

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ELECTROLIZADOR PEM DE PRUEBA

R.G. González-Huerta¹, G. Santillán-Aragón¹, O. Solorza-Feria²

¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Prof. ALM, México, D. F., 07738, México

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

¹Tel: 57296000 ext 55392, mail: rosgonzalez_h@yahoo.com.mx

RESUMEN

La utilización del hidrógeno como combustible esta ligado directamente a su producción eficiente y limpia, uno de los métodos más prometedores es la electrólisis del agua, ya que acoplado con una fuente de energía renovable se evita la emisión de contaminantes a la atmósfera. Si se utiliza un electrolizador de membrana de intercambio protónico (Tipo PEM), el hidrógeno que se produce es de alta pureza, listo para ser utilizado en una pila de combustible. Muchos estudios e investigaciones en esta área se concentran en encontrar distintos electrocatalizadores estables y selectivos para la reacción catódica (producción de hidrogeno) y anódica (producción de oxígeno). Para llevar a cabo estos estudios se requiere contar con el equipo necesario para realizar los estudios electroquímicos y determinar la estabilidad y desempeño de distintos electrocatalizadores. En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un electrolizador de prueba tipo PEM para determinar el desempeño de distintos electrocatalizadores anódicos. Su área activa es de 4 cm², su estructura es de grafito y las mallas distribuidoras de corriente son de acero inoxidable. Se determino su desempeño utilizando como electrocatalizadores anódicos Pt/C E-Tek al 10% y una mezcla 50%-50%, 25%-75% y 75%-25% de RuO₂-IrO₂. Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el ICYTDF (PICS08-37), al IPN (SIP-20090433) y al Arq. Néstor Romero por el maquinado del electrolizador.



1.- Introducción

Un electrolizador es una celda electrolítica donde se lleva a cabo una reacción química no espontánea, la cual es la transformación fisicoquímica que sufre una sustancia en la interfase electrodo/disolución al paso de la corriente eléctrica; esta transformación consiste en una ganancia o pérdida de electrones que se da a medida que se alimenta energía eléctrica de una fuente externa, es decir, una reacción de reducción u oxidación respectivamente.

En un electrolizador se alimenta corriente directa a través de dos electrodos (ánodo y cátodo), los cuales están sumergidos en un electrolito, que permite el transporte de las sustancias o los iones del seno de la solución hacia los electrodos.

En el caso del agua, la electrólisis es un proceso que permite su descomposición en los elementos que la componen (oxígeno e hidrógeno), mediante la acción de la corriente eléctrica. Esto sucede en el dispositivo llamado electrolizador. Y mediante éste, se puede obtener hidrógeno y oxígeno de alta pureza y con una alta eficiencia.

La utilización del hidrógeno como combustible esta ligado directamente a su producción eficiente y limpia, uno de los métodos más prometedores es la electrólisis del agua, ya que acoplado con una fuente de energía renovable se evita la emisión de contaminantes a la atmósfera. Si se utiliza un electrolizador de membrana de intercambio protónico (Tipo PEM), el hidrógeno que se produce es de alta pureza, listo para ser utilizado en una pila de combustible.

Los electrolizadores de membrana polimérica, PEM (por sus siglas en ingles Proton Exchanger Membrane) surgen del desarrollo alcanzado en las películas poliméricas que son capaces de conducir iones en energía eléctrica.^{1 2 3 4 5 6 7}

Actualmente los electrolizadores PEM se utilizan para la producción a baja escala de hidrógeno con rangos de producción de 0.01-10 Nm³/h de H₂.

2.- Condiciones experimentales

El electrolizador se diseño con ayuda del software Auto-Cad versión 2008, considerando un área activa de 4cm². La carcaza del electrolizador es de grafito de baja porosidad, su maquilado se llevo a cabo en una

fresadora de control numérico especial para grafito. Las mallas distribuidoras de corriente son de acero inoxidable de 1 mm de espesor con perforaciones circulares de 0.5 mm, los sellos son de silicón de 0.2 mm, ambos materiales se maquinaron en una cortadora laser de CO₂. Los difusores de gases son de tela de carbón con tratamiento de teflón y se cortaron de 4 cm².

