

Modelado 3D, diseño y manufactura de una celda de combustible de 150W

R.G. González-Huerta^{1*}, O. Solorza-Feria², A. Yunez Cano¹, A. Rodríguez Castellanos², G. Contreras Puente³, M. Tufiño Velázquez³

¹ESIQIE-IPN, Laboratorio de Foto-electrocatalisis, UPALM, CP 07738, México, D. F.

²CINVESTAV-IPN, Depto. Química, CP 07360 México D.F.

³ESFM-IPN, Laboratorio de Física Avanzada, UPALM, CP 07738, México, D. F.

*Tel: 57296000, ext 54246, mail: rosgonzalez_h@yahoo.com.mx

RESUMEN

La ciudad de México es una de las ciudades más contaminadas del mundo; la secretaria del medio ambiente reporta que las emisiones contaminantes a la atmósfera en el 2010 fueron superiores a los 32 millones de toneladas, lo que provoca enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Por eso es necesario considerar el uso inmediato de energías alternas. La utilización del hidrógeno a través de una celda de combustible genera electricidad sostenible, produciendo solo agua y calor. En este trabajo se presenta el diseño 2D y 3D de una celda de combustible tipo PEM, la cual se manufacturó y consta de 20 ensambles conectados en serie con un área geométrica en cada electrodo de 35 cm². Los platos colectores de corriente fueron de grafito de baja porosidad y alta conducción eléctrica con campos de flujo laterales maquinados del lado más largo de la placa, los electrodos tienen Pt al 20% W/C con una carga de 0.5 mg/cm², los difusores de gases fueron de tela de carbón. Se caracterizó la celda de combustible en un módulo de prueba de celdas de combustible y se obtuvo la curva de desempeño a una temperatura de los gases (H₂ y O₂) de 60 °C, una presión de 0.1 atm y un flujo de 3 L min⁻¹ con un sistema de recirculación. La celda alcanzó un potencial a circuito abierto de 18 V, logrando una potencia máxima de 150 W a 14 A y 11 V. En una segunda etapa esta celda se integrará a un sistema de lámparas de LED's de alta luminosidad y bajo consumo energético para iluminación de exteriores.



1. Introducción

Actualmente se tiene una acelerada sobre-explotación de las fuentes convencionales de energía, muchas de estas provenientes de yacimientos de petróleo derivados de restos fósiles, de carbón mineral, de gas natural, etc. Con lo cual se originan diversos problemas, tales como la contaminación ambiental, el cambio climático, y se buscan soluciones como el de la sustentabilidad, que ayuden a reducir estos problemas. Cobra importancia y un gran compromiso el investigar y aplicar fuentes alternas de energía ecológicas y no contaminantes, y sistemas asociados más complejos para el aprovechamiento de estas fuentes, es por esto que es relevante el uso con mayor intensidad de sistemas que transformen la energía solar a la energía eléctrica u otro tipo de energía para su uso doméstico o en actividades industriales.

En el presente las fuentes alternas de energía se concentran en los grupos: solar-térmica, solar-fotovoltaica, eólica-mecánica-eléctrica, geotérmica, hidráulica, biodigestores y biocombustibles, , etc., y las nuevas tecnologías alternas como la del aprovechamiento del hidrógeno para generación de energía eléctrica. Las eficiencias de conversión solar-eléctrica alcanzadas por paneles fotovoltaicos de silicio superan ya el 20%, los comercialmente disponibles presentan muy bien un 16%. Los paneles fotovoltaicos pueden generar electricidad mientras se encuentren iluminados por el sol una parte se utiliza en un servicio y el excedente se envía a la red eléctrica a través de un medidor de doble vía, esto permite aprovechar toda la energía generada por el panel durante el día, así; otra forma de conectarlos es directamente a un controlador de carga, el cual se conecta a su vez a un conjunto de baterías y a un inversor, su función: monitorear y mantener carga en las baterías alimentándolas desde los paneles fotovoltaicos (estos en operación únicamente diurna y bajo régimen de iluminación), enviar el fluido eléctrico al inversor para que este convierta la electricidad directa a alterna para su uso en diversos equipos. A este último sistema fotovoltaico se le denomina tipo “isla”, dado que después de dimensionar o calcular la energía eléctrica demandada (en nuestro caso lámparas LED's de bajo consumo) se contará con el número de baterías apropiado para encender la lámparas durante un determinado número de horas en la noche, e incluso se puede hacer el dimensionamiento para operar el sistema un número definido de días de autonomía, durante los cuales se tienen días nublados y lluviosos. Al conjuntar varios equipos de generación de energía renovable y alterna se debe tomar en cuenta las eficiencias de conversión, incluso en equipos puramente eléctricos se deben considerar factores de pérdida eléctrica, como en los casos de los controladores e inversores, por lo tanto en este modelo de utilidad otra eficiencia a considerar son las del electrolizador y de la pila de combustible, con respecto al primero este presenta una eficiencia de 60%, y la pila de combustible se encuentran en el mejor de los casos en el 40%, con lo que la eficiencia conjunta supera el 20%.

