

e.Wave: Sistema Olamotriz de Generación Eléctrica

Segura-Rivera, I¹; Vargas-Zapata, V¹; Chevez-Gomez, L¹; Fuentes-Salmerón, A¹; Obando-Meléndez, J¹; Álvarez-Chaves, F¹; Coto-Rodriguez, C¹; Barquero-Mena, T¹; Vega, C².

¹ Estudiante de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, ivandasr_93@hotmail.com

² Profesor Tutor, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, cvega@itr.ac.cr

Abstract– Con la finalidad de diversificar la matriz energética de Costa Rica, disminuir la huella de carbono del país y reducir el riesgo que representa la dependencia de hidrocarburos importados, e.Wave propone la construcción de un sistema de generación eléctrica capaz de aprovechar el recurso energético de las olas de Costa Rica, el cual se estima en 2,3 GW. El sistema olamotriz consiste en un sistema convertidor de energía mecánica a eléctrica. A continuación, se introduce la propuesta planteada y los rasgos más relevantes del diseño del primer prototipo a escala del sistema.

Palabras claves—Ola, energía olamotriz, energía renovable, huella de carbono, energía no convencional.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad actual de revertir los efectos del cambio climático y mitigar la crisis energética ha de asumirse planteando alternativas eficientes para la generación de energías limpias. En Centroamérica, y específicamente en Costa Rica, la problemática actual en términos energéticos radica tanto en las sequías cada vez más frecuentes, como en el aumento en el precio del petróleo.

Actualmente, Costa Rica produce un 11.8% de su energía eléctrica a partir de la quema de hidrocarburos. Este hecho resulta contraproducente en dos aspectos: la dependencia de hidrocarburos importados y la meta de convertir a Costa Rica un país carbono neutral en el mediano plazo [1].

Con el fin de contrarrestar la dependencia de hidrocarburos y reducir la huella de carbono, Costa Rica requiere abastecerse de una red de generación eléctrica limpia, por esto es necesario desarrollar nuevas líneas de investigación que permitan desplegar nuevas alternativas de generación eléctrica amigables con el ambiente.

Considerando que Costa Rica posee una frontera marina de alrededor de 1220 km, una alternativa muy atractiva parece ser aprovechar el potencial energético de sus mares. La energía oceánica ha sido estudiada extensamente desde 1980 y, en las últimas décadas, ha venido a ser un tema de gran interés científico. Gobiernos como los de Japón, Noruega y la Unión Europea han decidido invertir en la investigación para explotar el vasto recurso energético disponible en los mares [2].

El proyecto e.Wave tiene como objetivo desarrollar tecnologías que permitan aprovechar el potencial energético del mar en Costa Rica. En una primera etapa, expuesta en este artículo, e.Wave pretende crear un sistema que permita generar energía eléctrica a partir de las olas. A este tipo de sistemas se les conoce como olamotrices.

II. POTENCIAL ENERGÉTICO DEL OLEAJE EN COSTA RICA

Entre el 2000 y 2009 se realizaron investigaciones sobre el potencial bruto de las energías oceánicas en Costa Rica [3]. Las

investigaciones sustentan que Costa Rica posee potencial teórico de 2,3 GW en sus mares [3]. La investigación señala que el potencial energético en el oleaje debería ser explotado. Los resultados muestran que la zona del Pacífico posee una mayor densidad de condiciones de abrigo y profundidad, lo cual produce una mayor variación espacial de los valores medios de de los parámetros de agitación marítima (ver Figura 1).

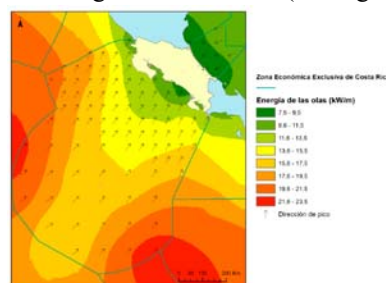


Figura 1. Potencial energético del oleaje en la ZEE de Costa Rica [3].

En la Figura 1 se resaltan, en colores del verde al rojo (siendo rojo el valor de mayor potencial), las zonas costarricenses con potencial para proyectos olamotrices sin intervención en zonas naturales protegidas.