Los ensambles membrana-electrodos, MEA (por sus siglas en inglés Membrane Electrodes Assembly) se prepararon activando las membranas Nafion[®] 115, con peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico para eliminar impurezas, hidratarlas y protonarlas. Para determinar el desempeño correcto del electrolizador diseñado se probó un MEA de referencia Pt/Pt. El cátodo se preparó utilizando una tinta que contiene 1.2 mg cm² de Pt-Etek al 10% en peso sobre carbón vulcan, 40 µl de Nafion[®] líquido (5% w/alcohol etílico) y 700 µl de etanol grado cromatográfico como diluyente. Para el ánodo la tinta se compuso de 1.5 mg cm² de Pt-Etek al 10% en peso sobre carbón vulcan, 50 µl de Nafion[®] líquido (5% w/alcohol etílico) y 900 µl de etanol grado cromatográfico como diluyente.

La impregnación de la tinta catalítica se llevó a cabo sobre la membrana Nafion[®] 115 por un método de dispersión, con un equipo semiautomático de pintado. Se lleva a cabo un procedimiento de prensado en caliente, a 11 kgf cm⁻² y 120 °C por 2 min, para integrar los difusores a la membrana Nafion[®] con las tintas catalíticas.

Para completar el estudio del desempeño del electrolizador diseñado se prepararon MEA's con las siguientes cargas anódicas, Tabla I, la composición del cátodo se mantuvo constante⁶.

Tabla I Composición anódica de los MEA's

Composición	IrO ₂	RuO ₂
	% Peso	% Peso
MEA 01	25	75
MEA 02	50	50
MEA 03	75	25

Para el armado del electrolizador entre las mallas distribuidoras de corriente y los sellos se puso una pasta de silicón para evitar fugas.



La caracterización del electrolizador se llevo a cabo en un potenciostato/galvanostato 263A PAR. La conexión de equipo fue de tres electrodos, el electrodo de trabajo se conecto al cátodo y el contraelectrodo y el electrodo de referencia se conectaron al ánodo. Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron la cronopotenciometría, con modo galvanostático del equipo y la voltametría lineal, con modo potenciostático. Para la cronopotenciometría se realizaron pulsos de 3 min de corriente desde 10 mA hasta 300 mA, se permitió al sistema llegar a un potencial constante y se registro la última lectura. En el caso de la voltametría lineal se realizo un barrido anódico de 1.23 V hasta 3.5V a una velocidad de barrido de 20 mV s⁻¹.

3.- Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el diseño del electrolizador de prueba para materiales nanométricos. Se dejo una cavidad de 2.5 cm³ para garantizar el suministro de agua a los electrodos. Se diseño una salida para los gases en la parte superior para facilitar su extracción, así mismo se diseño una entrada en la parte lateral de la carcaza para la recirculación de agua.

