

ANÁLISIS NUMÉRICO DE GEOMETRÍA ESPIRAL-CUADRADO EN CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE UNA PEMFC

Dr. Hernández-Guerrero A., Sánchez-Rodríguez Evelin J. G., Méndez-García Daniel A., Colín-Cervantes Emilio D., Torres-Cano Felipe A., Saldierna-Soto Alejandro A., Sánchez-Ramírez Irma P.

División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca, Carretera Salamanca-Valle de Santiago km 3.5+1.8, Comunidad de Palo Blanco, Salamanca, Gto.

Abstract

En este proyecto se presentan los resultados obtenidos de la simulación de una propuesta para la geometría de los canales de una celda de combustible tipo PEM. Entre ellos, se obtuvo una mejora en la presión máxima en el cátodo y ánodo alrededor de 41% y 14%, respectivamente. Así también, la geometría aumentó la potencia entregada por la celda alrededor de un 23%.

Introducción

El desarrollo e implementación de fuentes de energía alternativas y de muy bajas emisiones es un tema en el que se está trabajando arduamente en la investigación. Por ello, considerando los múltiples beneficios, se busca proponer una mejora en la geometría de los canales debido a que esta generación eléctrica emite muy pocos reactantes del proceso electrolítico que se lleva a cabo para la generación eléctrica.[1,2]

Este tipo de celdas (PEM) tienen una densidad de potencia alta por lo que son adecuadas para aplicaciones donde se requiere una alta demanda inicial de energía. Su funcionamiento es la oxidación de hidrógeno en agua, generando energía eléctrica y calor debido a la reacción química. [3]

En la parte del ánodo se inyecta hidrógeno y oxígeno en la parte del cátodo, estas dos placas están separadas por una membrana electrolítica. El hidrógeno fluye al ánodo de la celda, se filtran los electrones de los átomos de hidrógeno cuando se ioniza.

La membrana electrolítica sólo deja pasar iones de hidrógeno al cátodo. Los electrones se fuerzan a pasar por un circuito externo generando la corriente eléctrica.

Por otra parte, el oxígeno se combina con los iones de hidrógeno generados y forman agua para posteriormente liberar calor con la reacción. [4]

Geometría

Para la geometría propuesta para los canales se han utilizado los siguientes factores: a) el área total efectiva es de 100 mm², b) las dimensiones de los canales son de 1 mm de ancho y 1 mm de alto y d) la geometría de los canales y colectores de celda. Véase la Fig. 1.

