



CIENCIA  COMUNICACIÓN  VIDA 360° 

EDUCACIÓN  CULTURA 

EL RETO DE LA PORTABILIDAD Y EL SUMINISTRO DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE TIPO PEM

Posted by Beatriz Escobar Morales | Jun 14, 2021

| Ciencia, Comunicación | 0  | ★★★★★

¡REGÍSTRATE!

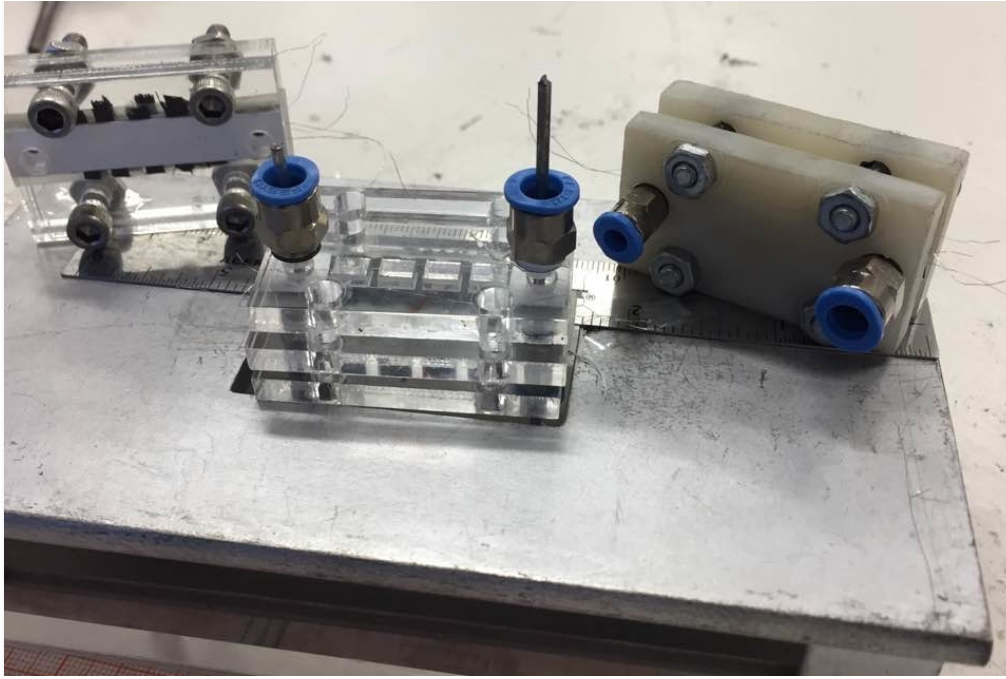


CATEGORÍAS

Ciencia

Comunicación

Cultura



RESUMEN

Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que utilizan hidrógeno y oxígeno para producir electricidad. Hoy en día resultan una alternativa muy viable y eficiente para producir, almacenar y satisfacer las necesidades de consumo energético en diversos ámbitos, como la industria, los hogares, etc. En este artículo se describe un tipo de celda de combustible, la de intercambio protónico (PEMFC) para aplicaciones portátiles, desarrollada a partir de un diseño no convencional, con el objetivo de obtener una mili-celda (mili-PEMFC) más ligera y compacta. Este dispositivo puede operar bajo condiciones pasivas, autorrespirable con aire ambiental y se alimenta de hidrógeno seco. El diseño innovador incluye la sustitución de la placa de grafito por un material polimérico, como soporte mecánico y separador de gases, y un alambre de platino (Pt) que funge como conector eléctrico entre las celdas.

