

ESTIMACIÓN DE AGUA POTABLE, POR MEDIO DEL SISTEMA OTEC, PARA SU APROVECHAMIENTO EN ALGUNAS COMUNIDADES DEL OCÉANO PACÍFICO MEXICANO

García Huante Alejandro¹, Yandy Rodríguez Cueto¹, Erika Paola Garduño Ruíz², Armando Alonso Pérez Pérez³, Miguel Ángel Alatorre Mendieta⁴, Rodolfo Silva Casarín⁵ y Gérard Nihous⁶

¹ Centro Mexicano de Innovación en Energía Océano, AGarciaHu@iingen.unam.mx, yandroy84@gmail.com

² Posgrado en Ingeniería Civil, Instituto de Ingeniería, UNAM, pao_quim@yahoo.com.mx

³ Posgrado en Desarrollo Sostenible, Instituto de Ecología, UNAM, alonsopp@ciencias.unam.mx

⁴ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, maam@cmarl.unam.mx

⁵ Instituto de Ingeniería, UNAM, RSilvaC@iingen.unam.mx

⁶ Departamento de Ingeniería y Recursos Oceánicos, Universidad de Hawaii, nihous@hawaii.edu

Resumen

La escasez de agua potable es un problema creciente en todo el mundo, especialmente en las regiones áridas y entre los países en desarrollo. En México, sólo seis de cada 10 mexicanos tienen acceso diario al agua potable y al saneamiento, además de que se pierde 40% del líquido vital para la agricultura, lo que indica un uso ineficiente del recurso (CONAGUA, 2020). Otros problemas son que el acceso al servicio del agua potable y el drenaje es insuficiente e inequitativo, sobre todo en las zonas costeras donde se afectan marcadamente a las comunidades indígenas y afroamericanas (CONAGUA, 2020) así como la sobreexplotación de los mantos freáticos en todo el país, lo que genera condiciones de estrés hídrico, así como impactos de deterioro en los ecosistemas, perturbación en el ciclo natural del agua, contaminación de los cuerpos de agua, intrusión de agua marina en zonas costeras y reducción de la recarga de agua (Cotler, 2010).

En ese sentido, la tecnología OTEC pueden ser una solución importante para estos problemas debido a que se bombean cantidades masivas de agua de mar para generar no sólo energía de carga base (24/7) sino que, por medio del ciclo abierto, producir voluminosos suministros de agua desalinizada (Vega *et al.*, 2002). Es por esto que el objetivo de este trabajo fue estimar el flujo volumétrico de una planta OTEC de 100 MW en ciertas áreas de interés del Océano Pacífico mexicano para calcular la cantidad de agua potable que puede ser generada.

Metodología

De acuerdo con Hamedi y Sadeghzadeh (2017), dependiendo del diseño de la planta (producción de electricidad), los intercambiadores de calor (evaporadores y condensadores) y el ciclo de trabajo, se pueden evaluar y calcular la cantidad de agua utilizada en el proceso, dividida en dos fases: el gasto de agua fría profunda que entra y sale por el condensador y el gasto de agua cálida superficial que entra y sale por el evaporador.

A partir del diseño de una planta OTEC para generación de potencia neta eléctrica de 100 MW, se ocuparon las siguientes fórmulas para la obtención del gasto tanto de agua fría (en este caso, 1000 m de profundidad) como de agua superficial utilizada durante el ciclo de trabajo de una planta de igual generación:

$$Q_{cw} = \frac{P}{\eta C \Delta T_{cw}} \quad (1)$$

donde:

P es la potencia eléctrica en kJ s^{-1}

η es la eficiencia de ciclo OTEC

C es la capacidad calorífica del agua de mar en $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

ΔT_{cw} es la diferencia de temperatura del agua fría profunda en el condensador

$$Q_{ww} = \frac{P}{\eta C \Delta T_{ww}} \quad (2)$$

donde:

P es la potencia eléctrica en kJ s^{-1}

η es la eficiencia de ciclo OTEC

C es la capacidad calorífica del agua de mar en $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

ΔT_{ww} es la diferencia de temperatura del agua superficial en el evaporador

Debido a que, en promedio, las diferencias de temperatura del agua a las entradas y salidas del condensador y evaporador son de 3°C y que dependen, sobre todo, del material con que están fabricados estos equipos, se utilizaron los datos de diseño para una planta OTEC de 100/150 MW, de acuerdo con su simulación de ciclo termodinámico a partir del modelo matemático MOTEM (Makai OTEC Thermodynamic and Economic Model) para optimización de plantas de Gradiente Térmico Oceánico (Rizea, 2012). Los cambios únicamente fueron los datos de entrada donde se utilizaron las temperaturas superficiales y profundas de los sitios de interés y la potencia eléctrica generada.

