óptimo el uso de máquinas de 3MW para lo cual estamos entre 100MW y 200MW de potencia instalada global

Lugar	Maquina s eólicas	Diámetros de maquinas eólicas	Distancia entre columnas	N° de maquinas eólicas	Velocidad del agua	Turbinas mareo-motrices	N° de turbinas mareo-motrices	Potencia total de la granja
P. Río Gallegos	3	90	8 diam.	18	3	0,500	36	72
			5 diam.	28			56	112
	4,5	120	8 diam.	6			12	33
			5 diam.	10			20	55
P. Deseado	3	90	8 diam.	4	3	0,500	8	16
			5 diam.	7			14	28
P. San Julián	3	90	8 diam.	7	2	0,500	14	28
			5 diam.	10			20	40
<b>TOTAL</b>								<b>116</b>
<b>TOTAL</b>								<b>180</b>
<b>Unidades</b>	MW	(m)	(Km.)		(m/s)	MW	máquinas	MW

Tabla N° 4: Detalle de generación eólica-mareomotriz por lugar de instalación. [7].

#### 3.1 Potencia Disponible y Estimación de la Energía:

En la Estimación de la Energía (MWh/año) de los tres lugares seleccionados para la granja Eólico- Mareomotriz propuestos, se consideran sólo máquinas eólicas de 3MW y marinas de 0,5MW. Se considera un factor de planta de 0,4 para las turbinas eólicas (valor conservador frente a 0.42 en Comodoro Rivadavia y 0,47 en Pico Truncado). Las mareas se estiman una cada 12 horas con 6 horas de aprovechamiento en pleamar y otras 6 horas en bajamar. La tabla de estimación de Energía Anual es la siguiente:

Lugar	Maquinas	Nº de Maquinas	Potencia MW	Pot. Media MW	Horas/Dia	Dias/año	MWh/Año
Puerto Río Gallegos	Eólicas	18	3 *	1,2	24	365	189.216
		28					295.336
	Mareomotrices	36	0,5	12	78.840		
Puerto San Julián	Eólicas	4	3 *	1,2	24	365	42.048
		7					73.584
	Mareomotrices	8	0,5	12	17520		
		14			30.660		
Puerto Deseado	Eólicas	7	3 *	1,2	24	365	73.584
		10					105.120
	Mareomotrices	14	0,5	12	30.660		
		20			43.800		
<b>Total Estimación de Energía</b>							<b>431.868</b>
<b>Observaciones</b>							<b>671.140</b>
		8 diám. 5 diám.	*: a 90 m de altura	<b>Potencia media anual</b>			<b>49,3 MW</b> <b>76,6 MW</b>

Tabla N° 5: Estimación de Energía para el V90 – 3,0 MW y turbinas marinas de 500kW.



Fig. N° 3: Carta náutica de Puerto Deseado con la línea de distribución de las maquinas eólicas y mareomotrices.

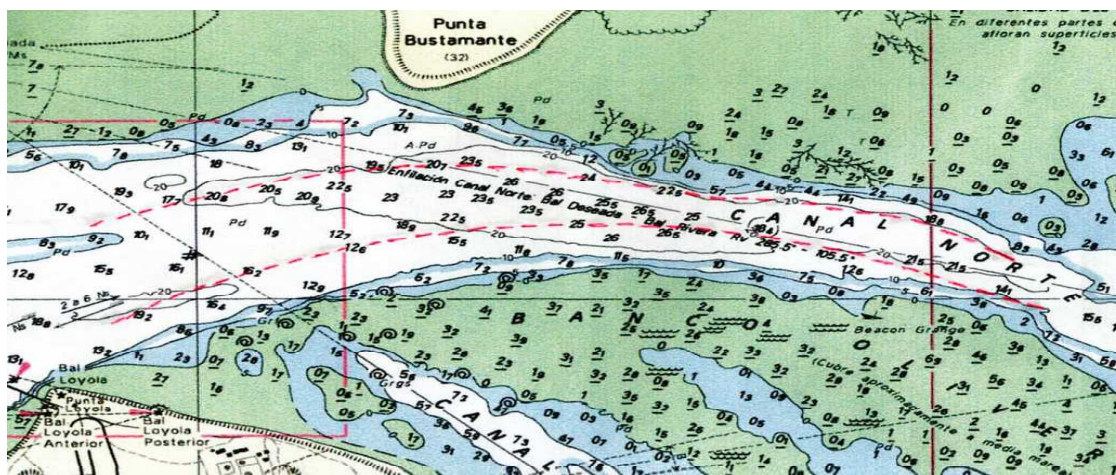


Fig. N° 4: Carta náutica del Puerto de Río Gallegos con la línea de distribución de las maquinas eólicas- mareomotrices.