1.- INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento del mercado y la creciente complejidad

Detrás del
paper

Educación

Emprender

Partículas
Elementales

Pergolero

Soy STEAM

Uncategorized

Vida 360°

de pequeños dispositivos electrónicos portátiles, demandan sistemas de suministro de energías confiables, sustentables y con el mayor tiempo de autonomía posible. Algunas investigaciones indican que la generación de energía por medio de dispositivos tradicionales como las baterías recargables de níquel y litio, ya no podrá ser completamente satisfecha debido a su densidad de energía limitada [1]. Esto representa un reto para la movilidad de los dispositivos, para aplicaciones en áreas remotas o en casos de desastre natural donde no se cuenta con fuentes de energía fácilmente disponibles. Las mili-celdas de combustible de membrana de intercambio protónico (mili-PEMFC) auto-respirables son consideradas opciones factibles para aplicaciones portátiles, utilizando como combustible el hidrógeno y diferentes tipos de alcoholes. Una mili-PEMFC puede alcanzar densidades de potencia específica mayores a 1000 W/kg, usando hidrógeno como combustible, que es limpio y seguro, y tiene una cinética bastante rápida. Esta tecnología es un fuerte competidor de las baterías de litio, se encuentra en desarrollo y ha demostrado alto potencial de rendimiento. Las mili-PEMFCs para los sistemas portátiles de baja potencia pueden ser definidas como cualquier celda que proporcione energía a baja escala (≤ 50 W) a un sistema móvil electrónico [2]. Los sistemas portátiles donde se pueden aplicar, incluyen teléfonos inteligentes (0.1-3 W), computadoras portátiles (5-50 W), smart watches (1-2 W), cámaras digitales (5-20 W), drones de bajo consumo (<50 W) y otros dispositivos electrónicos pequeños. Los beneficios que ofrece esta tecnología provienen de su conversión electroquímica directa, que transforma la energía química de un combustible en energía eléctrica, con alta eficiencia y muy bajas emisiones de contaminantes.

Las mili-PEMFC auto-respirables pueden ser apiladas, incrementándose en esta configuración su potencia eléctrica. Los componentes de estas celdas también pueden

separarse en dos o más partes según el diseño [3]. Esta modularidad permite una mayor flexibilidad tanto en el manejo del equipo como en la distribución de las cargas, lo cual otorga al sistema una amplia capacidad de maniobra. Además, mejora las condiciones de mantenimiento, aumenta la eficacia del sistema y reduce los tiempos de recuperación ante una problemática de la celda. En lo referente a la escalabilidad, esta característica permite adecuar los consumos de energía de la demanda a través de módulos de potencia, la cual aumenta o disminuye según los requerimientos de la demanda. En general, un sistema modular de mili-PEMFCs ofrece mayor eficiencia con respecto a motores, baterías y otros generadores eléctricos ya que presentan: una operación silenciosa y ligera, lo cual implica una gran versatilidad para su instalación en diversos ambientes.

En el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), integrante del Sistema de Centros Conacyt, durante estos últimos años se ha desarrollado investigación en prototipos caracterizados con metodologías que incorporen condiciones y procedimientos estándares, generando pruebas reproducibles y comparables. El diseño y construcción de cada uno de los dispositivos es el resultado del trabajo colaborativo entre diferentes disciplinas transversales de la ingeniería. Sin embargo, resulta trascendental una mayor sinergia entre el modelado computacional, técnicas de diseño y la ingeniería de materiales. El objetivo de investigación de estos prototipos se encuentra principalmente relacionado con el abasto de energía en situaciones de emergencia proponiendo el desarrollo e implementación de las mili-PEMFC para aplicaciones portátiles en caso de desastre natural. A priori hemos identificado como aplicaciones a corto plazo, la implementación en redes de comunicación inalámbrica

emergente, monitoreo de fauna y parámetros físicos en zonas costeras. Estas aplicaciones brindarán un alto impacto social a mediano o largo plazo y ofrecerán una innovadora solución a un problema nacional de cara a lo que el mercado y sociedad está requiriendo, con el potencial de ser explotado para el desarrollo del país. Además, el desarrollo generado puede derivar en otras aplicaciones prácticas que utilicen alta tecnología para soluciones novedosas. De esta forma, los prototipos no solo buscan asegurar el bienestar de la población en condiciones críticas de sobrevivencia, también promueve el progreso económico y social sostenible.