Por último, se obtuvo la cantidad teórica de agua potable que potencialmente se puede producir en una planta de ciclo abierto anualmente, obteniendo el 0.55% del flujo final de vapor y condensarlo (Rajagopalan y Nihous, 2013). Con esto se pretende estimar una de las posibles ventajas de esta tecnología para su implementación en el país.

Resultados

De acuerdo con el análisis realizado por medio de las fórmulas de optimización de plantas OTEC, de acuerdo con el promedio anual, se obtuvieron los siguientes resultados de los flujos volumétricos de agua superficial y agua profunda, así como el volumen teórico de agua potable en algunos lugares de interés del Océano Pacífico mexicano (Tabla 1).

Tabla 1. Flujo volumétrico promedio anual de agua fría y superficial para diferentes sitios de interés y producción de agua potable.

Sitio	Potencia eléctrica promedio (MW)	(Q_{cw}) ($m^3 s^{-1}$)	(Q_{ww}) ($m^3 s^{-1}$)	Agua potable ($m^3 s^{-1}$)
Puerto Ángel	160.27	331.51	358.29	1.97
Nuxco	164.04	341.44	370.33	2.03
Colola	155.71	331.79	359.86	1.97
Puerto Vallarta	144.98	298.26	347.58	1.91
Cabo San Lucas	115.07	257.78	297.44	1.63

Los resultados aquí obtenidos deben tomarse como orientativos en virtud que se han obtenido de manera teórica con información extrapolada de otras plantas OTEC. Es recomendable realizar estudios específicos para valorar más realísticamente las pérdidas de energía por fricción en diferentes componentes de la planta como en las tuberías, los intercambiadores de calor, los evaporadores, condensadores, turbina, así como las pérdidas por velocidad en diferentes secciones de las tuberías.

Conclusión

La producción de agua potable de una planta OTEC de 100 MW abatiría la demanda de las zonas costeras mayores a 50,000 habitantes (hasta 400,000), esto reduciría de manera importante la presión sobre los mantos freáticos. Un porcentaje importante podría generar un sector industrial en esas áreas, así como activar actividades agrícolas y de acuicultura lo que permitiría un mayor desarrollo social y territorial en dichos municipios.

Referencias

- CONAGUA (2020). Programa Nacional Hídrico 2019-2024.
- Cotler, H., & R. Pineda, (2010). Manejo integral de cuencas en México ¿hacia dónde vamos? *Archivo Histórico del Agua*, 39: 16-21.
- Hamedi, A., & Sadeghzadeh, S. (2017). Conceptual design of a 5 MW OTEC power plant in the Oman Sea. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 16(2): 94-102.
- Rajagopalan, K., & Nihous, G. (2013). An Assessment of Global Ocean Thermal Energy Conversion Resources with a High-Resolution Ocean General Circulation Model. *Journal of Energy Resources Technology*, 135(4).
- Rizea, S. E. (2012). Optimization of Ocean Thermal Energy Conversion Power Plants. *Electronic Theses and Dissertations*, 2004-2019. 2368.
- Vega, L. A. (2002). Ocean Thermal Energy Conversion Primer. *Marine Technology Society Journal*, 6(4): 25-35.



1er Congreso Internacional
CEMIE-Océano





Cinvestav
UNIDAD MERIDA



Cinvestav
Unidad Saltillo



Cinvestav
UNIDAD GUADALAJARA



INSTITUTO
EPOMEX
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, PESQUERÍAS
Y OCEANOGRAFÍA DEL GOLFO DE MEXICO
Universidad Autónoma de Campeche



axisima
INGENIERÍA Y
MEDIO AMBIENTE



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA



PC
SECRETARÍA DE
PROTECCIÓN CIVIL
DEL ESTADO DE VERACRUZ



Universidad Veracruzana



UNIDAD ACADÉMICA
YUCATÁN



Instituto
de Biología
UNAM



IG
INSTITUTO DE
GEOGRAFÍA
U. N. AM.



INSTITUTO DE
CIENCIAS
FÍSICAS



INSTITUTO NACIONAL
DE ELECTRICIDAD Y
ENERGÍAS LIMPIAS



INECOL



UABC



UABC



UABC



UABC



CIDESI®



Universidad
del Caribe
CONOCIMIENTO Y CULTURA PARA EL DESARROLLO HUMANO



UABC



CICIMAR-IPN



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN



Potencia
Industrial



ECOSUR



ECOSUR



INFQE



DINA



DINA



IER
Instituto de Energías
Renovables



ESIME



CIOA
CENTRO DE INVESTIGACION
EN QUÍMICA APLICADA



UNIVERSIDAD DE
CIENEGA



CICATA-IPN



Tecnológico
de Monterrey



Centro de
Física Aplicada y
Tecnología Avanzada



Universidad Internacional
SECUNDARIA, BACHILLERATO, LICENCIATURA, INGENIERÍA, POSGRADO