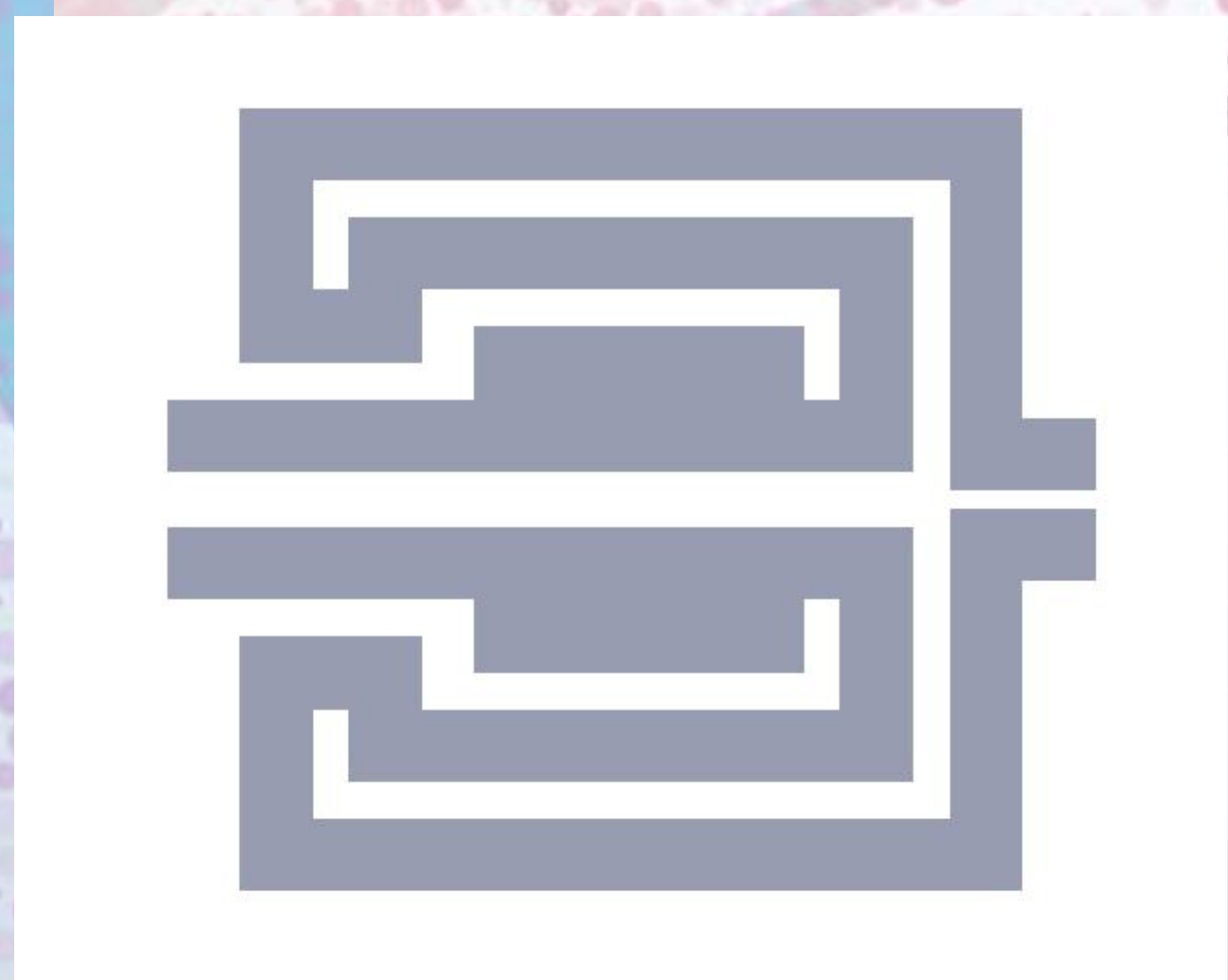


Figura 1. Geometría propuesta para canales.

Metodología

Para validar la geometría, se realizó el análisis de la geometría (Figura 1) y de un serpentin en Fluent.

En ambos casos, se utilizaron los mismos parámetros de diseño, las mismas condiciones de operación y los mismos parámetros electroquímicos.

Estos se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Parámetros electroquímicos y condiciones de operación.

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

Para la geometría propuesta, se obtuvieron los contornos de presión en los canales observados en la Figura 2 y Figura 3, respectivamente. Así como las curvas de polarización en la Figura 4.

En el caso del serpentin, se obtuvo una presión máxima de 7.39 Pa en el cátodo y de 5.39 Pa en el ánodo, mientras que para la geometría propuesta se obtuvo una presión máxima de 4.38 Pa y de 4.64 Pa, respectivamente. Por lo cual, las caídas de presión en la geometría propuesta fueron menores que las de la geometría con el serpentin.

Finalmente, se obtuvo una densidad de potencia máxima de $0.34 \frac{W}{cm^2}$ para la geometría espiral-cuadrada, mientras que la geometría convencional fue de $0.28 \frac{W}{cm^2}$ para un voltaje de 0.4 V en ambos casos.

