

Generación de Hidrógeno para una Celda de Combustible Tipo PEM y Determinación de Desempeño Utilizando LabVIEW con una Tarjeta de Adquisición de Datos Ni-USB6009.

S. Citalán-Cigarroa^{1,*}, A. Rodríguez-Castellanos¹, J. F. Pérez-Robles², O. Solorza-Feria¹

¹Depto. Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
A. Postal 14-740, 07360 México D.F., México.

²Unidad Querétaro, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
A. Postal 1-798, 76001 Querétaro, Qro.

Tel: 57473800, mail: scitalan@cinvestav.mx

ABSTRACT

En este trabajo se presenta el diseño de un electrolizador y una celda de combustible utilizando nanopartículas de Pt/C, RuO₂ y IrO₂ previamente caracterizados[1]. Estos materiales tienen una gran variedad de aplicaciones tecnológicas, especialmente en el desarrollo de electrodos en celdas de combustibles y electrolizadores. Los electrolizadores se han señalado como una tecnología prometedora en la generación de hidrógeno utilizando agua como fuente de hidrógeno y en el proceso de la electrolisis se genera cero emisiones de gases de invernadero. En el diseño del electrolizador se utilizó electrodos de titanio grado 2, se recubrió el cátodo de RuO₂ y IrO₂ para la evolución de oxígeno y en la evolución de hidrogeno se utilizó Pt/C soportados en una membrana de Nafion®. El electrolizador utilizó agua destilada y energía eléctrica suministrada por un panel fotovoltaico, la generación de Oxígeno e hidrógeno se alimentó a una celda de combustible de intercambio protónico tipo PEM de 50W. El desempeño de la Celda de combustible se monitorio implementando un instrumento virtual desarrollado en LabVIEW con fines académicos. El sistema adquiere en tiempo real los parámetros de estabilidad en función del tiempo. Los datos son adquiridos en la computadora a través de la tarjeta de adquisición NI USB-6009, que garantiza el monitoreo del sistema de medición y la interacción del usuario con dicho sistema desde la PC. La recopilación de datos experimentales es muy útil para determinar y conocer el desempeño de una celda de combustible.

Keywords: Electrocatalizadores; Celda de combustible; Sensores de corriente; LabVIEW.



1. Introducción

Nuestro mundo está urgido en fuentes de energías limpias y renovables para sustituir la quema de los combustibles fósiles, ya que estos generan contaminantes que contribuyen al calentamiento global de nuestro planeta. En la figura 1 se muestra la proyección de consumo de energía estimado desde 1990 al 2035 según reporte del 2011 hecho por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCD. El consumo mundial de energía comercializada crece en un 53 por ciento entre 2008 y 2035. El uso total de energía en el mundo se eleva a 505 cuatrillones de unidades térmicas británicas (BTU) en 2008 a 619 cuatrillones de BTU en 2020 y 770 cuatrillones de BTU en 2035. Gran parte del crecimiento del consumo de energía se produce en países fuera de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (países no pertenecientes a la OCDE), donde la demanda es impulsada por un fuerte crecimiento económico a largo plazo. El uso de energía en los países fuera de la OCDE aumenta en un 85 por ciento en el caso de la referencia, en comparación con un incremento del 18 por ciento para las economías de la OCDE[2-3].