III. PROPUESTA DE DISEÑO

Se propone el diseño de un sistema de cuerpo flotante que permita conducir un sistema hidroeléctrico de generación. El sistema (Figura 2) puede considerarse en tres partes: sistema actuador, sistema hidráulico y sistema eléctrico.

El brazo actuador, que actúa como un amplificador de fuerza, está adherido a un flotador (punto de absorción de la energía de la ola) y oscilará verticalmente debido a la acción de las olas. El movimiento del brazo accionará una bomba de pistón recíproca que desplazará un fluido (agua dulce) en un sistema hidráulico y lo almacenará a alta presión en tanques hidroneumáticos. El fluido almacenado en los tanques se utilizará para accionar una turbina acoplada a un generador que suministrará energía eléctrica.

Con el fin de hacer una prueba de concepto, se plantea construir un prototipo, utilizando como generador eléctrico un alternador de automóvil, el cual se hará girar entre 200 y 600 rpm. Un análisis comparativo realizado entre las turbinas Kaplan, Pelton y Banki, señala que la última es la más recomendada para aplicaciones a pequeña escala debido a que requiere pequeñas columnas de presión de agua para su operación y sería ideal para conducir el alternador [4].

A través de un código implementado en Matlab se determinan parámetros geométricos de la turbina y posteriormente se crean los planos de fabricación. La turbina Banki demandará un caudal mínimo de 0.0017 m³/s a una presión de 14.2 kPa para hacer girar el alternador a 600 rpm.

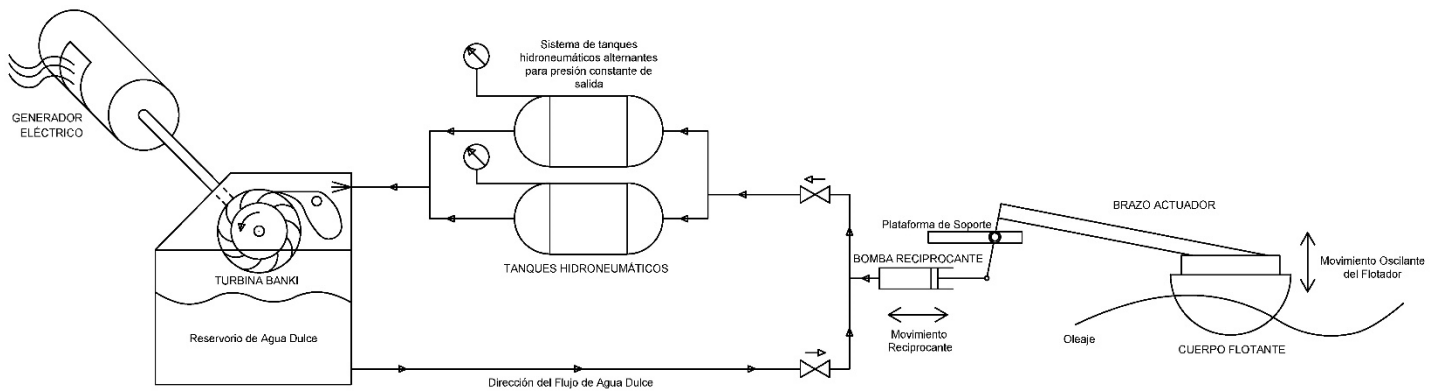


Figura 2. Esquemático del Convertor de Energía Marina. Fuente: Elaboración Propia.

Mediante nomogramas de diseño en PVC y el método digital SystemSyzer se establece que el diámetro óptimo de tubería y accesorios para el sistema hidráulico debe ser de 1¼ pulg. Este diseño respeta las normas establecidas por ASHRAE y garantiza un caudal agua entre 0.63 y 1.87 m/s.

Considerando que el periodo del oleaje esperado es de 10 segundos, y para el cual se diseña, el coeficiente de operación de los tanques de 1/12 min por ciclo a 50% de carga. Se utilizará por tanto, tanques hidroneumáticos de 0.03 m³.

Para el diseño de la bomba recíprocante de pistón de una etapa se consideraron cuatro aspectos fundamentales: fluido a utilizar, la presión y el caudal de trabajo requeridos, y la fuerza ejercida por el sistema de actuador flotante. Los parámetros de diseño fueron definidos por los valores más críticos de caudal y presión demandados por la turbina. Estos datos permitieron el cálculo de la longitud de carrera (200 mm), el diámetro del émbolo (70 mm) y del vástago (22 mm) y longitud del émbolo (28 mm) [5].