2.- DISEÑO NO CONVENCIONAL

El diseño está basado en las configuraciones convencionales de las celdas de combustible. Sin embargo, con la finalidad de que sea utilizada para aplicaciones portátiles se realizó un cambio en los materiales y configuraciones internas para obtener una mili-celda más ligera y compacta. A continuación, se describen las modificaciones que se le realizaron respecto a una celda convencional:

Placa bipolar o conexión bipolar (BP): generalmente en las celdas convencionales, las BP son manufacturadas en una placa a base de grafito. En este diseño (mili-PEMFC) la placa de grafito es sustituida por polietileno tereftalato (PET), que funfirá como soporte mecánico y separador de gases, y un alambre de platino (Pt) que sirve como conector eléctrico entre las celdas. Estos son acompañados por un sello de silicón debido a su baja densidad, alta conductividad térmica y fácil manejo, además que vuelve más ligera a la celda. En la figura 1 se presenta una BP de grafito con sus canales de flujo y una BP diseñada para mili-PEMFC, donde se aprecian sus lados del ánodo y cátodo.

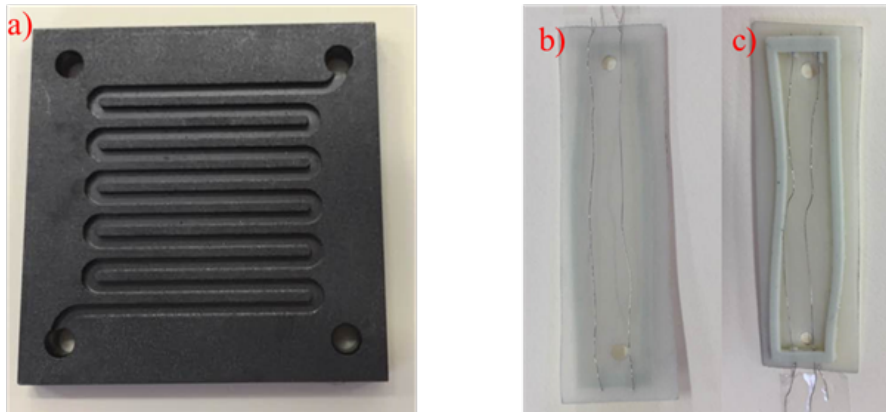


Figura 1. a) BP de grafito con canales de flujo en serpentín; b) BP de PET con micro alambres de Pt (lado cátodo) y c) BP con sello de silicón y alambres de Pt (lado ánodo) para conexión en serie.

Canal de flujo: en el diseño de la mili-PEMFC se considera un solo canal de flujo en forma recta para el hidrógeno en el ánodo, esto permite un mejor transporte de combustible a lo largo de la celda. El canal de flujo es del mismo material polimérico que el BP. En la figura 2 se observa el canal de flujo con su diseño recto.



Figura 2. Canal de flujo de hidrógeno en la mili-PEMFC.

3.- MANUFACTURA DE LA MILI-PEMFC

Durante la manufactura de la mili-PEMFC es significativo identificar los diferentes desafíos que se presentan durante el proceso. Entre los principales retos durante el ensamblado de la celda, se encuentra el posicionamiento y el manejo de los alambres de Pt y el de encapsular correctamente el ánodo (evitar fugas). Es importante recalcar que la posición del cable afecta la conducción

efectiva de la corriente y la condición de esfuerzos cortantes pueden dañar al ensamble membrana electrodo (EMA), lo cual puede reflejarse en sobrepotenciales óhmicos (observables en la región óhmica de la curva de polarización). Además, la razón de manejar un buen encapsulado del ánodo es debido a que si existen fugas éstas limitarán el rendimiento de la celda y se presentarán caídas en el circuito abierto de la curva de polarización, ya que no existirá la presión suficiente para que el hidrógeno reaccione correctamente en los sitios activos [3]. La optimización del proceso de ensamblaje de la mili-PEMFC requirió:

- a) el uso de materiales auxiliares,
- b) diseño y construcción de mesa de ensamblaje,
- c) nuevo diseño de sellos con alambres de platino embebidos,
- d) y el encapsulamiento del ánodo.