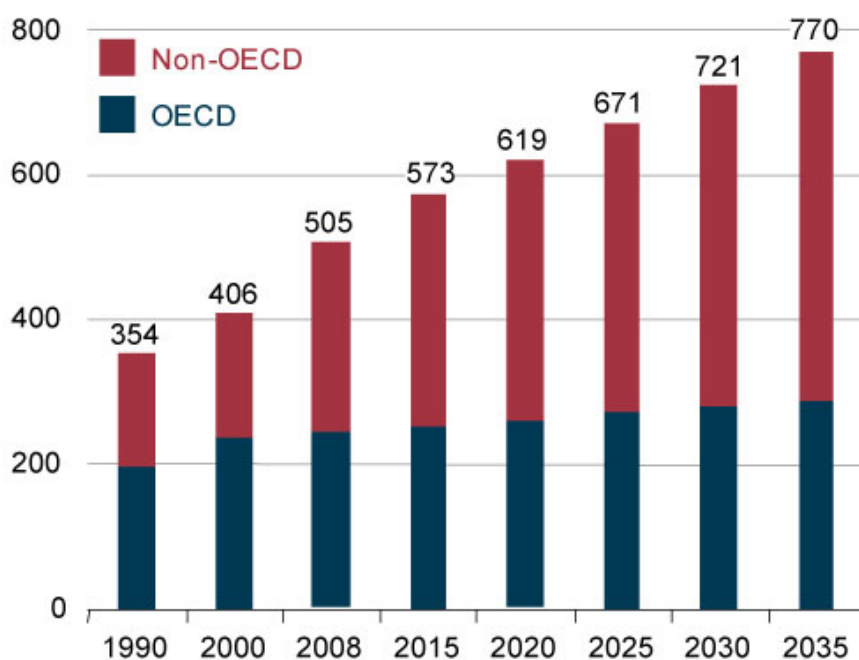


Figura 1. Consumo de energía mundial desde 1990-2035 en (10^{15} BTU)

Existen fuentes de energía limpias, como la eólica y la energía solar, estas energías reemplazarán gradualmente nuestra pesada dependencia de los combustibles fósiles, y el hidrógeno desempeñará un papel importante como portador energético en el desarrollo sostenible en el futuro [4-5]. El hidrógeno puede ser utilizado en celdas de combustibles en la generación de electricidad de manera eficiente y como producto de la reacción produciendo vapor de agua [6]. Existen miles de publicaciones recientes sobre investigación y desarrollo de nuevos materiales electrocatalíticos y muestran un panorama muy prometedor en el diseño de nuevos materiales catalíticos para fabricación de electrodos utilizados en cátodos y ánodos en las celdas de combustibles y electrolizadores[7].

Las celdas de combustibles y electrolizadores existentes en el mercado tienen una dependencia del platino y de metales de transición para la fabricación de los electrodos y por lo tanto no las hacen accesibles debido a su alto costo de producción y ha restringido su uso masivamente.

En muchas universidades y laboratorios en México se han estado trabajando sobre tecnologías de celdas de combustible de hidrógeno y la problemática que enfrenta un investigador es la carencia de infraestructura para poder caracterizar y monitorear el desempeño de los prototipos[8-9]. Debido a esto se genera pérdida de tiempo. En el presente trabajo se pretende eliminar esta problemática utilizando LabVIEW 10.0 de National Instrument, una tarjeta de adquisición de datos, NI USB6008, figura 2. Este dispositivo se acoplado a una computadora portátil y utilizando sensores de Voltaje y corriente. Se creó un instrumento virtual modular para poder monitorear los parámetros y almacenar los datos adquiridos de manera confiable y tener un seguimiento y control de Voltaje, $E(V)$, corriente $I(A)$ y temperatura.



Figura 2. Datalogger de NI-USB6009

1.1 Sensor de Corriente

Se utilizó un sensor de efecto Hall ACS715, el cual mediante un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, y ante la circulación de corriente crea un voltaje de salida, la principal ventaja del uso de este tipo de sensor es que no tiene ninguna influencia en el camino de la corriente ya que no es necesario colocar ningún elemento resistivo, pues la medición es de tipo magnética, figura 3.

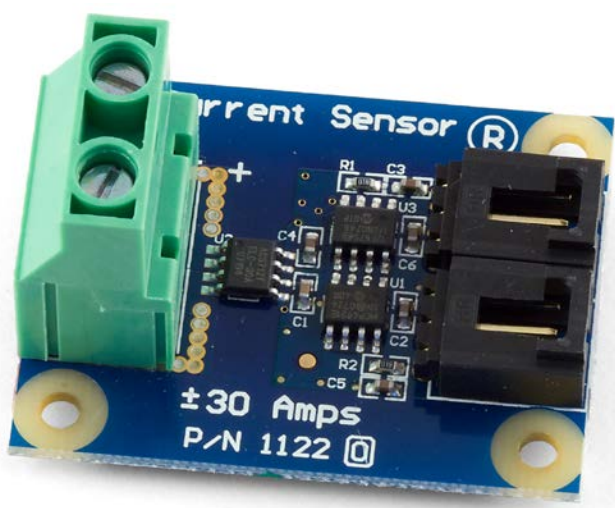


Figura 3. Sensor de corriente de 30 Amp AC/DC

1.2 Sensor de Voltaje.

Este sensor de voltaje DC mide el voltaje de CC de hasta 200V. Funciona con una fuente de alimentación externa de 12VDC, el sensor de voltaje DC proporciona una señal analógica de 0 a 5 VCC que es linealmente proporcional a la tensión medida en los bornes.



