

Innovación en Canales de Distribución de Gases para PEMFC

Edwin Navarro-Ramírez^a, Andrea Rodríguez-Camarillo^a, Erick Abel Gallegos-Zavala^b, Víctor Manuel Saavedra-Solis^b, Arlette Alonso-Hernández^b, Evelin Sánchez-Rodríguez^c, Adrian Corona-Muñoz^c, Abel Hernández-Guerrero^d and J. Luis Luviano-Ortiz^d

^a Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, ^b Licenciatura en Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, ^c Posgrado en Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, ^d Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México,



Resumen

El campo de flujo sobre una placa bipolar tiene un papel importante en el desempeño de una Celda de Combustible Tipo PEM (PEMFC) por su efecto en la distribución uniforme de gases reactantes, temperatura y caídas de presión. En este trabajo se analiza un campo de flujo utilizando la herramienta de dinámica de fluidos computacional (CFD) resolviendo las ecuaciones de continuidad, momento, energía, especies y electroquímicas con el algoritmo numérico SIMPLE como enfoque de solución. Los resultados revelan que el campo de flujo propuesto mejora la densidad de corriente suministrada por la celda.

Introducción

Actualmente, la generación de energía eléctrica se enfrenta a un problema de gran relevancia: la centralización de su producción a partir de fuentes fósiles, mismas que ocasionan grandes daños al medio ambiente al liberar sustancias como dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que afectan directamente a la atmósfera y ocasionan severos daños a la salud. Por ello, el mundo requiere de una fuente de energía que tenga bajas emisiones contaminantes, sea energéticamente eficiente y brinde suministro de combustible para una población mundial en crecimiento. Como respuesta, se ha impulsado el desarrollo de celdas de combustible como una energía alternativa. Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos generadores de energía eléctrica que pueden proporcionar energía limpia y eficiente para aplicaciones estacionarias, de transporte y portátiles, generando sólo agua como residuo [1, 2]. Su eficiencia puede alcanzar hasta el 60% en la conversión de energía eléctrica y, en general, el 80% en la cogeneración de energía eléctrica y térmica con una reducción mayor al 90% en los principales contaminantes [3,4]. Sin embargo, esta eficiencia se ve afectada significativamente por estancamientos de agua, así como distribuciones no uniformes de los gases reactantes a través de los canales impresos sobre las placas bipolares.