Para el proceso de manufactura de la mili-PEMFC se diseñó y construyó una mesa de ensamble para facilitar la construcción de la mili-PEMFC, planteada específicamente para satisfacer dichas necesidades. El diseño consiste en una mesa con una abertura en forma rectangular con un par de postes metálicos que facilitan el manejo de los componentes y en la fijación de los alambres de Pt.

Los sellos fueron manufacturados a partir de silicón con los alambres de Pt embebidos en su interior, esta configuración brinda un mejor manejo y soporte mecánico para los alambres, también presenta mejor encapsulado entre el sello y el alambre, ya que al compactarse el silicón genera una especie de capa que elimina los sitios libres entre el alambre, otra ventaja que tiene es que se protegen los bordes de la membrana de no ser cortados por los

alambres. En la figura 3 se presenta el diseño del sello con los alambres embebidos.

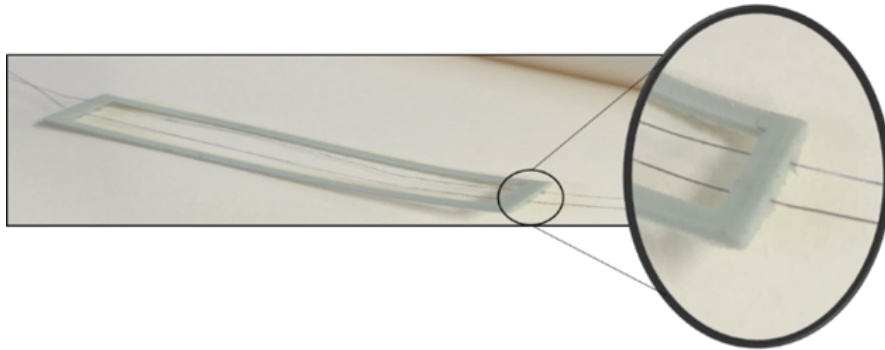


Figura 3. Sello con alambres de Pt embebidos.

4.- MÉTODO DE ENSAMBLE DE LA MILI-PEMFC

El ensamble se realizó por capas, donde se depositó cada elemento capa por capa con la ayuda de la mesa de trabajo y de los postes guía. Este proceso fue pensado para evitar posibles esfuerzos cortantes causados por los alambres de Pt y la implementación de prensas para el ensamblado, tal y como sucede con los métodos tradicionales de la formación de EMEs (ensamble membrana electrodo). Las celdas fueron ensambladas con ayuda de las guías metálicas para tener un mejor control en el acomodo de los componentes de la celda. En la figura 4 se observan dos prototipos de las mili-PEMFC, utilizando diferentes configuraciones de los materiales que la conforman.