La eficiencia total del sistema depende de las respectivas eficiencias de cada una de los componentes y en una buena aproximación es igual al producto de cada una de ellas, y en cuyo caso será menor que la máxima eficiencia que se tiene de los componentes. La ventaja en este tipo de sistemas es que se ahorra energía desde el inicio de operación



del mismo, y que las lámparas LED's brindan un buen ahorro de iluminación, comparativamente con otras fuentes de luz y para el mismo nivel de iluminancia, además que el tiempo de vida media es mucho mayor que la de lámparas de inducción magnética, fluorescentes, o de vapor de sodio [1-4].

2. Sección Experimental

Se Diseñó en 2D y 3D una celda de combustible de 150W, utilizando el software AutoDesk AutoCad. Se maquinó e integró un “stack” de una celda de combustible para generar 150 W. La estructura de las placas colectoras de corriente, se hizo de grafito de baja porosidad, con el fin de evitar la oxidación, soportar presiones y temperaturas, así, como la resistencia que presenta este material ante las deformaciones, obteniéndose mayores ventajas respecto a otros materiales como es el acrílico. El diseño de los campos de flujo tiene influencia en el desempeño de la celda de combustible y puede ayudar a optimizar las condiciones de operación sobre el área reactiva, ya que proporciona una mejor distribución de los gases sobre el difusor y desaloja el agua de una manera más eficiente. Se diseñaron campos de flujo verticales, considerando la mayor área efectiva de la placa para aprovechar la máxima área geométrica pero sin comprometer la resistencia. El maquinado de las placas colectoras de corriente con campos de flujo se realizó en una fresadora de control numérico CNC marca EMCO Concept MILL 55.

El desempeño de la celda de combustible, se analizó en un módulo de prueba de celda de combustible (Fuel Cell Test Sistema Electrochem serie 890B) existente en el CINVESTAV. El equipo se operó a una temperatura de 25°C; se utilizó nitrógeno (99.9%) como gas de arrastre y un flujo de hidrógeno y oxígeno de 800 cm³ min⁻¹, ambos de alta pureza (99.999 %), a una presión atmosférica para ambos gases. Los gases se humedecieron al 100% previamente en unos humidificadores.

Cuando se inició la caracterización de la celda de combustible en el módulo de prueba, se realizó un proceso de activación de los ensambles ya que las membranas se encontraban deshidratadas. Para el proceso de activación se mantuvo un flujo de gas de arrastre humedecido (argón) durante 30 min, para eliminar posibles impurezas retenidas en los difusores e iniciar la hidratación de la membrana. Después se alimentaron los gases de reacción, H₂ y O₂, sin presión. Se realizaron 10 escalones de voltaje de 5 min. Estos escalones se fijaron alrededor de la mitad del voltaje a circuito abierto dado por la celda, V_{ca}. La celda de prueba se debe mantener horizontal para evitar inundaciones. Se utilizaron unas bombas para garantizar el flujo de gases y un sistema de recirculación para eficientar el sistema de alimentación de gases.