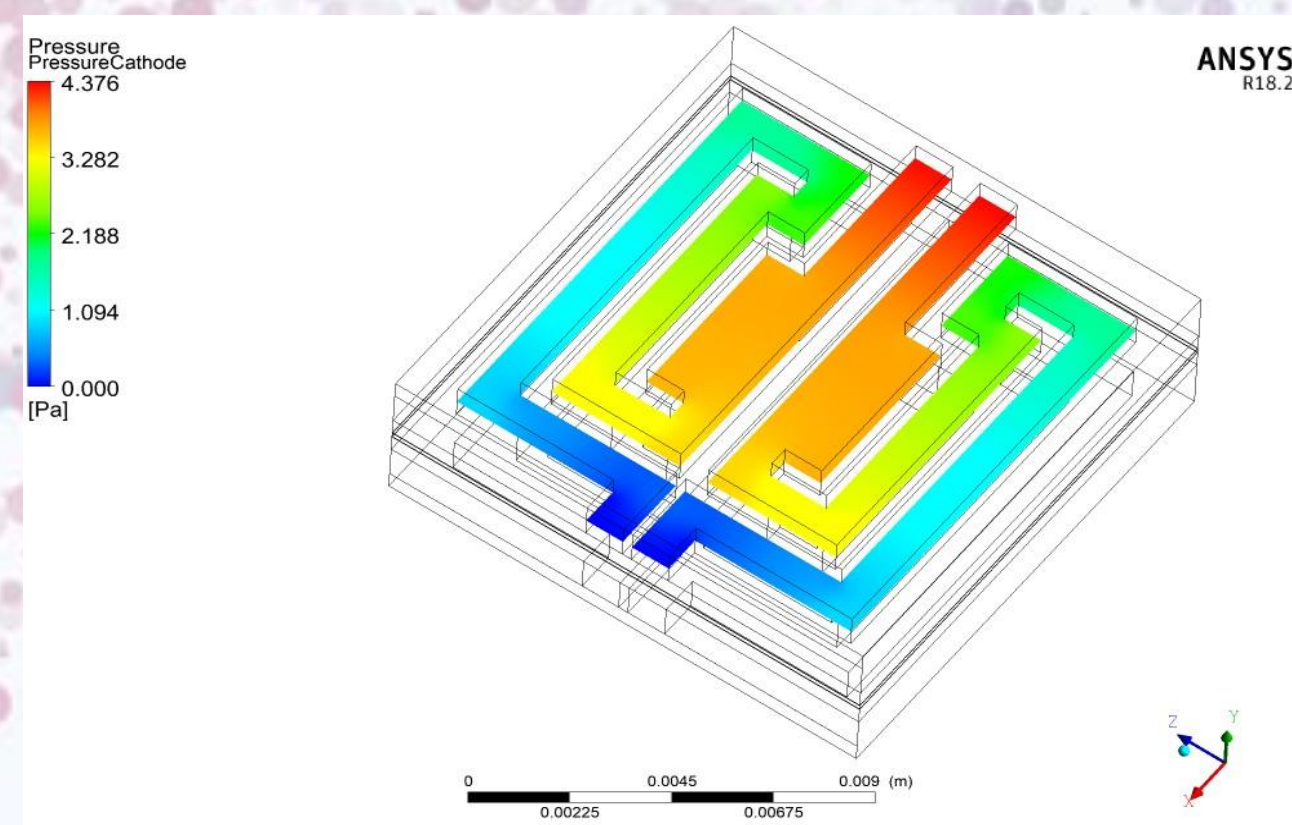


Figura 2. Caída de presión en el canal del cátodo (geometría).