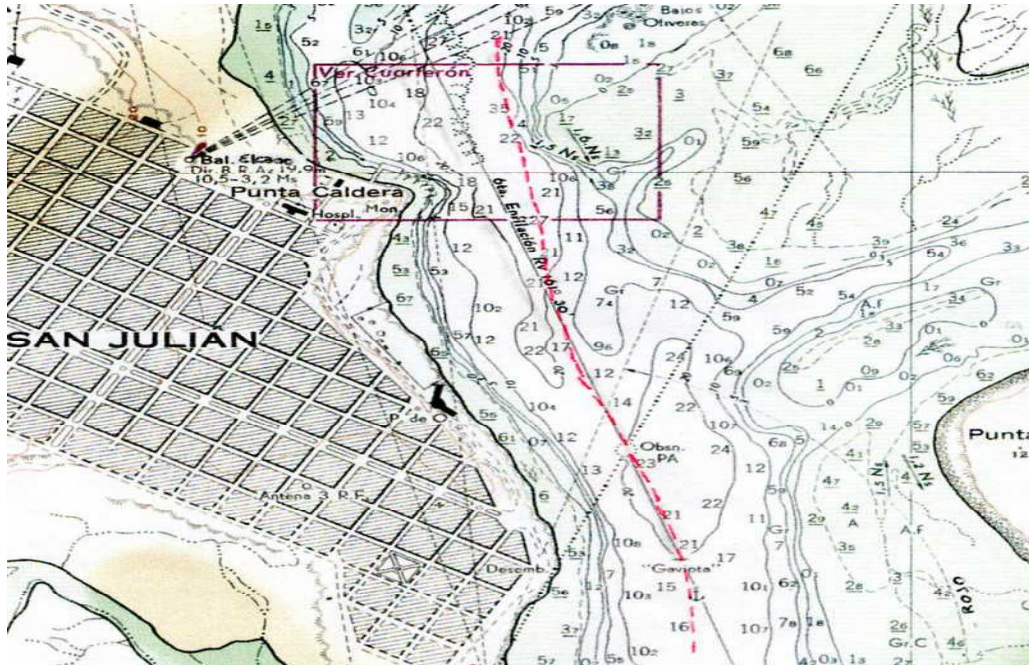


Fig. N° 5: Carta náutica del Puerto de San Julián con la distribución de la línea de las máquinas eólicas-mareomotrices

### 3.2 Análisis de Costos:

A continuación se detallan costos estimativos (US\$) de manufactura, instalación y conexión, operación y mantenimiento [12], [16] en 25 años de vida útil (Costo del ciclo de vida de la instalación):

Tipo de Generación (25 años de vida útil)	Costo de manufactura * US\$/kW	Costo Instalación y Conexión a Red US\$/kW	Costo Operación y Mantenimiento – US\$/kW - (25 años)	Costo de desmantelamiento y ambiente -US\$/kW	Costo total US\$/kW
Eólica	1500	500	1250	50	3300
Mareomotriz	1425	1330	1250	50	4055

Tabla N° 6: Costos estimativos (US\$) de manufactura, instalación y conexión, operación y mantenimiento [12], [16]

\* Incluye costo de financiamiento

Recordando que se eligieron máquinas eólicas de 3MW a 5 diámetros de distancia una de otra y turbinas mareomotrices de 500kW dobles por columna, obtenemos los siguientes costos:

Lugar	Maquinas	N° de turbinas	Potencia MW (1000kW)	Costo total US\$/kW	Costo total Del ciclo de vida x 1000 US\$	Tiempo del ciclo de vida (en años)	Energía Anual x 1000 kW.h	Costo energía generada US\$/kWh
Puerto Río Gallegos	Eólicas	28	3	3300	277200	25	295336	0,00375
	Mareomotrices	56	0,5	4055	113540	25	122640	0,0037
Puerto San Julián	Eólicas	7	3	3300	6930	25	73584	0,00377
	Mareomotrices	14	0,5	4055	28385	25	30660	0,0037
Puerto Deseado	Eólicas	10	3	3300	99000	25	105120	0,00375
	Mareomotrices	20	0,5	4055	40550	25	43800	0,0037
<b>Promedio</b>								<b>0,00373</b>

Tabla N° 7: Costos estimativos de energía generada (US\$/kWh.)