Figura 4. Sensor de voltaje con rango de 0-200V dc

1.3 Pila de combustible tipo PEM.

Una pila de combustible es un dispositivo que convierte la energía química de un combustible directamente a energía eléctrica. En la figura 6, se muestra la forma esquemática el principio de operación de una pila de combustible H₂/ O₂. En el ánodo, tiene lugar la oxidación electroquímica del hidrógeno a protones y electrones. Los protones migran a través de la membrana de conducción protónica; mientras tanto, los electrones fluyen por un circuito externo a la pila de combustible[10]

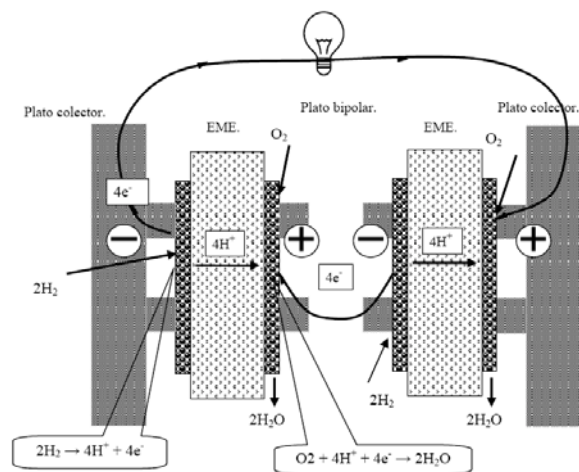


Figura 6. Principio de operación de una pila de combustible H₂/ O₂.

Los Electrones y protones convergen en el cátodo, donde reaccionan con el oxígeno para formar agua. La Tabla 1 muestra las reacciones anódica, catódica y global [6].

Tabla 1. Semi-reacciones en la pila de combustible.

Reacción anódica (ROH):	$2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	(1)
Reacción catódica (RRO):	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	(2)
Reacción global:	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{calor} + \text{energía eléctrica.}$	(3)

2. Sección Experimental

2.1. Celda de combustible

En la figura 7, se muestra una imagen del ensamblado de una monocelda de 100 cm² de área reactiva que fue ensamblada con difusores comerciales con una carga catalítica de 20 % en peso de platino E-tek.

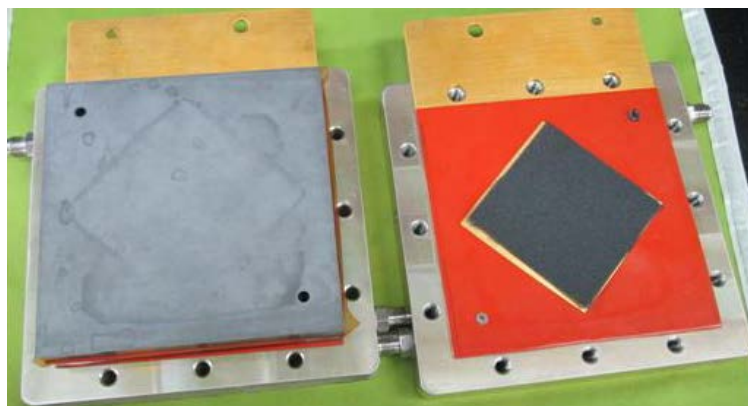


Figura 7. Componentes de la celda de combustible.

En la figura 8 se muestra el diagrama de adquisición de datos y se hizo la instrumentación virtual para la toma de datos. Se utilizó una fuente de voltaje DC externa para que los sensores entren en operación. En figura 9 se muestra la celda acoplada con sensores interconectado al NI-USB6009. La presión y alimentación de gases de la celda se auxilio con el modulo de prueba para mantener los paramento de los gases constante.