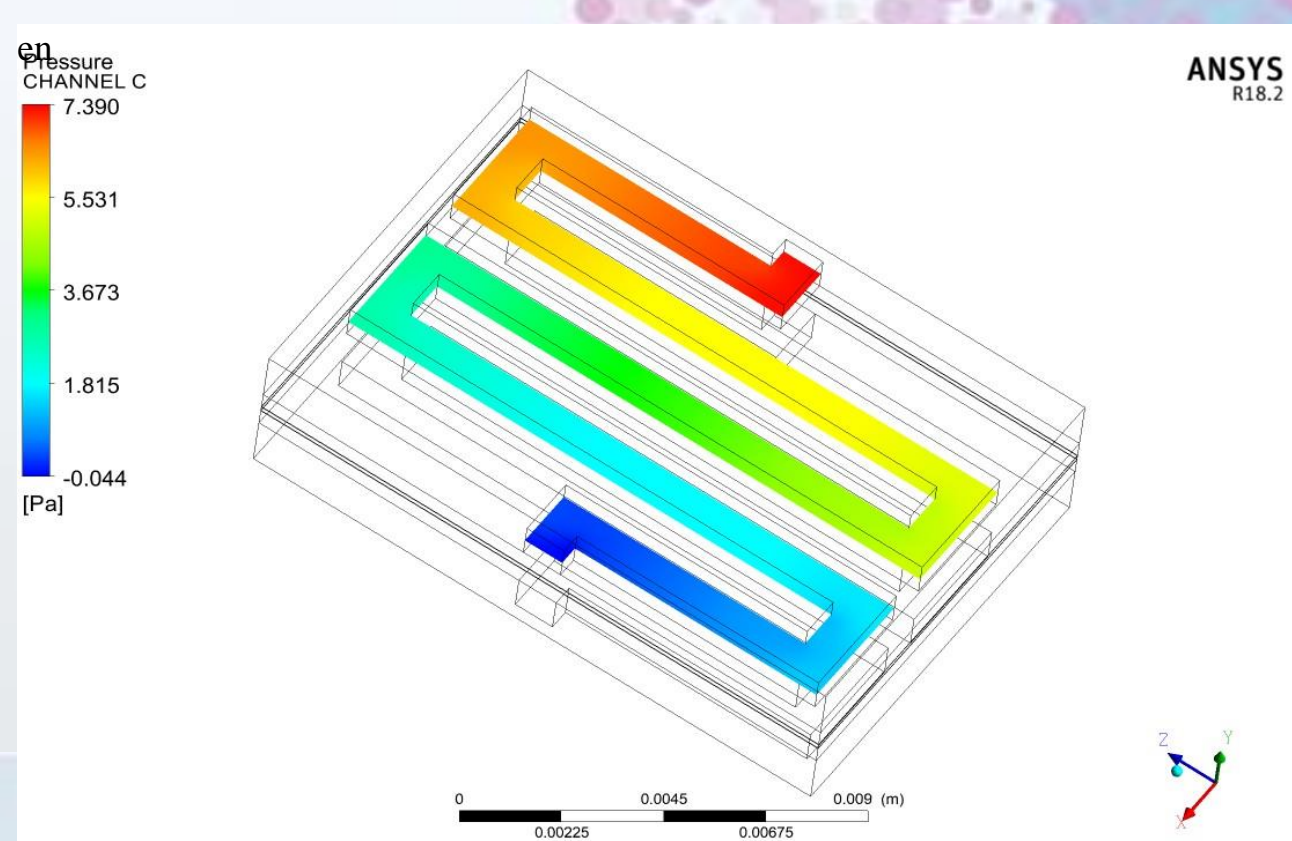


Figura 3. Caída de presión en el canal del cátodo (serpentin).

