

DISEÑO DE UNA PLANTA OTEC-CA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA DESALINIZADA Y ELECTRICIDAD A TRAVÉS DEL APROVECHAMIENTO DEL GRADIENTE TÉRMICO DE LAS AGUAS TERMALES Y SUPERFICIALES DEL MAR EN LOS CABOS, B. C. S.

Leandro Daniel Balan Pool, Lucero Isabel Castro Meneses, Eva Sofía Cetzal Chay y Estela Cerezo Acevedo

Universidad del Caribe, 180300399@ucaribe.edu.mx, 180300410@ucaribe.edu.mx, 180300394@ucaribe.edu.mx, ecerezo@ucaribe.edu.mx

Introducción

El Municipio de Los Cabos se localiza en el extremo sur de la península de Baja California a 220 km al sur de ciudad de La Paz. El suministro de energía eléctrica en el Estado se realiza fundamentalmente a través de plantas termoeléctricas. Su participación en las emisiones de GEI asciende a 35.6%. Se observa que la demanda de energía está en aumento por el crecimiento turístico y, en particular, en el destino Los Cabos (PRODESEN, 2018). Por otra parte, la principal fuente de abastecimiento de agua en el Estado de Baja California Sur proviene de aguas subterráneas por lo que es prioridad la recuperación y estabilización de los niveles de los mantos acuíferos, Se estima que el consumo promedio en la entidad, es 150 a 200 litros de agua por habitante por día. El agua potable producida por Los Cabos en el año 2015 fue de 28,458,164 m³. (CONAGUA, 2015).

La implementación de una planta de Conversión de Energía Térmica del Océano (CETO) u Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC, de sus siglas en inglés) de ciclo abierto que aproveche el gradiente térmico entre la temperatura de las aguas termales y las aguas superficiales del mar de los Cabos, podría representar una oportunidad para generar electricidad y agua desalinizada de manera local a partir de recursos renovables. Esta zona tiene, como parte de sus recursos naturales, aguas termales, Figura 1, cuyas temperaturas se encuentran entre los 42 °C y 72 °C (López et al. 2006).



Figura 1. Ubicación de las aguas termales. Elaboración propia.

Ciclo OTEC-CA

En el ciclo OTEC abierto se usa el agua de mar como fluido de trabajo, esta es bombeada a un evaporador flash, donde una fracción del agua se evapora; la mezcla se conduce a un Oseparator que retira el vapor seco del agua líquida para enviarlo a una turbina de baja presión con el fin de generar electricidad. Una vez que el vapor sale de la turbina es condensado con el agua subsuperficial del mar, obteniendo como subproducto agua desalinizada. Los principales sistemas de este ciclo abierto son: el evaporador flash, la turbina y el condensador (Avery, 1964). El diseño presentado en este trabajo utiliza el agua termal como fluido de trabajo y es condensado con el agua superficial del mar.

Desarrollo

Se considera que la temperatura promedio de las aguas termales es de 52 °C y para el mar situado enfrente de esta zona se considera una temperatura promedio anual de 20 °C. De acuerdo con (Marchand, 1985), la temperatura media logarítmica de los condensadores de tubo y coraza a contracorriente, utilizados tradicionalmente en los ciclos abiertos, es de 3 a 4 °C. por lo que, se obtuvieron las siguientes temperaturas de entrada y salida 20°C y 23°C respectivamente, mientras que

para el fluido de trabajo 25.21 °C. Así mismo se considera un flujo de agua desalinizada de 1000 L/s o 1 m³/s. La evaluación del ciclo termodinámico, mostrado en la Figura 2, se llevó a cabo con el software EES.

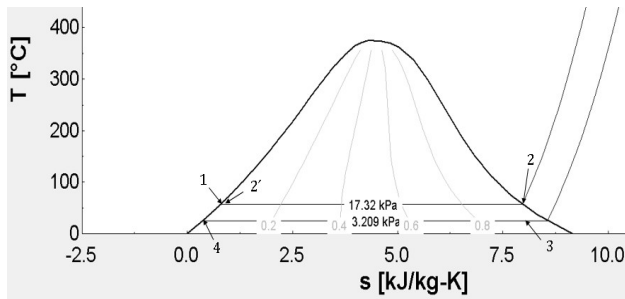


Figura 2. Ciclo termodinámico de la planta OTEC-CA. Elaboración propia.

Resultados.

Los resultados del balance de masa y energía se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Balance de masa y energía del ciclo OTEC-CA para producir 149 MW.

Resultado	Descripción	Valor	Unidades
η_{carnot}	Eficiencia de Carnot	0.112	
η_{th}	Eficiencia del ciclo	0.693	
(x_r)	Calidad del vapor a la salida de la turbina	0.956	
$\dot{m}_{\text{agua t,e}}$	Entrada de agua termal al evaporador	202,000	kg/s
$\dot{m}_{\text{agua t,s}}$	Salida de regreso de agua termal en salmuera	200,990	kg/s
$\dot{m}_{\text{agua t,e}}$	Entrada de vapor de agua al ciclo	1010	kg/s
$\dot{m}_{\text{agua m,e-s}}$	Entrada y salida de agua de mar en el condensador	187,890	kg/s
Q_e	Energía de vapor de agua en el evaporador	2.4	GW
Q_c	Salida de energía en el condensador	2.235	GW
W_t	Potencia en la turbina	165.6	MW
W_G	Potencia del generador	149	MW
W_b	Potencia de la bomba	14.77	MW

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, el aprovechamiento del gradiente térmico entre las aguas termales y las aguas superficiales del mar en los Cabos, B. C. S. y considerando un caudal de agua desalinizada de 1000 l/s podrían producir 4.57E+12 kJ/año de electricidad (149 MW) lo cual podría cubrir la demanda, el consumo total de energía en Los Cabos en el año 2013 alcanzó un poco más de 3.28E+12 kJ (SENER, 2013) y se dejarían de enviar a la atmósfera 3.39E+5 ton al año de CO₂. Por otro lado, una planta OTEC de estas dimensiones cubriría la demanda de agua, puesto que la planta desalinizaría 31,536,000 m³ de agua anualmente. Cabe señalar que es necesario la búsqueda de datos actualizados de demanda de estos insumos.

Para continuar con este proyecto, se realizará una evaluación termodinámica con datos actualizados de temperatura de las aguas termales y del mar; se realizará la ingeniería de detalle y costos de los subsistemas de la planta OTEC. Además de ser importante un estudio de impacto ambiental para prevenir, mitigar y controlar los efectos negativos de la utilización de las aguas termales en la zona.

Referencias

- Avery W., Wu Chih, (1994). Renewable Energy from the Ocean: A Guide to OTEC. Nueva York, Estados Unidos, Oxford University Press, Inc. CONAGUA (2015). Programa Hídrico Estatal de Baja California Sur. Gobierno del Estado de Baja California.
- López A., Bancora C., Prol-Ledesma R.M., Hiriart G. (2006). A new geothermal resource in Los Cabos, Baja California Sur, Mexico, in: Proc. 28th NZ Geotherm. Workshop, 2006, pp. 1e6.
- Marchand. P. (1985). L'énergie thermique des mer. Francia. Institut Français de Recherche pour l'exploitation de la mer. IFREMER. ISBN 2905434.05.8
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) (2018). PRODESEN 2018-2032. Secretaría de Energía.

SENER. (2013). Evaluación rápida del uso de la energía: Los Cabos, Baja California Sur, México.



1er Congreso Internacional
CEMIE-Océano