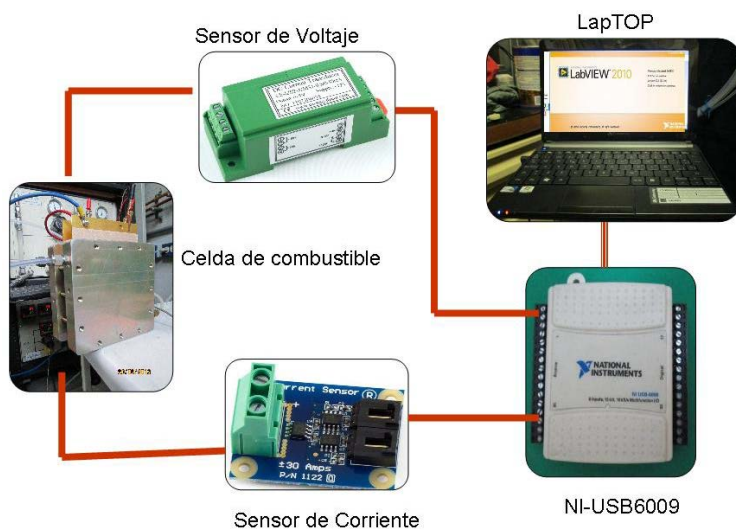


Figura 8. Diagrama del sistema de adquisición de datos.

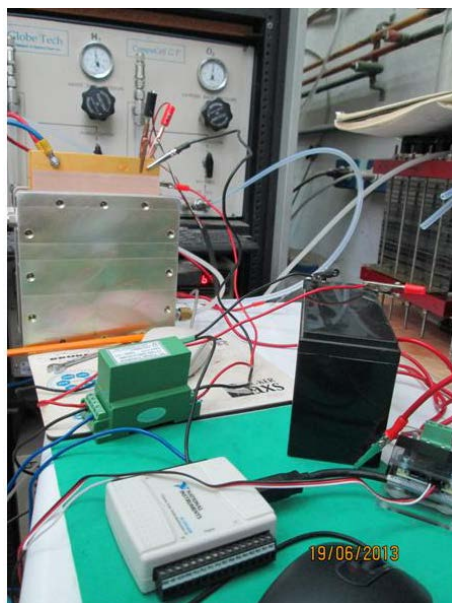


Figura 8. Acoplamiento de sensores y NI-USB6009 a la celda de combustible de 100 cm².

3. Resultados y Discusiones.

El sistema automáticamente adquiere y almacena los datos de voltaje y corriente y la estabilidad, como se muestra en la figura 11. En la figura 12 se muestra el grafico de estabilidad de la celda por 30 horas, donde no se requiere la presencia y ocupación permanente del operador. Además, el despliegue de los gráficos, que es en tiempo real, informa sobre el comportamiento de estabilidad en función del tiempo.

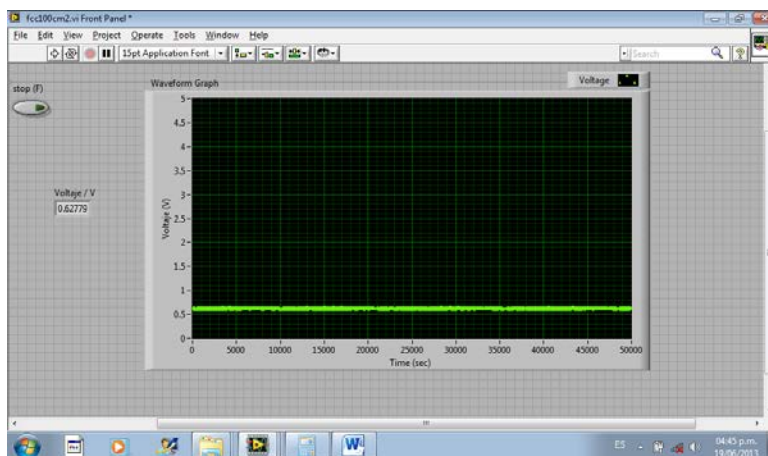


Figura 11. Diagrama V vs. tiempo (s) de estabilidad de la celda de combustible de 100 cm². Estos dato se adquirido en tiempo real utilizando instrumento virtual.