Se han tomado costos a lo largo del ciclo de vida y luego analizados en el calculo final. Los coeficientes de planta son altos (0,4 para eólicas y 0,5 para mareomotrices). El valor obtenido de costo de generación como resultado en la tabla anterior, se aproxima a las 4 milésimas de dólar, siendo un valor. En pesos sería alrededor de 12 milésimas de peso /kWh generado probablemente entre 20y 30 milésimas de peso /kWh en el MEM. En el mercado internacional el costo por kWh al consumidor ronda las decenas de milésimas de dólar (0,08 a 0,15). En nuestro país la energía al distribuidor está en el orden de 40 milésimas de peso (MEM regulado) y al usuario le cuesta entre 80 a 200 milésimas de peso dependiendo quien le provee (Cooperativa, Ente Provincial, Privado, etc.). La distorsión peso/dólar hace que no sean interesantes inversiones de Energía Renovable en la Argentina, pero en el futuro la exportación de energía eléctrica puede ser un negocio interesante, incluso con mejor tecnología que la actual. No se han considerado los subsidios nacionales y/o provinciales por ley de Energía Renovable dado que no es un cálculo detallado, solo se ha pretendido ver si las cifras andan en el orden de los mercados.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **4.1 Conclusiones:**

Este trabajo pretende ser una propuesta inicial para el interés de generación combinada eólico-mareomotriz en la Costa Atlántica Patagónica (Región continental sur del paralelo 40), como alternativa para paliar las necesidades de potencia instalada en el Sistema Eléctrico Nacional y para mitigar la desocupación mediante la generación de puestos de trabajo en la instalación. Se dan las bases técnicas y una aproximación económica para ver la viabilidad económico-técnico-social de aplicación.

Es una combinación de Fuentes de Energía de la cual no se tienen antecedentes en el mundo de instalaciones realizadas y/o propuestas, pero no deja de ser posible su realización con la tecnología actual y la disponibilidad de recursos técnicos locales de la industria petrolera para su ejecución en el mar cercano a la costa Atlántica Argentina.

Podemos apreciar que utilizando la tecnología de punta disponible, se puede llegar a obtener una potencia instalada entre 116MW con 8 diámetros de separación y 180MW con 5 diámetros de separación y una potencia media aproximada entre 50 y 77 MW respectivamente con un factor de planta conservador para la zona de 0,4. Estas estimaciones son entre los tres lugares seleccionados sin realizar casi dragados. Hay que considerar que esta potencia es comparable con la demanda de la provincia de Santa Cruz que es donde se proponen las instalaciones iniciales de este trabajo.

Otra facilidad adicional que tienen las instalaciones de este tipo es que cada módulo puede entrar en operación una vez instalado sin necesidad de que este toda la granja eólica-mareomotriz terminada. Esto permite disponer de generación de energía para tener tempranamente retorno a la inversión. Se estima que el primer módulo, disponiendo de los materiales en la costa, puede ser ensamblado y puesto en operación en 6 meses.

Los valores de potencia instalada y potencia media anual estimados no son despreciables dado que la granja eólica mas grande que posee la Argentina (Comodoro Rivadavia) es de 27 MW instalados. Además los planes de instalación de energía eólica inland con similar tecnología no superan los 200MW.

