

# EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE CORRIENTES DE MAREA EN EL ESTUARIO DEL RÍO SANTA CRUZ

Leandro D. Kazimierski<sup>1,2</sup>, Lucas Bindelli<sup>1,2</sup>, Mariano Re<sup>1,2</sup>, Nicolás D. Badano<sup>1,2</sup>  
y Martín Sabarots Gerbec<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional del Agua, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: leandrokaz@gmail.com

## Introducción

El aprovechamiento de la energía proveniente de las mareas puede ser de dos tipos: utilización de la energía potencial provocada por la diferencia de nivel de agua en centrales ubicadas en presas que cierran sitios con buena amplitud de marea, o captación de la energía cinética de las corrientes de marea con turbinas localizadas en zonas de alta velocidad.

La energía cinética de las corrientes de marea está relacionada con el constante movimiento de los flujos de marea. El aprovechamiento de esta energía es reciente, encontrándose en una etapa de desarrollo para la cual existe una gama variada de soluciones. La producción de energía se efectúa a través de un sistema de turbinas que se instalan subacuáticamente.

El concepto de generación es similar al de la explotación de la energía eólica, sin embargo, debido a la alta densidad del agua respecto de la del aire, un sistema de turbinas hidrocínicas puede producir la misma cantidad de energía a una menor velocidad de rotación y en un área más reducida. Esta ventaja relativa resulta importante, además de la previsibilidad de las mareas respecto de la del viento.

Las desembocaduras de los ríos en el océano son puntos ideales para aprovechamiento de las mareas, debido a la confluencia de las mareas con el río y a la morfología propia de la desembocadura. Esta situación, en coincidencia con una buena amplitud de mareas, abre la oportunidad a que esta energía sea aprovechada en zonas próximas al territorio y en ocasiones cercanas a puntos de consumo de energía como ciudades o puertos. En la Argentina, estas posibilidades se combinan en los estuarios de la Patagonia Austral (Figura 1).

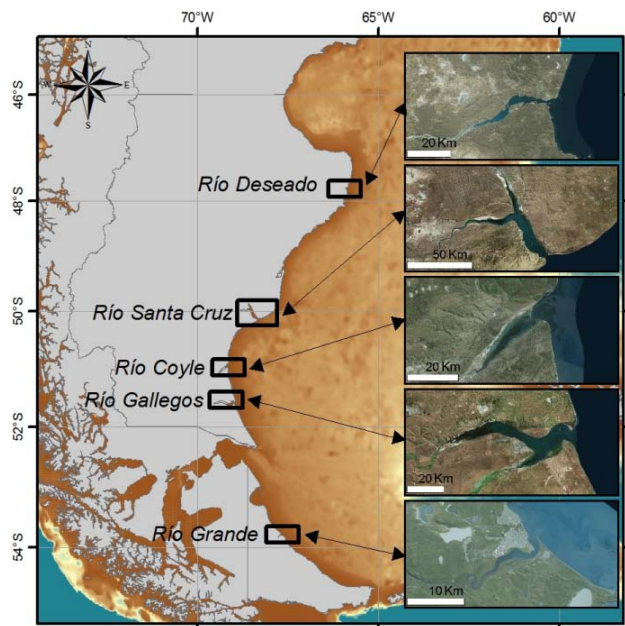


Figura 1.- Estuarios Patagónicos.

## Objetivo

El proyecto consiste en evaluar el potencial hidrocínético en el estuario del río Santa Cruz mediante la implementación de herramientas de simulación numérica avanzadas para el desarrollo de estudios de ingeniería costera.

Esta idea apunta a establecer un avance concreto sobre la caracterización de un recurso estratégico, que, a la luz del desarrollo prominente de nuevas tecnologías de explotación, podría convertirse en un futuro cercano en una fuente energética competitiva.