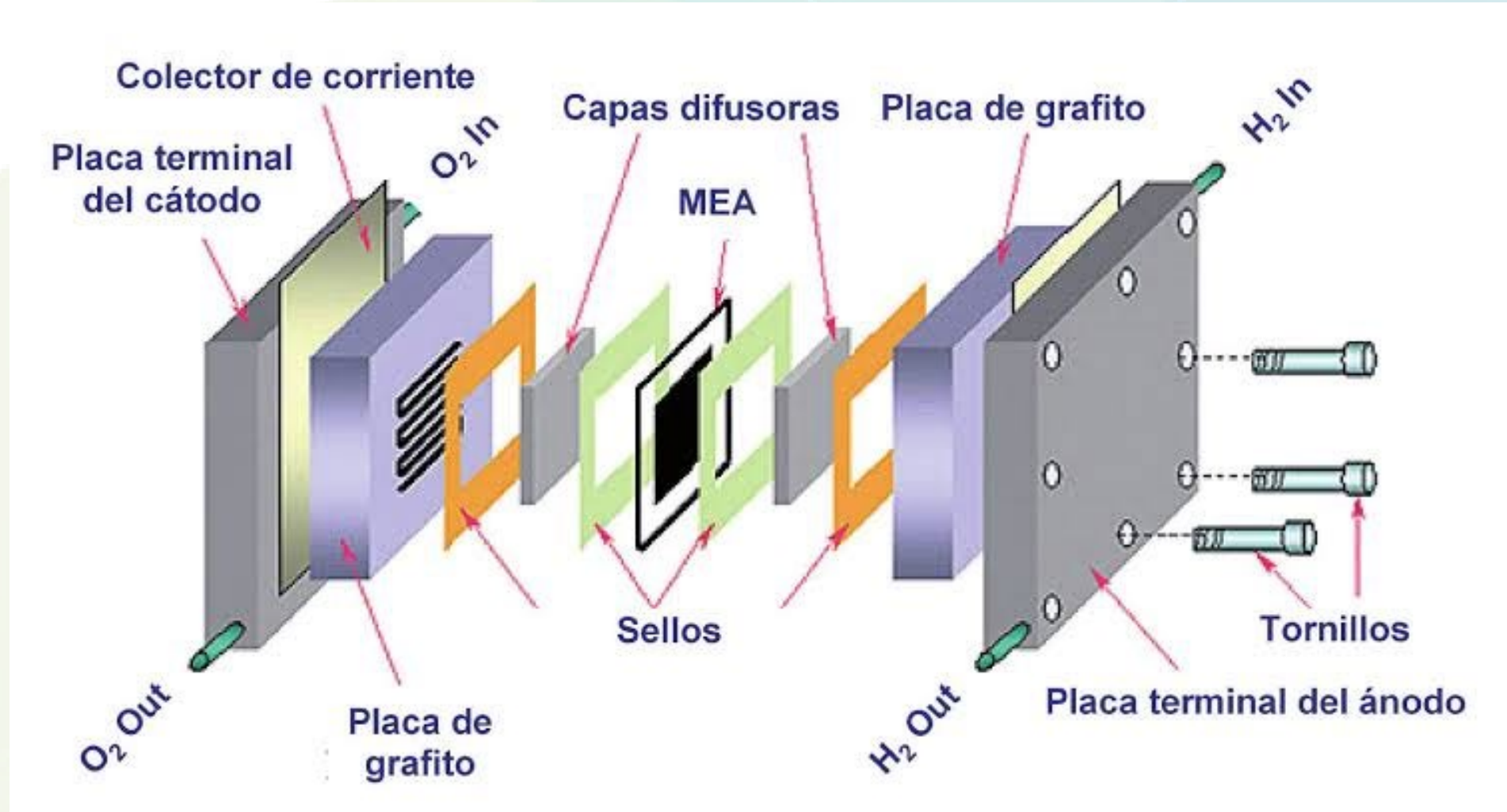


Figura 4. Componentes de la celda.

Metodología

Se emplea la herramienta CFD para analizar las reacciones electroquímicas que ocurren sobre el ensamble membrana – electrodo (MEA) y resolver el conjunto de ecuaciones de continuidad, momento y energía con el algoritmo SIMPLE como enfoque de solución. Los modelos se analizan considerando los parámetros electroquímicos (véase la Tabla I), los parámetros de los electrodos y gases reactantes, así como las condiciones de operación de la celda. El modelo se desarrolla con las siguientes suposiciones: a) estado estable, b) flujo laminar, c) propiedades constantes.