El costo obtenido en dólares/ peso para el MEM estaría en el orden de los que se dan en las transacciones actuales. Se ha sido optimista en la generación pero aunque los costos de generación fueran el doble estaríamos dentro de la banda de precios actuales. Además la Ley de Energía renovable favorece el ingreso de este tipo de generación al mismo precio que las hidráulicas. Los costos de las turbinas mareomotrices bajaran en los próximos años porque por ahora las más grandes son prototipos y por otro lado aumentará la potencia por máquina ya que en algunos lugares es posible poner de hasta 700kW. Ya sabemos que las máquinas eólicas siguen bajando sus costos por kW instalado y por eso concluimos que con el paso del tiempo bajarán aun más los costos de generación.

Para la instalación de los módulos eólicos-mareomotrices se pueden utilizar medios disponibles que pueden ser remolcadores locales de buques, y sobretodo para llevar las bases de H°A° a la línea de generación. Las plataformas flotantes son para el montaje de las turbinas. Ambos equipos están disponibles por la industria pesquera y de prospección petrolera del lugar.

Respecto de lo social, en base a la industria eólica, podemos apreciar que 15,5 puestos de trabajo se generan por MW instalado en Europa. Estimamos que como no se construyen las turbinas aquí, pero su instalación offshore requiere equipo pesado adicional se necesitaran no menos de 10 personas por MW instalado. De esta manera podemos inferir que alrededor de 1800 puestos de trabajo de máxima serian posibles, así como un menor costo de mano de obra local.

### **4.2 Recomendaciones generales y de Medio Ambiente**

De realizar mejoras, y disponer del coeficiente de planta estimado para cada lugar y analizar otros lugares como la zona de la Bahía Laura y la desembocadura del río Santa Cruz se podría incrementar esta potencia instalada casi al doble. Se puede expandir este tipo de generación combinada al norte en la costa de la Provincia del Chubut, con excepción de la península de Valdés.

Para minimizar el impacto con otras actividades industriales (transporte marítimo, pesca, logística de la extracción de petróleo, etc.), hay que tener en cuenta el balizamiento por la circulación de barcos, ya que estos tres lugares son puertos de ultramar.

Respecto del impacto ambiental, que no es significativo comparado con centrales mareomotrices cerradas como La Rance (Francia), hay que analizar la protección del ambiente marino costero tomando en consideración en primer lugar en los estudios previos, programas de monitoreo, aspectos ornitológicos debido a los cambios físicos en el hábitat, efectos de perturbación de las aves y el riesgo de colisión, aspectos hidrológicos, sedimentológicos (caracterizando en primer lugar el fondo marino, uniformidad), impactos visuales (considerando la distancia de las turbinas al observador), impacto sobre la pesquería y mamíferos marinos (realizando previamente un programa de monitoreo de la fauna béntica), impactos paisajísticos.

Cabe destacar que las turbinas mareomotrices sumergibles tienen una baja velocidad de rotación (10 a 20 rpm) por lo que no causan riesgos de gran magnitud e impactos significativos en la fauna marina (como lobos marinos, pingüinos, etc), además el movimiento y ubicación específica de los mamíferos mas grandes como la ballena franca austral se da durante los meses de mayo

a diciembre en la Península de Valdés donde se ubican para reproducirse y parir sus crías. Finalizada la temporada reproductiva migran a zonas con abundante alimento o sea a las aguas australes de atlántico sud-occidental, en aguas antárticas y subantárticas para su alimentación [18].

La cuestión hidrológica y sedimentológica es mínima con respecto a cambios ya que las instalaciones son columnas hincadas en el fondo marino y no cerramientos de kilómetros como en el caso de las mareomotrices convencionales, además los proyectos de dragados en las áreas costeras de los puertos al ser casi mínimos, no producirían casi un aumento de turbidez, ni liberación de contaminantes de los sedimentos, sumado en beneficio ya que los sedimentos proveen a la macrofauna una fuente de alimento, soporte y protección .

Las turbinas eólicas mas grandes tienen una baja velocidad de rotación, y bajos niveles de ruido por lo que no ocasionarían un impacto significativo sobre las migraciones y el paso de bandadas de aves.

En la fase de planificación debe tenerse en cuenta el peligro de colisión de los barcos con los aerogeneradores, las interferencias en las comunicaciones por radio y la navegación, entre otros por eso se analizaron 8 diámetros, 720m entre columnas y 5 diámetros, 450m entre columnas.