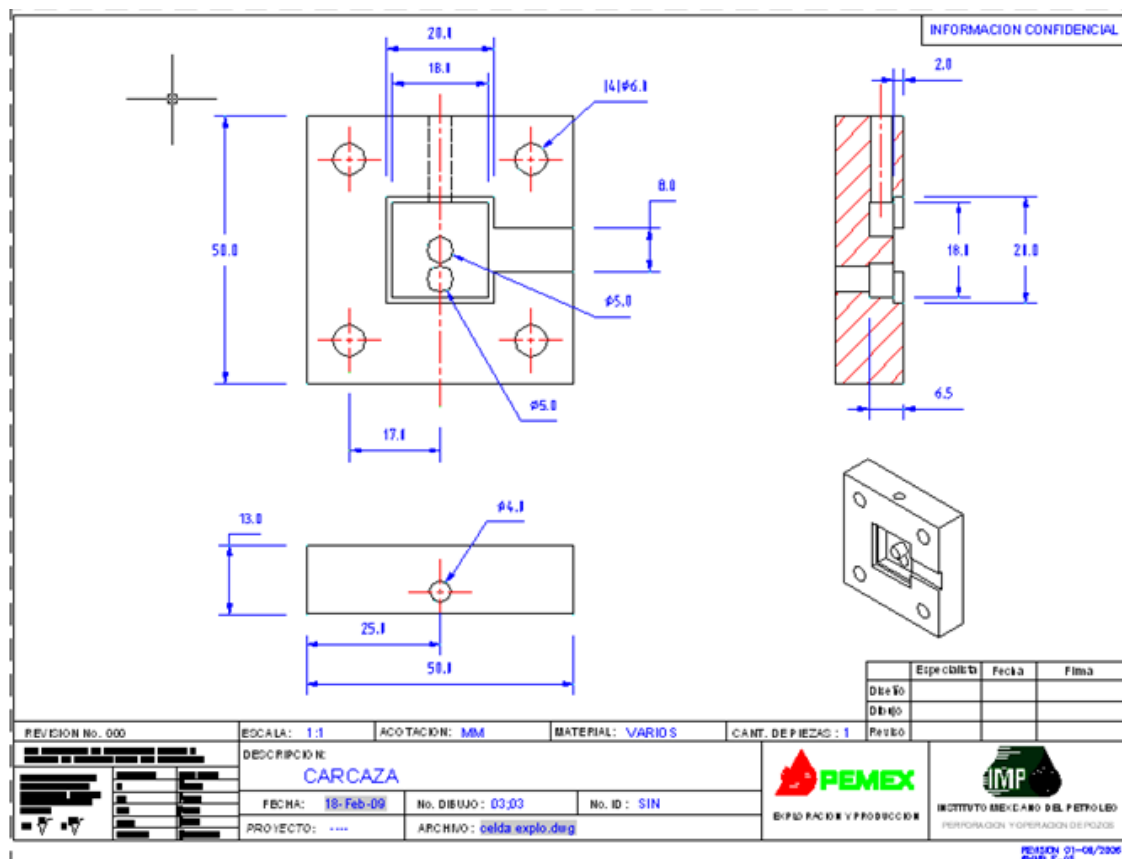


Figura 1. Diseño de la carcaza del Electrolizador PEM

Se diseñó un plano final del electrolizador PEM para poder observar el orden del armado. En la Figura 2 se presenta una explosión del plano principal para poder visualizar sus componentes, cabe señalar que se realizó un video con ayuda del software 3D-Students el cual representa en forma de simulación el armado y proceso del electrolizador PEM. Para el armado del electrolizador se utilizaron tornillos de acero inoxidable aislados con empaques de plástico para evitar corrosión y contacto entre los electrodos.