3. Resultados y discusión

La figura 1 muestra el Diseño en 2D de la celda de 150 W. Mediante cuatro diferentes vistas, se observa el orden del ensamblado de los componentes de una monocelda.

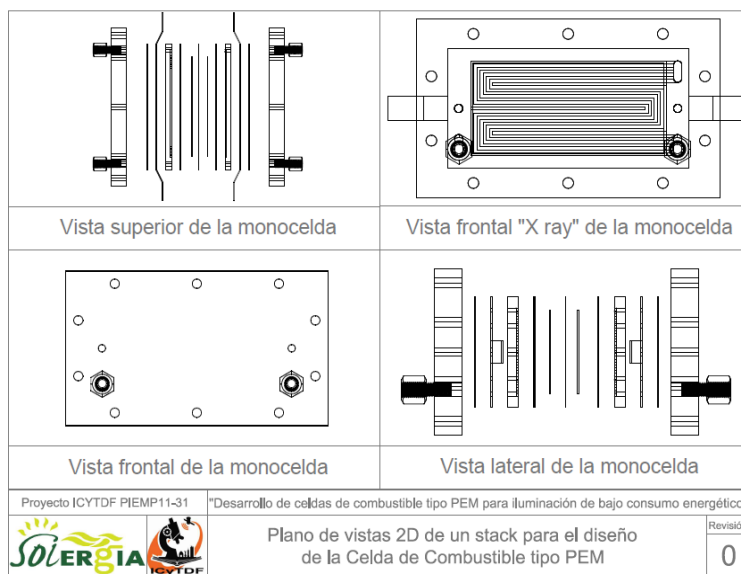
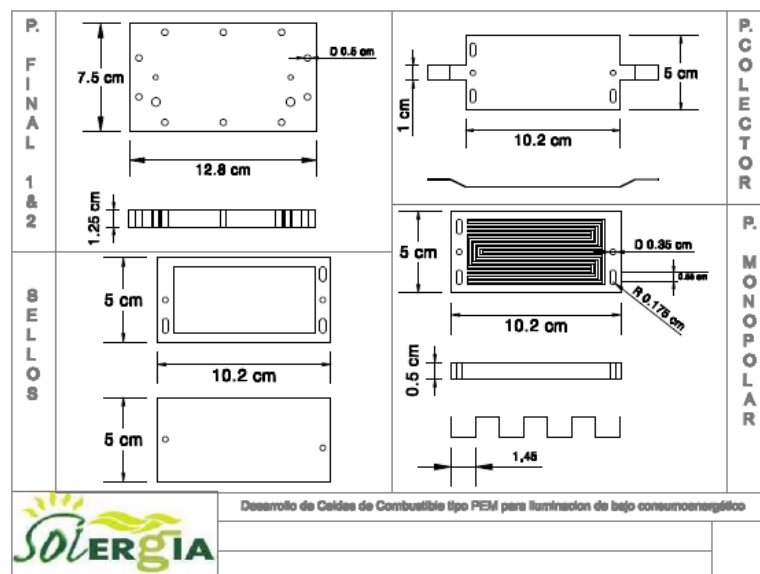


Figura 1 muestra el Diseño en 2D de la celda de 150 W

La figura 2 muestra distintas vistas de la celda de combustible de 150 W, en el Diseño 3D que se preparó.