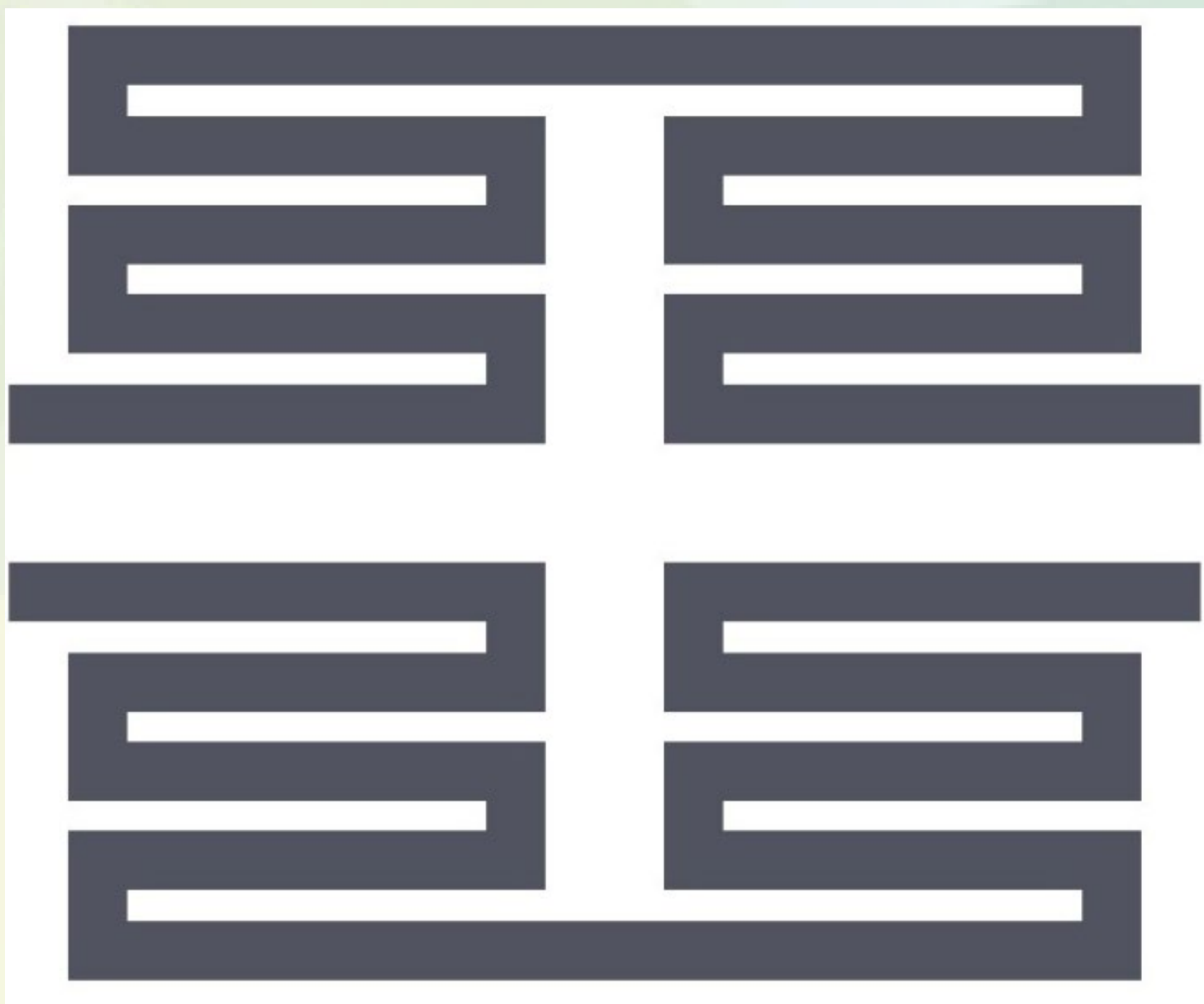


Figura 2. Campo de flujo propuesto.

Tabla I Parámetros electroquímicos y condiciones de frontera.

Parámetros utilizados	Valor
Temperatura de la celda (K)	343
Presión a la entrada del cátodo (atm)	2
Presión a la entrada del ánodo (atm)	2
Coefficiente de intercambio en el cátodo	1
Coefficiente de intercambio en el ánodo	2
Conductividad eléctrica del colector ($\Omega^{-1}m^{-1}$)	1.25×10^5
Conductividad eléctrica de la capa de difusión ($\Omega^{-1}m^{-1}$)	53
Conductividad eléctrica del catalizador ($\Omega^{-1}m^{-1}$)	53
Porosidad de la capa de difusión	0.4
Porosidad del catalizador	0.112

Resultados

Fracción másica de agua. La Figura 2 muestra que la geometría propuesta brinda un buen tratamiento del agua debido a la uniformidad en el transporte de los reactivos sobre el electrolito, lo cual se traduce en un aumento de la densidad de corriente respecto a la geometría convencional, conocida como serpiente.

Densidad de corriente y de potencia. Para obtener las curvas de polarización se varió el voltaje de 0.1 a 1 V. La densidad de potencia máxima de $0.375 \frac{W}{cm^2}$ para la geometría propuesta es 33% superior a la geometría convencional de serpiente. Véase la Figura 3.