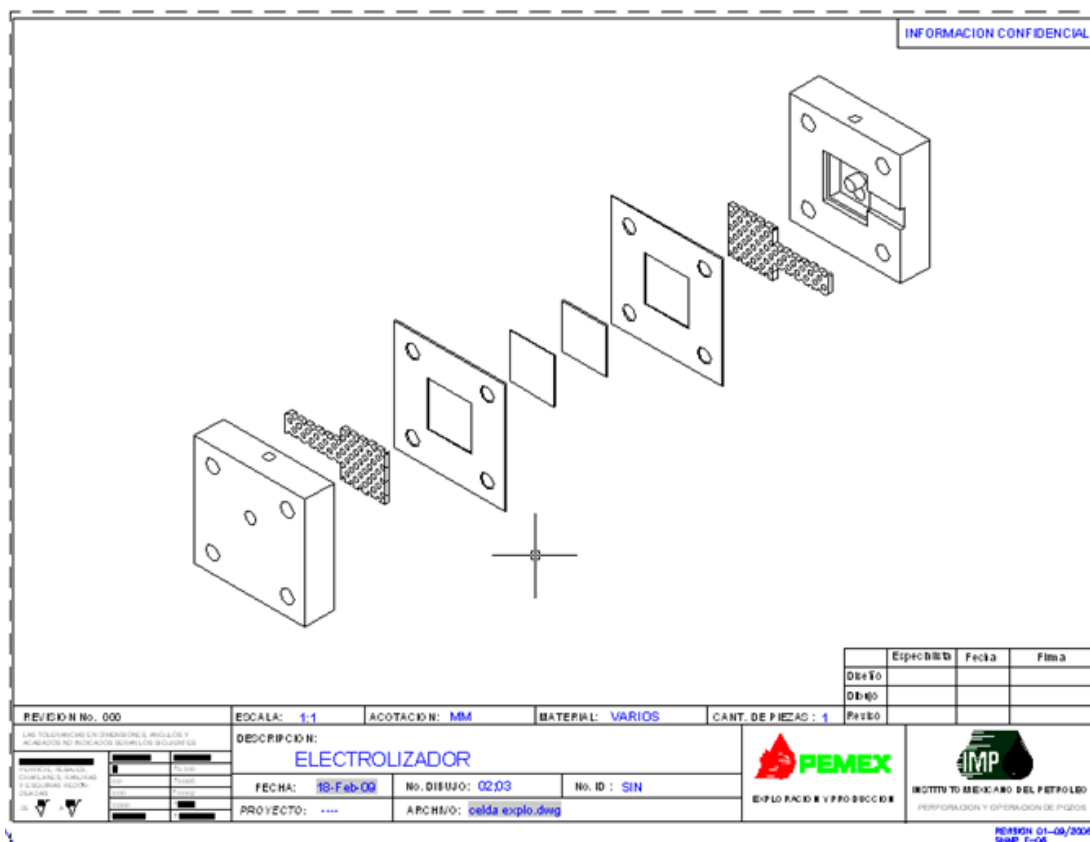


Figura 2. Explosión del electrolizador PEM. Carcaza, mallas distribuidoras de corriente, sellos de Silicon, difusores de gases.

La Figura 3 muestra una imagen del equipo diseñado, se integro a unos tanques de almacenamiento, que contienen agua de recirculación, se colocaron a una altura de 15 cm del electrolizador para facilitar el desalojo de los gases generados.

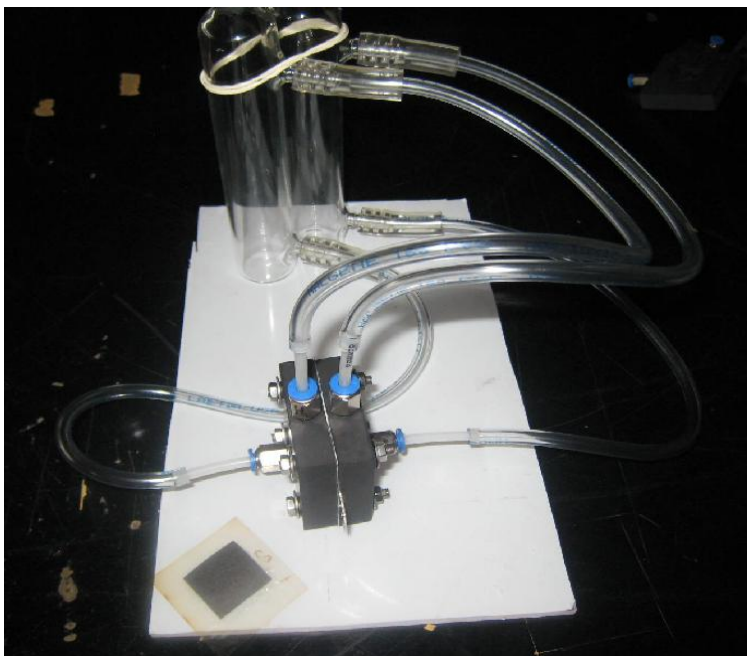


Figura 3. Imagen de Electrolizador integrado a los tanques de almacenamiento.