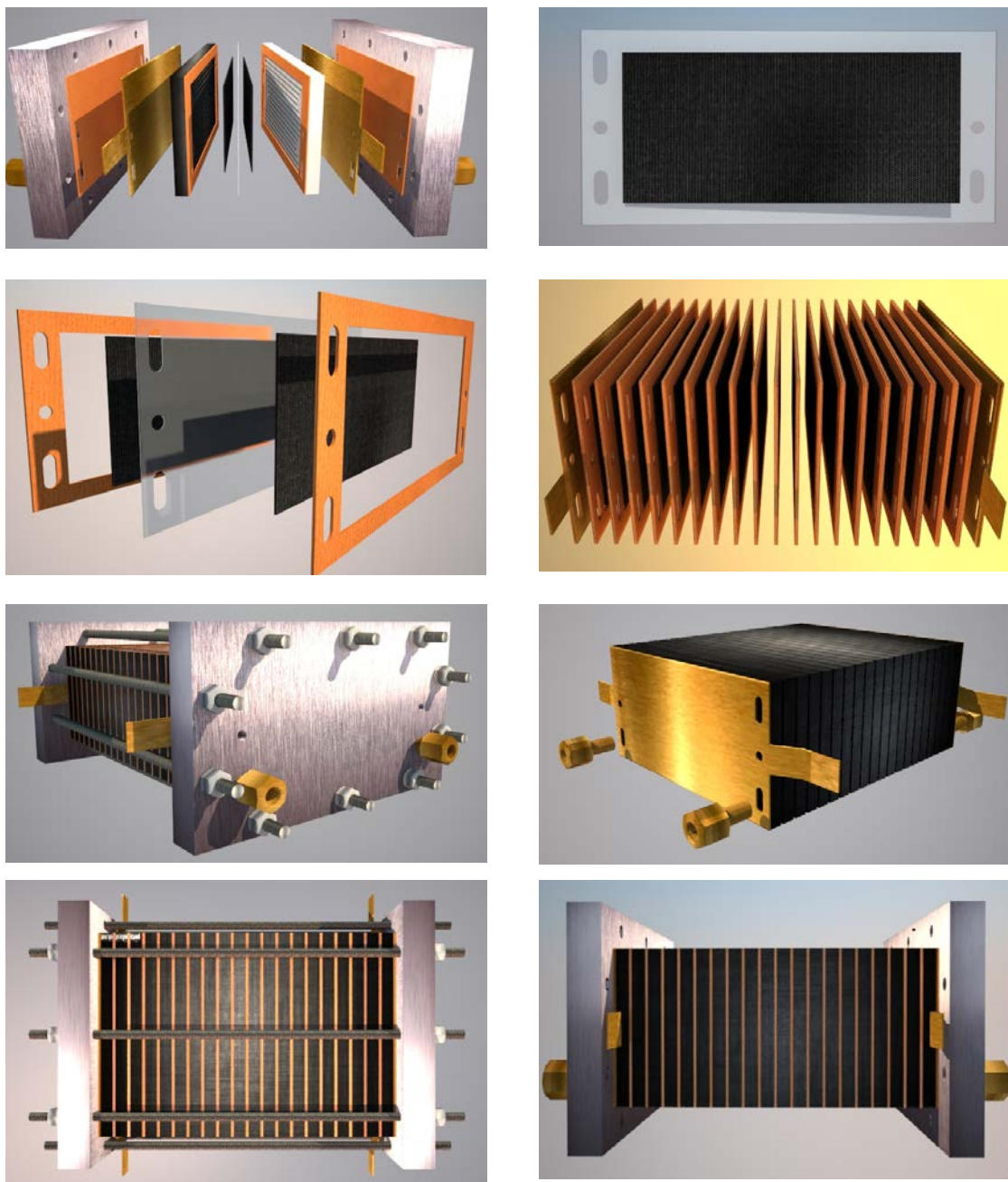


Figura 2. Distintas vistas de la celda de combustible de 150 W, en el Diseño 3D

La figura 3 muestra el proceso del maquinaron los platos colectores de corriente en función del diseño establecido y su integración a la celda de combustible.