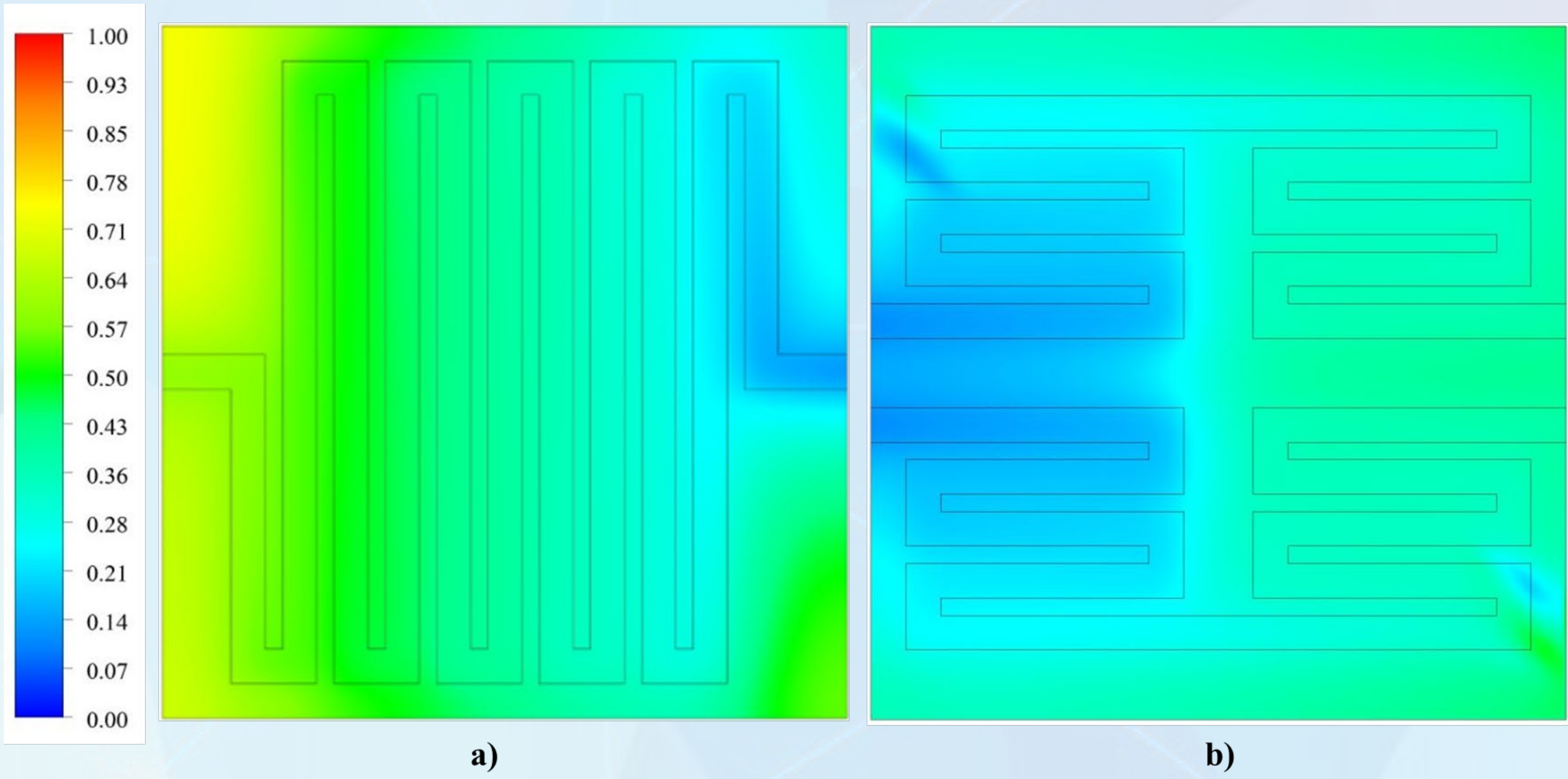


Figura 3. Fracción másica de agua en los canales: a) geometría convencional, b) geometría propuesta.

