

# EXPERIMENTACIÓN CON UN EQUIPO DE ELECTRODIÁLISIS INVERSA DE 50 CELDAS PARA APROVECHAR LA ENERGÍA DEL GRADIENTE SALINO EN MÉXICO

Mateo Roldan Carvajal<sup>1</sup>, Jesús Nahum Hernández Pérez<sup>2</sup>, Elier Sandoval Sánchez<sup>3</sup>, Ziomara De La Cruz Barragán<sup>3</sup>, Monserrat Ortiz Salcedo<sup>3</sup> y Cecilia Enríquez Ortíz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Grupo de ingeniería electroquímica, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, mroidanc@unal.edu.co

<sup>2</sup> Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, México, nahum.hdz3200@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, ESandovalS@iingen.unam.mx, zdelacruz@iingen.unam.mx, MOrtizS@iingen.unam.mx

<sup>4</sup> Facultad de ciencias/Escuela Nacional de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, cenriqz@ciencias.unam.mx

## Introducción

La energía del océano se manifiesta de varias formas en: oleaje, mareas, corrientes, gradientes térmicos y gradientes salinos (Marín Coria et al., 2020). De especial interés por su disponibilidad en las costas tropicales (Alvarez-Silva et al., 2016) y por las nuevas aplicaciones (ejemplo: Sistemas integrados con desalinización de agua de mar y producción de hidrógeno) es la del gradiente salino (SGE, por sus siglas en inglés), la cual está asociada con aquella liberada en el mezclado de dos cuerpos de agua de diferente salinidad, por ejemplo, en desembocaduras de ríos o lagunas costeras.

Una de las técnicas más prometedoras para transformar la SGE en electricidad es la electrodiálisis inversa (RED, por sus siglas en inglés) (Micale et al., 2016), que consiste en un arreglo intercalado de membranas de intercambio iónico (tanto de cationes – CEM, como aniones - AEM) entre las cuales fluyen las aguas de diferente salinidad de forma intercalada; por tanto, un equipo de RED se puede entender como la repetición de una unidad básica llamada “celda” que consiste en una CEM, una AEM y un compartimiento de cada tipo de solución salina (ver Figura 1). La transformación de corriente de iones en corriente de electrones se logra en los extremos de la pila de membranas mediante reacciones redox en electrodos.

En México, el CEMIE-Océano ha constituido una línea de investigación en energía del gradiente salino dedicada, entre otros, al desarrollo tecnológico. Para este trabajo se reunieron algunas

lecciones y experiencias del proyecto CEMIE-Océano en el aprovechamiento de la SGE mediante RED, con el fin de hacer una prueba de un equipo de 50 celdas (100 membranas de intercambio iónico) en Yucatán - México.

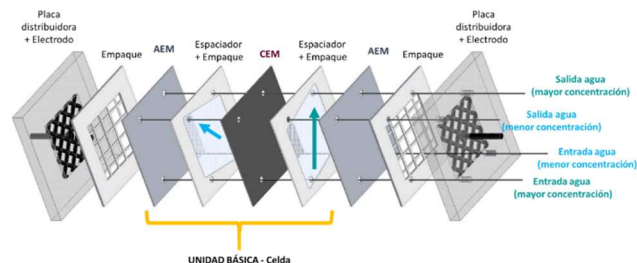


Figura 1. Esquema de un equipo de RED (adaptado de Vermaas et al., 2011).

## Caracterización

El dispositivo utilizado en este trabajo tiene 50 membranas aniónicas y 50 catiónicas Fujifilm Type 10 (Fujifilm Manufacturing Europe BV, Países Bajos) con área activa por membrana de 0.1 m x 0.1 m. Se usaron empaques de silicona HT 6135 (Bisco, Estados Unidos) de espesor de  $254 \times 10^{-4}$  m y mallas (SEFAR 3-300/51) de  $200 \times 10^{-4}$  m de espesor con el fin de separar las membranas y promover turbulencia. Para la conversión de energía se optó por el par redox Ag/AgCl en solución de NaCl.

El equipo se operó en flujo a co-corriente y se monitorearon variables eléctricas en puntos clave (electrodos y carga externa), y caídas de presión y conductividad en las dos corrientes de entrada y las dos de salida.

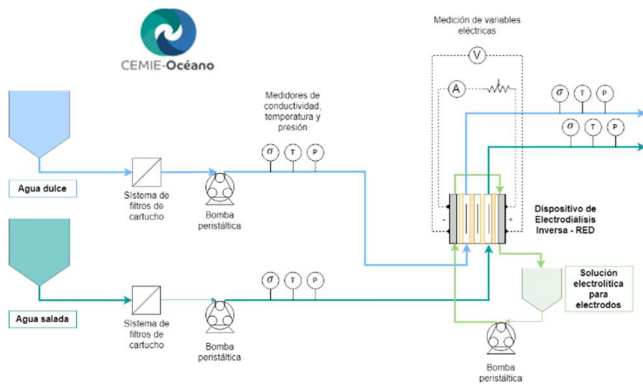


Figura 2. Diagrama instrumental de la prueba de electrodiálisis inversa.

Para la caracterización del equipo se evaluó el voltaje y la corriente en la carga externa. Así, se construyó la curva de polarización y la curva de potencia a condiciones típicas de operación (velocidad promedio de los compartimientos de 1 cm/s) (Simões et al., 2020; Tedesco et al., 2016). De esta forma se obtuvo la potencia máxima del equipo.

El cálculo de la eficiencia energética bruta  $\chi_{gross}$  [--] se realizó con base en exergía de entrada  $\dot{G}_{in}$  [W] y la potencia bruta  $P_{gross}$  [W], como se muestra en la ec. (1) (Moreno et al., 2018).

$$\chi_{gross} = \frac{P_{gross}}{\dot{G}_{in}} \quad (1)$$

El equipo de electrodiálisis inversa presentado en este trabajo es el de mayor capacidad en México y, hasta donde sabemos, en Latinoamérica.

## Referencias

- Alvarez-Silva, O. A., Osorio, A. F., & Winter, C. (2016). Practical global salinity gradient energy potential. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 1387–1395.
- Marín Coria, E. J., Roldán Carvajal, M., Sánchez Sáenz, C., Enríquez Ortiz, C. E., Félix Delgado, A., Silva Casarín, R., & Mendoza Baldwin, E. G. (2020). *Energía del Gradiente Salino* (1ra ed.). Universidad Autónoma de Campeche.
- Micale, G., Cipollina, A., & Tamburini, A. (2016). Salinity gradient energy. In *Sustainable Energy from Salinity Gradients* (First, pp. 1–17). Elsevier.
- Moreno, J., Grasman, S., Van Engelen, R., & Nijmeijer, K. (2018). Upscaling Reverse Electrodialysis [Research-article]. *Environmental Science and Technology*, 52(18): 10856–10863.
- Simões, C., Pintossi, D., Saakes, M., Borneman, Z., Brillman, W., & Nijmeijer, K. (2020). Electrode segmentation in reverse electrodialysis: Improved power and energy efficiency. *Desalination*, 492 (July), 114604.
- Tedesco, M., Scalici, C., Vaccari, D., Cipollina, A., Tamburini, A., & Micale, G. (2016). Performance of the first reverse electrodialysis pilot plant for power production from saline waters and concentrated brines. *Journal of Membrane Science*, 500: 33–45.
- Vermaas, D. a., Saakes, M., & Nijmeijer, K. (2011). Doubled power density from salinity gradients at reduced intermembrane distance. *Environmental Science and Technology*, 45(16): 7089–7095.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**