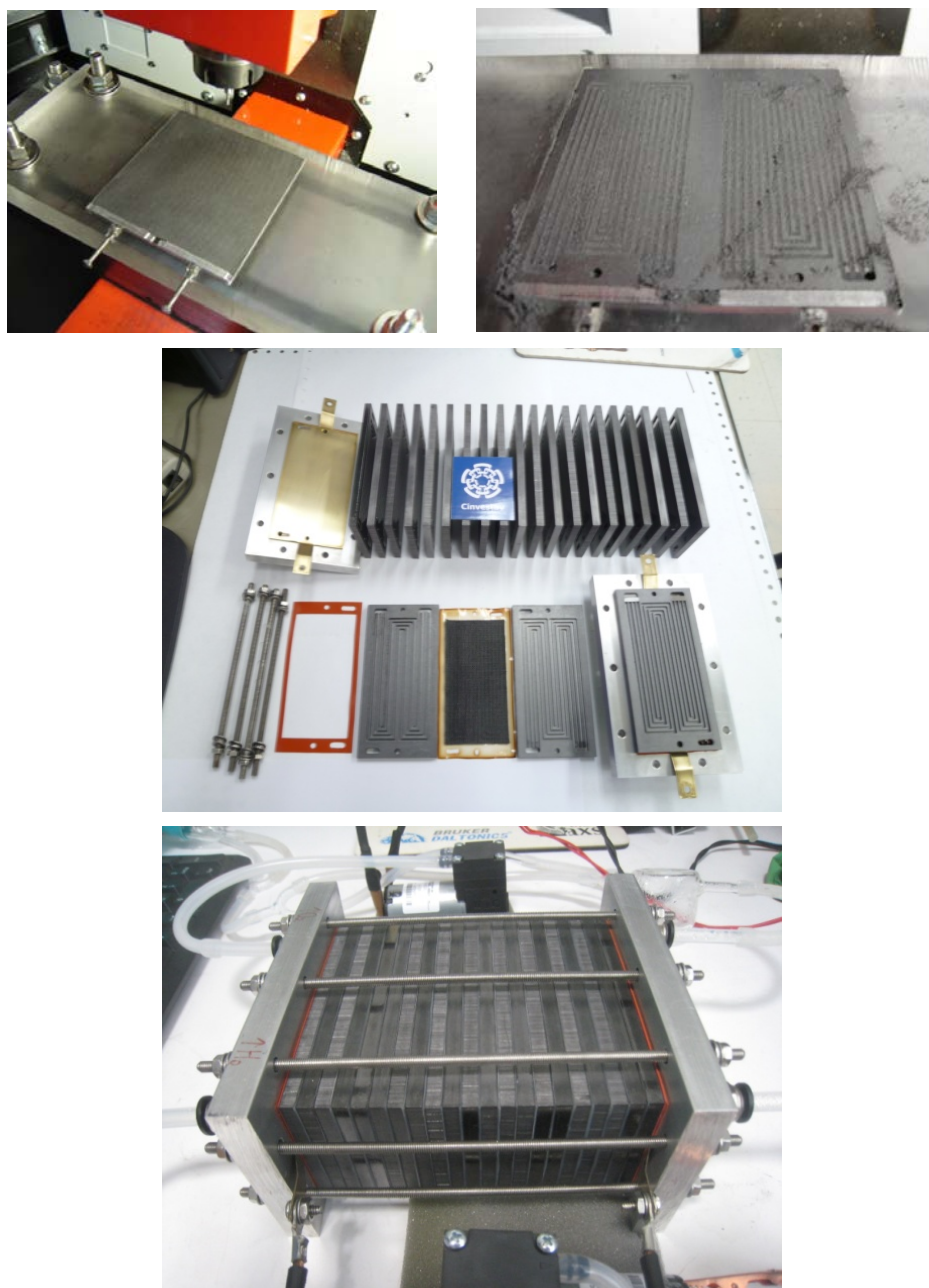


Figura 3. Proceso del maquinaron los platos colectores de corriente

La figura 4 muestra el proceso de caracterización de la celda de combustible en el módulo de prueba.