También habría que considerar el impacto visual sobre el medio perceptual, y el medio socioeconómico (cambio de uso del territorio, infraestructuras, desarrollo turístico, así como en los aspectos culturales los restos arqueológicos, etc.).

En cuanto a otras acciones impactantes, como por ejemplo; el transporte de materiales de los componentes (que no se necesitaría prácticamente apertura de caminos y accesos) de las maquinas, los cimientos y el uso de maquinaria pesada como grúas, etc., hay que realizar un estudio más importante tanto para la fase de construcción como para la fase de funcionamiento para determinar la capacidad de acogida de los lugares seleccionados [17]

## REFERENCIAS

- [1] Armada Argentina, Servicio de Hidrografía Naval; H610- Tablas de Marea (2006) – Puertos de la República Argentina y algunos puertos de Brasil, Uruguay y Chile.
- [2] Barros V. (1985). Mapa eólico de la Patagonia, CONICET
- [3] Bianchi G. (2006). “Propuesta de un Plan Energético Nacional”, 1º jornada sobre “Energías Alternativas”, Universidad Nacional del Comahue, Neuquen.
- [4] Black & Veatch. (2004). Europe and global tidal stream energy resource assessment – a report prepared for the Carbon Trust under the Marine Energy Challenge, UK
- [5] BWEA Marine, <http://www.bwea.com>
- [6] Carbon Trust Future marine energy. (2006). Results of the Marine Energy Challenge: cost competitiveness and growth of wave and tidal stream energy.
- [7] Cartas Náuticas de los puertos de Santa Cruz; P. Deseado, P. Río Gallegos y Puerto San Julián, Servicio de Hidrografía Naval.
- [8] Carta Náutica H – 451 B del Puerto de Río Gallegos, Servicio de Hidrografía Naval (SHN).
- [9] Kerr D. (2007). Marine Energy, Journal of Philosophical Transactions of Royal Society, pp. 4-13
- [10] Le Gourieres D. (1983). Energía Eólica, Editorial Masson S.A., pp. 16-19
- [11] Mattio H. (1998). Anales de las Primeras Jornadas del Viento de la Patagonia, Neuquen.
- [12] Marine Current Turbines, [marineturbines.com](http://marineturbines.com)
- [13] Servicio de Hidrografía Naval. (2006), <http://www.hidro.gov.ar>
- [14] Servicio Meteorológico Nacional. (1992). Estadísticas Climatológicas 1981 – 1990, Serie B – N ° 37, Primera Edición, Buenos Aires.
- [15] Tidal Power, In Proc. Third Conf. Tidal Power organised by the ICE. Thomas Telford, 1992.
- [16] Vestas Wind Systems A/S, <http://www.vestas.com>
- [17] Vicente Conesa Fdez- Vitor. (2003). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Ediciones Mundi-Prensa, pp.: 24-162-164-165, Madrid; España.
- [18] CENPAT: Centro Nacional Patagónico. (2006). Grupo de Biología Marina
- [19] Eskesen M. Renewable Energy World, James & James (science publishers) Ltd., May-Jun 2000.
- [20] International Energy Agency. (1998). The Environmental Implications of Renewables, ¿Bening Energy?, pp. 60-67, Edit OECD/IEA, France.

**ABSTRACT:** The Atlantic “Patagonic” Coast is one of the few places of the world presents great possibilities of taking advantage on wind energy resource as the tidal energy potential, due to good characteristics of winds and the amplitude of the tides by its latitude. The chosen places in this work for wind-tidal development have 12m tide amplitude y very good wind speed of the country at low atmospheric turbulence. It is proposed offshore technology and immersed tidal turbines. This technology requires integration with oil industry, available in this region, and local low cost of installation. The proposal developments for dual generation specifically will be in the harbor of Río Gallegos, San Julian and Deseado. They have wind from 8 to 10 m/s to 10 m/s of height, and speeds of the water in the change tides of 3 from 2 to m/s. Annual generation and estimated cost are calculated. The best combination of installed power referred to distance between turbines and available resources of wind and tides are taken into account. Mega civil-installation for tidal energy (The Rance, France, 1960) with high environmental impact are avoid with this proposal because of the use of wind and two tidal turbines on the same column.

**Key words:** tidal energy; wind energy; Patagonia; combined generation; marine energy