En la Figura 4 puede observar el desempeño del electrolizador con los diferentes MEA's preparados. El mejor desempeño lo mostro el ensamble Pt-Pt, con una densidad de corriente de 80 mA cm^{-2} a un voltaje de 3.5V.

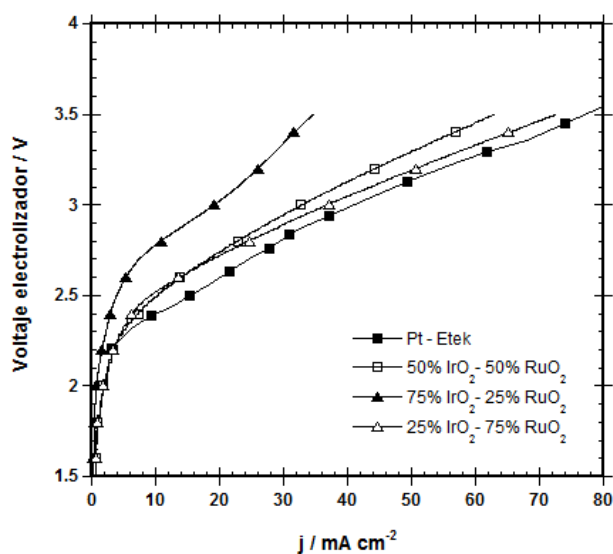
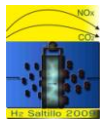


Figura 4. Desempeño del electrolizador.



El problema de utilizar este tipo de material en el ánodo es su baja durabilidad, ya que las condiciones impuestas en éste, producen una degradación acelerada de la tela de carbón utilizada como difusor de oxígeno, y un desgaste del soporte de carbón presente en el platino E-Tek, esto se comprobó al observar una ligera coloración en el agua de recirculación del ánodo y al desarmar el electrolizador un desgaste en el difusor anódico. Por lo anteriormente expuesto se probaron los catalizadores a base de óxidos, los cuales han demostrado mayor durabilidad a las condiciones existentes en el electrolizador, observando que el mejor desempeño se logra con una combinación de 25% de IrO_2 y 75% de RuO_2 .

4.- Conclusiones

En este trabajo se diseñó y evaluó el desempeño de un electrolizador de prueba. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, muestran que este dispositivo tiene las condiciones adecuadas para que se puedan probar diferentes catalizadores anódicos y catódicos, así como membranas de intercambio protónico y difusores de gases.

5.- Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el ICYTDF (PICS08-37), al IPN (SIP-20090433), y al Arq. Néstor Romero por el maquinado del electrolizador.

6. - Referencias

- ¹ Daniel Shapiro, Michael K. H., Leung, Dennis Y.C. Leung., *Solar Energy*, vol. 79 (2005) 544-550
- ² Frano Barbir, *Solar Energy*, vol. 78 (2005) 661-669.
- ³ V. Baglio, A. Di Blasi, T. Denaro, V. Antonucci, A.S. Arico, R. Omelas, F. Matteucci, G. Alonso, L. Morales, G. Orozco and L.G. Arriaga, *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, vol. 11 (2008) 105-108.
- ⁴ Meng Ni, Michael K.H. Leung, Dennis Y.C. Leung, *Energy Conversion and Management*, (2008) 1-5.
- ⁵ M. Gustavsson, H. Ekström, P. Hanarp, L. Eurenus, G. Lindbergh, E. Olsson and B. Kasemo, *J. Power Sources* 163 (2007) 671
- ⁶ Rodríguez Castellanos Andrés, “*Diseño, construcción y estudio del desempeño de un electrolizador con membrana de intercambio protónico*”, Tesis de licenciatura, IPN-ESIQIE, (2005).
- ⁷ W. B. Cicero, Bezerra, L. Zhang, H. Liu, K. Lee, L.B. Aldaléa Marques, E.P. Marques, H.Wang, J. Zhang, *J. Power Sources* 173 (2007) 891