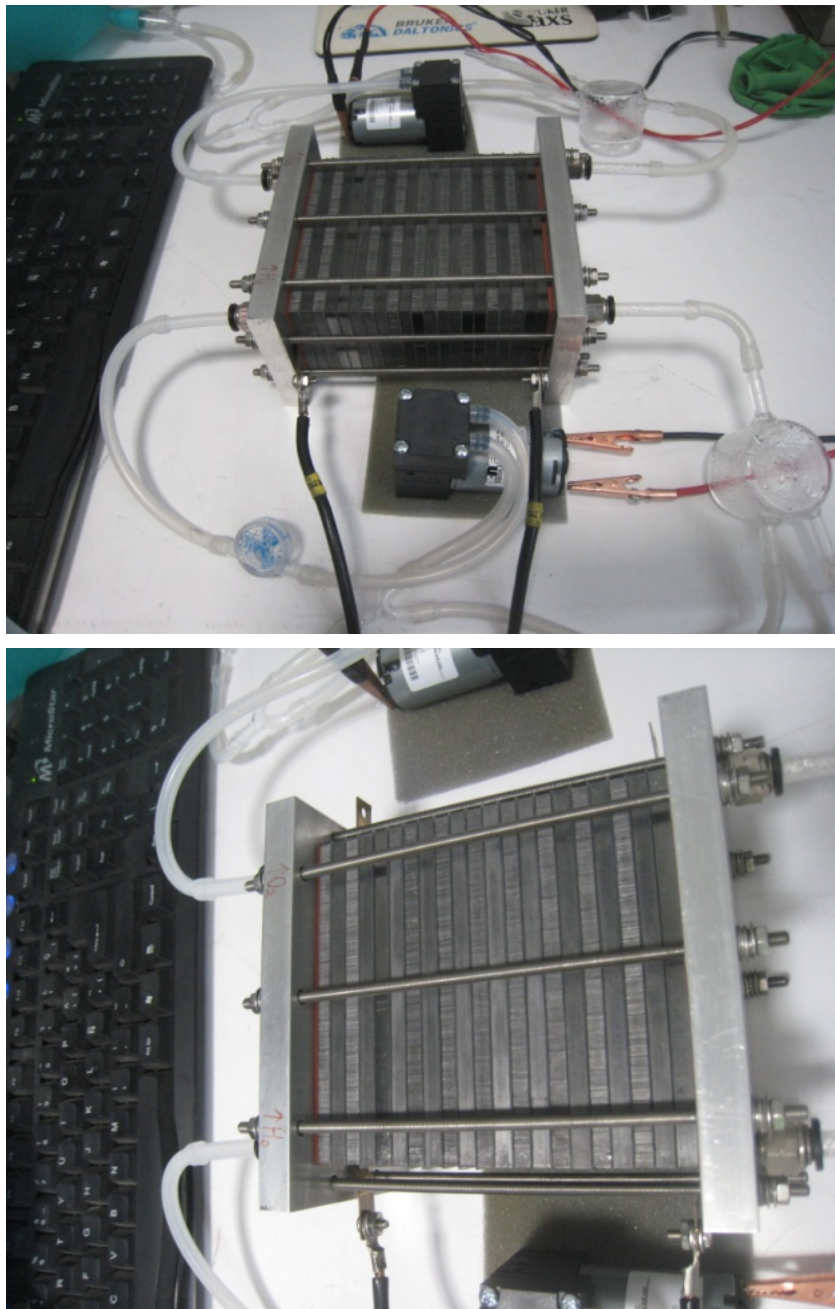


Figura 4. Proceso de caracterización de la celda de combustible

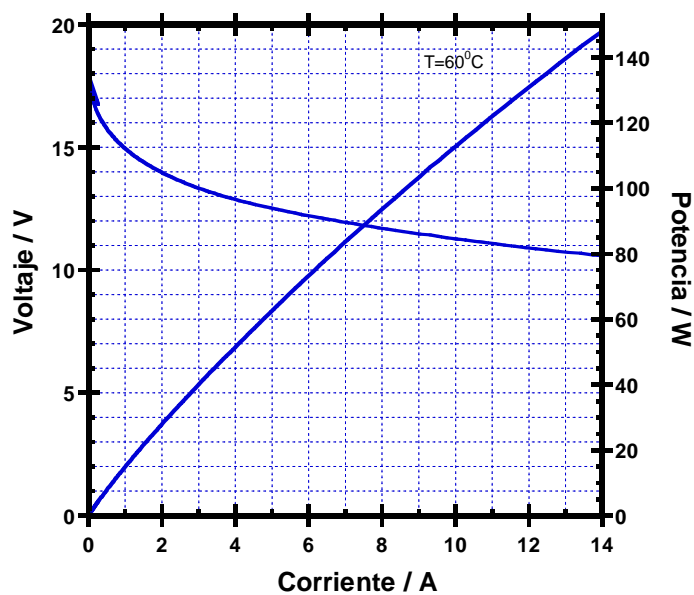
XIII Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana del Hidrógeno
Aguascalientes, México, 2013