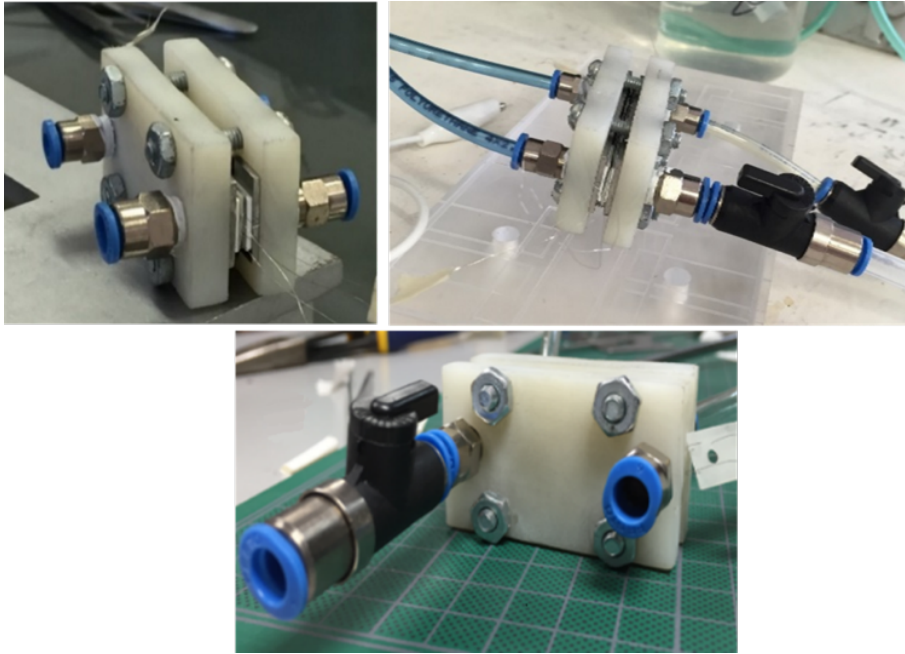


Figura 4. Mili-PEMFC con un diseño no convencional

Con la finalidad de estandarizar las condiciones y los procedimientos, se generó el siguiente protocolo de pruebas, mismo que contempla pruebas reproducibles y comprobables. Las bases generales del protocolo de prueba son:

- a) Prueba de fugas.
- b) Estabilización del electrodo y humidificación de la membrana (nueva o sin uso).
- c) Evaluación en el tiempo: medición de estabilidad, degradación o desempeño de la celda a diferentes condiciones respecto al tiempo.
- d) Caracterización I-V.

5.- CARACTERIZACIÓN I-V

Se realizó la caracterización del funcionamiento completo de la mili-PEMFC con ayuda del equipo BioLogic® VSP y del software EC-LAB® 10.40. Se utilizó un flujo másico de 0.03 l/min de combustible con convección natural de aire a

temperatura ambiente (25 °C). Es importante mencionar, que durante la caracterización de la celda existen variables que son difíciles de controlar como: la temperatura, la formación de agua en la celda y en las diferentes regiones de la MEA. Estas variables en las mili-PEMFC complican la reproducción de las curvas de polarización. Asimismo, las variaciones que se presentan en el ambiente, como la temperatura y la humedad relativa, también son factores que afectan la respuesta de la curva de polarización. La figura 5 presenta la respuesta eléctrica experimental de una mili-PEMFC. Se observa una densidad de corriente máxima de 32 mA cm⁻² con un flujo de 0.03 l/min.

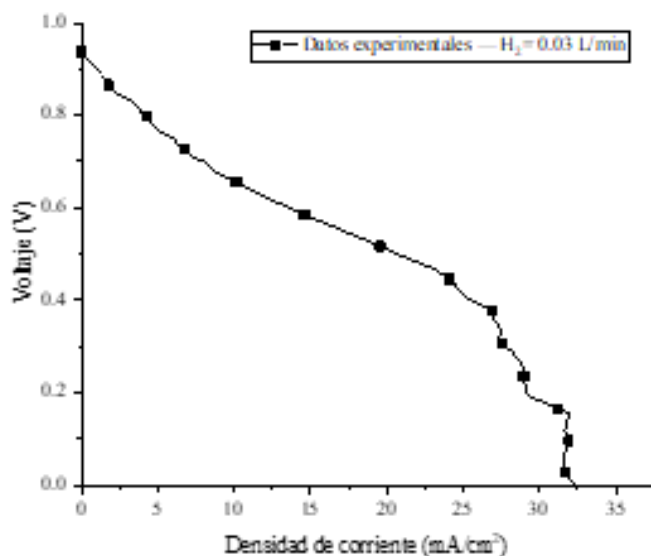


Figura 5 Respuesta eléctrica global de la Mili-PEMFC con un diseño no convencional

Desde el punto de vista experimental, el diseño de la celda es de cátodo auto-respirable, lo cual complica la caracterización real del flujo volumétrico en el cátodo. Adicionalmente, el diseño de la celda no contempla el control de la temperatura, por lo cual la temperatura de operación es establecida de acuerdo a las condiciones

ambientales a 25 °C.