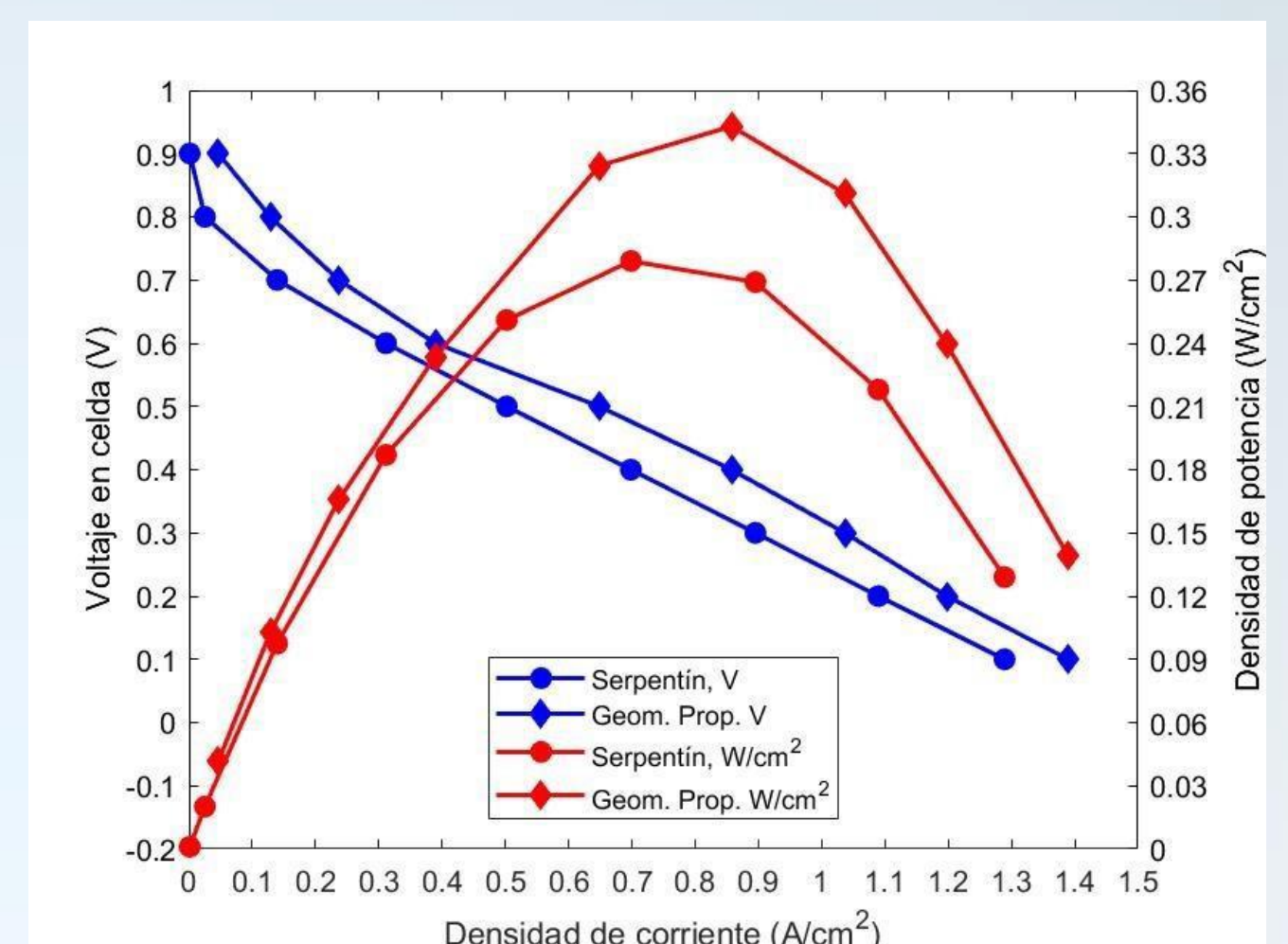


Figura 4. Curvas de polarización obtenidas.

Conclusiones

Los resultados presentan un mejor rendimiento en la caída de presión así como en la curva de polarización. Obteniendo así, una menor caída de presión del 40.86% mientras que para la densidad de potencia se obtuvo un aumento del 22.91%.

Además de ello, se obtuvo la fracción másica de las capas de difusión siendo para el serpentin 0.49 para el cátodo y 0.60 para el ánodo, mientras que para la geometría los valores fueron de 0.46 y 0.23, respectivamente. Esto muestra que no hay tantos estancamientos de agua, lo cual es uno de los principales objetivos en la optimización de geometrías para las placas monopolares de una Celda de Combustible de Tipo de Membrana de Intercambio Protónico (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC, por sus siglas en inglés).

Referencias

- [1] IEA. Data & Statistics. <https://www.iea.org/data-and-statistics>, 2020.
- [2] Wilberforce Tabbi, khatib FN, Emmanuel O, Ijeodola O, Abdulrahman A, Ahmed AL, Makky A, Baroutaji, Olabi AG. Experimental study of operational parameters on the performance of PEMFCs in dead end mode. Proceedings of SEEP2017, 27-30 June. 2017. Bled Slovenia.
- [3] T. Wilberforce et al. A comprehensive study of the effect of bipolar plate (BP) geometry design on the performance of proton exchange membrane (PEM) fuel cells, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 111, pp. 236–260, septiembre de 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.081>
- [4] Z. Liao, L. Wei, A. M. Dafalla, J. Guo y F. Jiang, Analysis of the impact of flow field arrangement on the performance of PEMFC with zigzag-shaped channels, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 181, p. 121900, diciembre de 2021.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo de investigación agradecen a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad de participar en un programa de gran magnitud y alcance en nuestra comunidad universitaria como lo es el Programa de Verano de la Ciencia 2022.