Se obtuvieron los datos técnicos para el desempeño de la celda de combustible de 150 W. La tabla 1 describe los más importantes

La tabla 1 Parámetros técnico de la celda de combustible de 150 W

Parámetro	Dato
Tipo de celda de Combustible 0	PEM
Numero de Celdas	20
Membrana	Nafion-212
Difusores de gases	Tela de carbón
Catalizadores (ánodo y cátodo)	Pt
Carga de Catalizador	Pt al 20% peso/C - 0.5 mg/cm ²
Área de deposito del Pt	35 cm ²
Platos colectores de corriente	Grafito
Combustibles	Hidrógeno y Oxígeno
Presión de los combustibles	0.1 atm
Flujos de los gases con recirculación	3.0 l/min

Del módulo de prueba se obtuvo la curva de desempeño de la celda de combustible, figura 5.



Curva de desempeño de la celda de combustible



En esta figura se puede observar que la potencia máxima es de 150 W, a una densidad de corriente de 14 A y 11 V, no se llega a mayores densidades de corriente para no dañar el MEA. Una celda de combustible nunca se opera a potencia máxima, por la caída de potencial que existe. En este caso para que la celda opere en su punto óptimo se consideraron 50W, se estableció un flujo de hidrógeno de 800 cc/min lo que proporciona 4 A y 12.5 V.

4. Conclusiones

Se realizó el diseño 2D y 3D de una celda de combustible tipo PEM, la cual se manufacturó y consta de 20 ensambles conectados en serie con un área geométrica en cada electrodo de 35 cm². Los platos colectores de corriente fueron de grafito de baja porosidad y alta conducción eléctrica con campos de flujo laterales maquinados del lado más largo de la placa, los electrodos tienen Pt al 20% W/C con una carga de 0.5 mg/cm², los difusores de gases fueron de tela de carbón. Se caracterizó la celda de combustible en un módulo de prueba de celdas de combustible y se obtuvo la curva de desempeño a una temperatura de los gases (H₂ y O₂) de 60 °C, una presión de 0.1 atm y un flujo de 3 L min⁻¹ con un sistema de recirculación. La celda alcanzó un potencial a circuito abierto de 18 V, logrando una potencia máxima de 150 W a 14 A y 11 V. El punto óptimo de operación es de 50 W, con un consumo de 800 cc_{H2} min⁻¹. En una segunda etapa esta celda se integrará a un sistema de lámparas de LED's de alta luminosidad y bajo consumo energético para iluminación de exteriores.

5. Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado por el IPN-SIP, proyecto multidisciplinario 1540 y a la Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación (convenio ICYTDF/127/2012).

6. Referencias

1. Celdas de combustible, Editores F. J. Rodríguez Varela, O. Solorza Feria, E. Hernández Pacheco, Editorial: CreateSpace (USA), ISBN: 9780980991529, septiembre de 2010.
2. Hidrógeno: Introducción a la energía limpia, ISBN: 978-607-7798-02-6, Edición 2009, Editor Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Coordinadores y compiladores Rosa de Guadalupe González Huerta, Ernesto López Chávez y Blanca Velázquez Morales, 1ra edición 2009.
3. Frano Barbir, PEM Fuel Cells: Theory and Practice, ELSEVIER, (2005), 1-429.
4. W. Vielstich, Handbook of Fuel Cells, Fundamental Technology and Applications. W Vielstich, A Lamm, H Gasteiger Editors. John Wiley, England, Vol 4, (2003).