El subsistema del brazo actuador, en conjunto con el punto de absorción (PA), requieren especial atención para esta investigación. Muchos estudios sobre PA consideran solo un grado de libertad, que es un cuerpo flotante restringido para moverse con empuje vertical, esto con el fin de simplificar el análisis [6]. En forma general, la ecuación de movimiento del un PA está definida ecuación (1).

$$m\ddot{x} = f_s(t) + f_p(t) + f_h(t) \quad (1)$$

En la ecuación (1), m es la masa del cuerpo, x es la coordenada vertical de la posición del cuerpo, f_s es la fuerza de restauración (fuerza hidrostática), f_p es la fuerza vertical debido al mecanismo encargado de extraer la energía y f_h las fuerzas hidrodinámicas. Para un PA las fuerzas hidrodinámicas pueden resumirse a la fuerza ejercida por la ola, conocida como fuerza de excitación (Ec. 2).

$$f_h \approx f_e(t) = F_e(\omega) \cos \omega t, \quad F_e(\omega) = H \sqrt{\frac{\rho g^3 R_r(\omega)}{2\omega^3}} \quad (2)$$

Donde $F_e(\omega)$ es el coeficiente de excitación o magnitud de la fuerza de excitación, H es la amplitud pico-pico de la ola, ρ es la densidad del fluido que conforma la ola, $R_r(\omega)$ es el coeficiente de amortiguamiento (coeficiente de fricción viscosa), ω es la frecuencia angular y t es el tiempo [6] [7].

Además, la fuerza hidrostática puede considerarse como (3), donde S_b es la rigidez boyante del cuerpo flotante y η la dimensión vertical asociada al volumen sumergido.

$$f_s = S_b \eta \quad (3)$$

Considerando que f_p es la fuerza ejercida por la bomba recíprocante sobre el brazo actuador, se ha determinado la geometría del cuerpo flotante capaz de accionar el sistema. Se propone el uso de un flotador tipo toroidal hecho de caucho y con volumen variable.

IV. TRABAJO FUTURO

A partir de los planos creados se fabricará el primer prototipo. Además, se acondicionará un laboratorio equipado con un tanque generador de olas y equipo de medición que permita el estudio y caracterización de este tipo de sistemas, ya que actualmente el Instituto Tecnológico de Costa Rica no cuenta con estas instalaciones.

Posteriormente, se generará un modelo que permita optimizar la eficiencia del sistema antes de reproducirlo a una escala mayor.

V. CONCLUSIONES

Debido a que Costa Rica cuenta con un atractivo potencial energético en el oleaje, deben fortalecerse las investigaciones orientadas al estudio de sistema olamotrices. La construcción y desarrollo de estos sistemas podrían contribuir a la disminución de la huella de carbono generada por nuestro país y reducir el riesgo que representa la dependencia de hidrocarburos importados.

REFERENCIAS

- [1] Programa: Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica, «El potencial de las energías limpias puede crecer en Costa Rica.» 15 Junio 2014. Available: <http://www.energias4e.com/noticia.php?id=2627>. [Último acceso: 02 Febrero 2016].
- [2] A. Falcao, «Renewable and sustainable energy reviews,» 2010.
- [3] A. Brito, «Costa Rica: Determinación de Potenciales de Energía Marina para Generación Eléctrica» 2013.
- [4] J. E. Apontes Santos, M. A. Cubias Alas, A. E. Portillo Siguenza y W. . G. Romero Martínez, «Diseño y Fabricación de una Turbina Banki Y Propuesta del Banco de Pruebas,» El Salvador, 2011.
- [5] Quispe, H. «Diseño del sistema de transmisión de potencia hidráulica de un alimentador de mineral de 150 HP. » 2008 Consultado en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/752/1/quispe_sh.pdf
- [6] P. B. Garcia-Rosa, F. Lizarralde y S. F. Estefen, «Optimization of the Wave Energy Absorption in Oscillating-Body Systems using Extremum Seeking Approach,» *American Control Conference (ACC)*, pp. 1011-1016, June 2012.
- [7] European Marine Energy Centre (EMEC) , «EMEC ORKENEY,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/>. [Último acceso: 16 Febrero 2016].