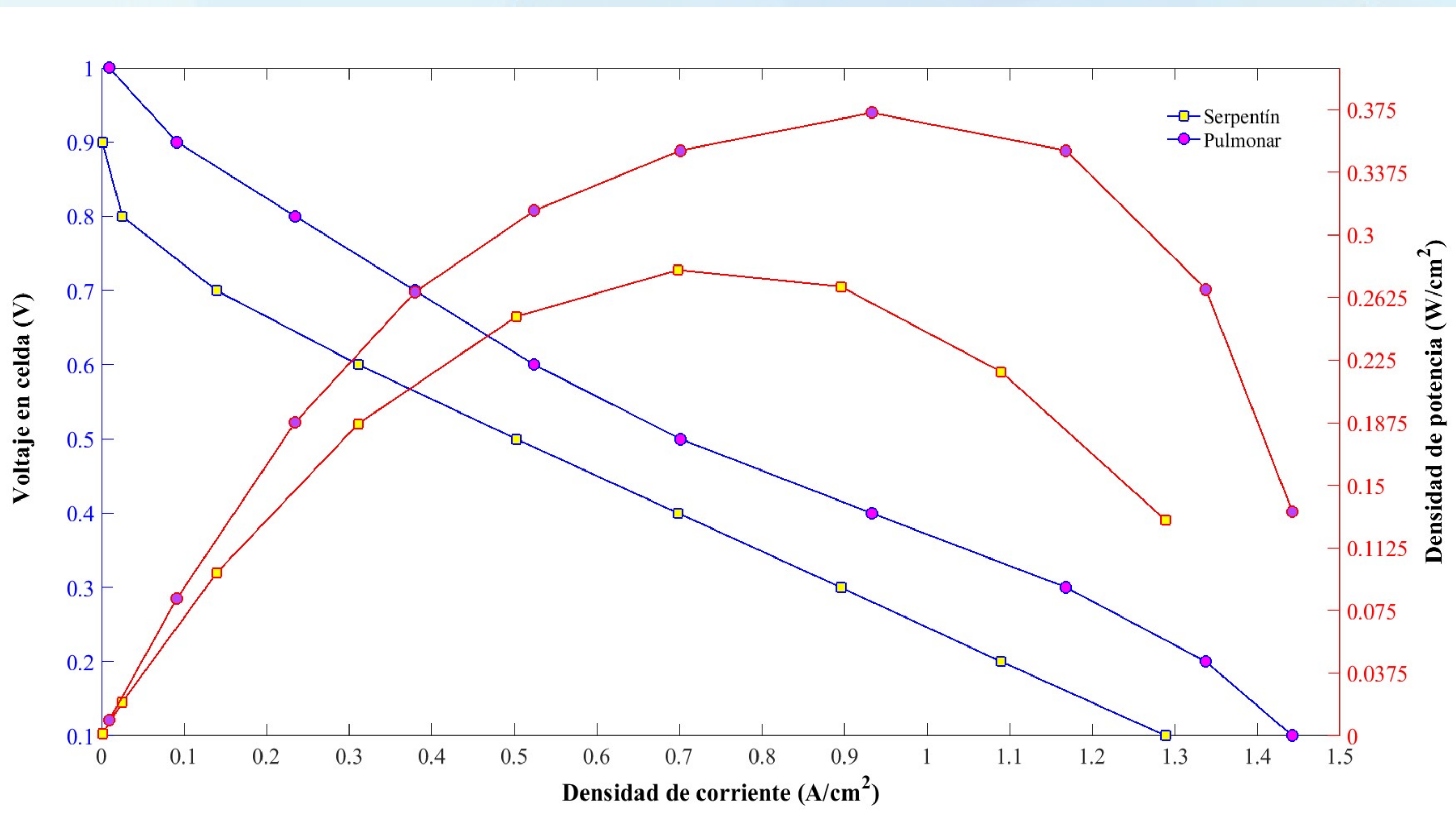


Figura 4. Curva de polarización.

Conclusiones

Los resultados de este estudio revelan que el campo de flujo tiene un mejor rendimiento en cuanto a la densidad de potencia máxima y al tratamiento del agua producida durante la operación. Además, algunos resultados destacados se presentan de la siguiente manera:

- La caída de presión en geometría propuesta fue menor en comparación con el serpiente.
- La cantidad de agua fue menor en el campo de flujo para el lado del ánodo. La geometría pulmonar brindó una reducción de 15% de fracción másica de agua en comparación con la geometría convencional.
- Para el lado del cátodo, donde se genera la mayor cantidad de agua durante la operación de la celda, el campo de flujo logró un 25 % de mejora en el tratamiento del agua.
- Finalmente, se obtuvo una densidad de potencia máxima de $0.375 \frac{W}{cm^2}$, mientras que la geometría convencional brindó $0.28 \frac{W}{cm^2}$ para un voltaje de 0.5 V.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por su apoyo a través del Programa de Verano de la Ciencia UG 2024.

El segundo autor agradece a CONAHCYT por el apoyo financiero en la realización de la investigación.