## Metodología

La metodología de base para este análisis consiste en la simulación hidrodinámica utilizando el software Delft3D de Deltares. El esquema de simulación a desarrollar implica la implementación de un modelo regional del Mar Argentino, con un dominio que permita simular adecuadamente la circulación en la Plataforma Continental, forzando a partir de modelos globales de marea denominado Rank0. Luego se propone un segundo modelo anidado, Rank1, que incluye a todos los estuarios, pero con una relación de longitudes de aproximadamente 1 en 5 con respecto al Rank 0. Posteriormente, para cada estuario se proponen 2 modelos anidados al Rank1 que se denominarán Rank2 y Rank3 (Figura 2). Cada Rank2 tomará las condiciones de borde del Rank1 y serán independientes entre ellos. La condición de borde del Rank0 se obtiene a partir de las componentes de marea del modelo global de mareas FES-Global Tide 2014b utilizando 14 componentes.

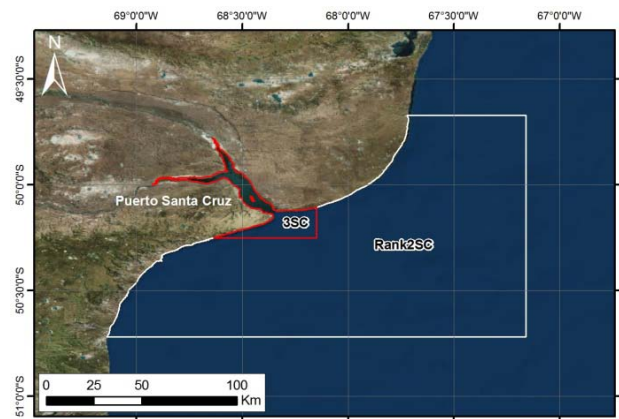


Figura 2.- Dominios del Rank2 y Rank3 del estuario del río Santa Cruz.

La batimetría del modelo se construyó utilizando como base primaria la topobatimetría global GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) de 30 segundos de resolución. En la zona del estuario, la información provista por GEBCO resulta insuficiente, es por ello que se construyó una batimetría con información de cartas de navegación del Servicio de Hidrografía Naval (SHN), isobatas generadas a partir de imágenes LANDSAT y la topobatimetría global buscando una superficie suave interpolando la información con una resolución de 500 metros.

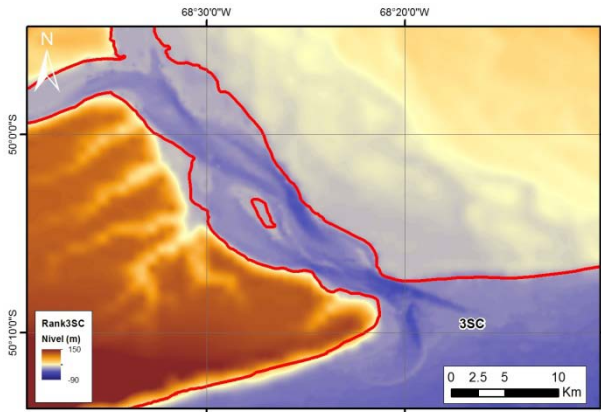


Figura 3.- Topobatemetría del estuario del río Santa Cruz.

El modelo se calibró utilizando el coeficiente de Manning como variable de ajuste. Se compararon las series en los puertos donde el Servicio de Hidrografía Naval realiza sus pronósticos y se obtuvieron los indicadores de Error Cuadrático Medio y el coeficiente de correlación  $R^2$  para todos los Rank (Tabla 1). El Manning adoptado fue de 0.015 para todo el dominio.

Tabla 1.- Indicadores de la calibración del modelo.

Dominio	$R^2$		ECM	
	Punta Quilla	Loyola	Punta Quilla	Loyola
Rank0	0.957	0.957	0.373	0.406
Rank1	0.975	0.957	0.223	0.415
Rank2	0.949	-	0.438	-
Rank3	0.963	-	0.316	-

## Resultados

Se seleccionó el generador SeaGenS con una potencia máxima total de 2 MW de eje horizontal con un rango de velocidades de 1 a 2.5 m/s y 20 metros de diámetro de hélice. Se obtuvo una estadística de 3 meses del modelo con el Rank3 delimitándose las áreas donde se tiene una profundidad mínima absoluta de 24 metros y velocidades que estén el 50 % del tiempo en el rango de lo solicitado por el generador. En la Figura 4 se observa en azul la zona donde se cumple el requisito de velocidad, en amarillo de profundidad y en verde de ambas condiciones, con lo que se obtiene un área de aprovechable 17 has.