La primera caída de la curva de polarización se encuentra comprendida a bajas corrientes (0-10 mA), representa la parte del proceso de activación electroquímica, causada por la cinética lenta de la reducción del oxígeno en el cátodo. La segunda caída en la curva de polarización representa la pérdida óhmica, influenciada por el flujo iónico a través de la membrana, el flujo de electrones a través de los materiales del electrodo, los campos de flujo y colectores de corriente, es decir, toda la resistencia de la mili-PEMFC [4]. El último descenso observado en la curva, representa la pérdida difusiva, la cual es causada por las dificultades del transporte de masa de los reactantes, oxígeno en la mayoría de los casos y en la mili-PEMFC autorrespirable, este comportamiento es asociado al oxígeno, debido a que su transporte se encuentra más restringido que el de hidrógeno.

CONCLUSIONES

El diseño propuesto de la mili-PEMFC, en configuración rectangular sin placas bipolares de grafito, así como la sustitución de los materiales de los componentes que conforman la celda, proporcionan un mejor desempeño eléctrico y menores dimensiones de celda, obteniéndose un dispositivo más compacto y ligero que los que emplean placas bipolares de grafito. Este modelo y diseño de la PEMFC representan un paso importante para futuros desarrollos de mili-celdas de combustible tipo PEM.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del CONACYT mediante los proyectos, PN 2016 – 2266 y LENERSE No. 254667.

REFERENCIAS

[1] Zhang X, Cheng X, Zhang Q. Nanostructured energy materials for electrochemical energy conversion and storage: a review. J Energy Chem 2016;25:967–84.

[2] Inc. DG. Fuel Cells for Portable Power: Markets, Manufacturer and Cost. Revised Final Report (4) for Breakthrough Technologies & U.S. Corona, California: 2003.



[3] Pacheco C. Diseño y Validación de una Celda de Combustible de Tamaño Milimétrico. CICY, A.C, 2017.

[4] Zhao D, Dou M, Zhou D, Gao F. Study of the modeling parameter effects on the polarization characteristics of the PEM fuel cell. Int J Hydrogen Energy 2016;41:22316–27.

B. Escobar¹, R. Barbosa², C. Pacheco¹

1 Centro de Investigación Científica de Yucatán, Carretera Sierra Papacal- Chuburná Puerto, Km 5. Sierra Papacal, Mérida, México

2 Universidad de Quintana Roo, Boulevard Bahía s/n, Chetumal, Quintana Roo, México

SHARE:      



RATE:

< PREVIOUS

CICY impulsa la cultura de la innovación a favor de la

sociedad

ABOUT THE AUTHOR



Beatriz Escobar Morales

Es Cátedra CONACYT en el Centro de Investigación Científica de Yucatán desde el 2014, donde colabora en la línea de investigación de Sistemas Electroquímicos para la energía. Sus áreas de interés son: desarrollo de materiales de carbono a partir del uso de plantillas biológicas o inorgánicas, síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos naturales para aplicaciones en la generación de energía y desarrollo de prototipos de celdas de combustible.

LEAVE A REPLY

Tu dirección de correo electrónico no será publicada. Los campos obligatorios están marcados con *

COMMENT



NOMBRE *

CORREO ELECTR
ÓNICO *

WEB

No soy un robot

reCAPTCHA
Privacidad - Términos

POST COMMENT

ECOSISTEMA STEAM YUC