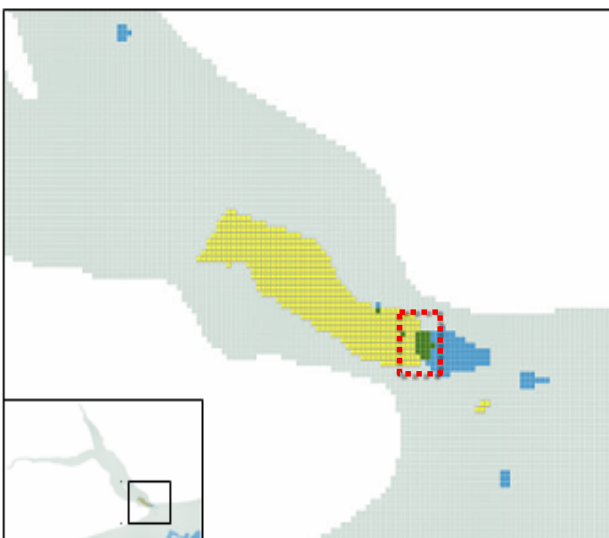


Figura 4.- Área apta para el Generador SeaGenS aprovechable un 50% del tiempo.

De las simulaciones, para cada celda se obtuvo la potencia hidrocínética mediante la integración de la instantánea potencia hidráulica sobre la columna de agua y la duración de la simulación:

$$E(x, y) = \int \frac{1}{2} C_p \rho h(x, y) |V(x, y)|^3 dt$$

Donde  $C_p$  es el coeficiente de performance de la turbina,  $\rho$  la densidad del agua,  $h(x, y)$  y  $V(x, y)$  son la profundidad y la velocidad media en cada celda del dominio (Badano et al, 2018). El  $C_p$  adoptado es de 0.35. Dadas las configuraciones de los generadores propuesto por los diseñadores, se adoptó un máximo de 10 turbinas en el área aprovechable obteniéndose un máximo de 800 KW.hr de energía y una potencia anual de 35 GW.hr/año.

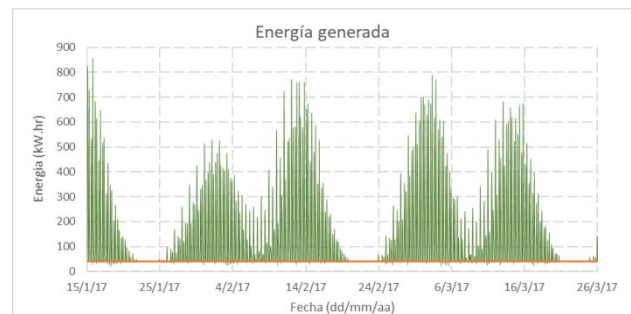


Figura 5.- Energía Generada por 10 generadores.

## Conclusiones

Se generó una metodología para el análisis de aprovechamientos mareométricos en estuarios utilizando modelación numérica. La información generada brinda precisiones sobre el recurso real aprovechable según distintas tecnologías y seleccionar la más apropiada según el campo de velocidades y profundidades optimizando la extracción de energía.

Se verificó que el estuario del río Santa Cruz tiene condiciones hidrodinámicas aptas para la instalación de generadores hidrocínético.

Este mismo análisis puede ser replicado en otros estuarios de la Patagonia Argentina como el estuario de Río Gallegos, Río Deseado, Río Grande y Río Coyle y permite realizar estudios de campo en zonas preestablecidas con condiciones aptas.

## Referencias bibliográficas

Badano, N. D., Espina Valdés, R., Álvarez Álvarez, E. (2018). *Tidal current energy potential of Nalón river estuary assessment using a high precision flow model*. Open Eng. 2018; 8:118–123. <https://doi.org/10.1515/eng-2018-0015>