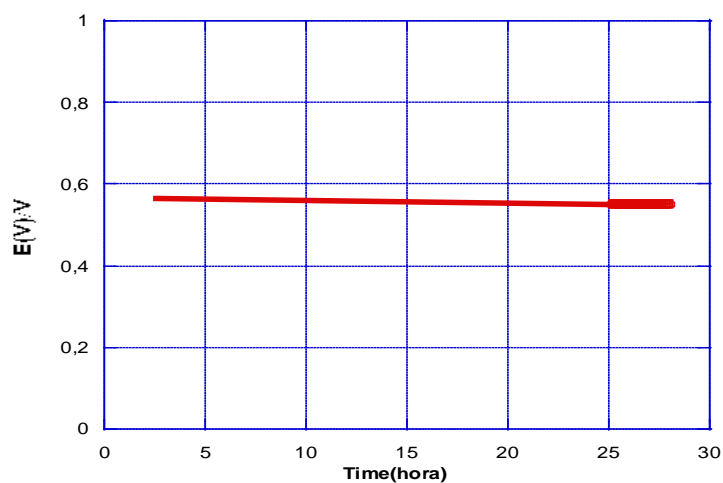


Figura 12. Diagrama de estabilidad de E(V) vs tiempo despues de 30 horas de operación.

En la figura 13 se grafican los datos experimentales obtenidos de las dos diferentes formas y muestran similitud con relación a los datos tomados experimentalmente en el módulo de prueba serie 890B de Electrochem. En la figura 14 se muestra el gráfico $I(A)$ de la celda de combustible con los datos de voltaje (V) de salida del sensor de efecto Hall ACS715. Estos datos se almacenaron en una computadora LapTOP de manera automática con el instrumento virtual. La finalidad de este trabajo es demostrar y comparar los resultados experimentales, debido a las necesidades que tiene nuestro grupo de trabajo en caracterizar los prototipos, actualmente se cuenta con un solo equipo y por lo tanto mucha demanda por parte de los estudiantes e investigadores. Este pequeño prototipo ofrece la posibilidad de que se aprovechen las tecnologías de dispositivos electrónicos y software como LabVIEW que permitan hacer equipos virtuales y se tengan un mejor desempeño y rendimiento en el análisis de datos experimentales.

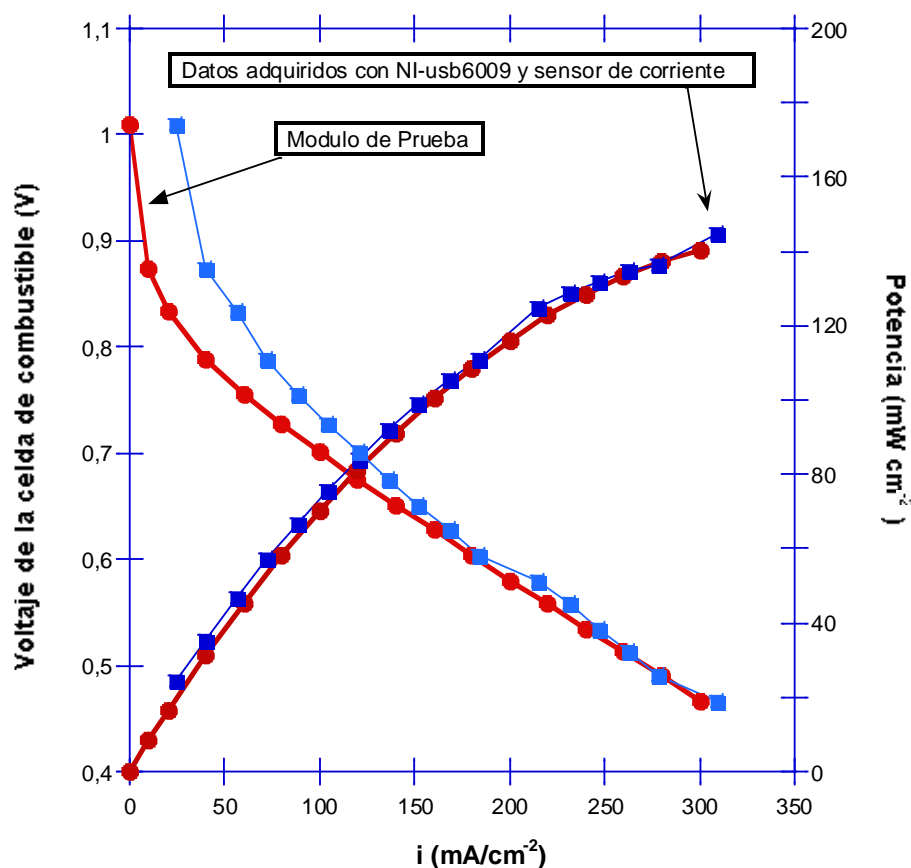


Figura 13. Desempeño de la celda de combustible

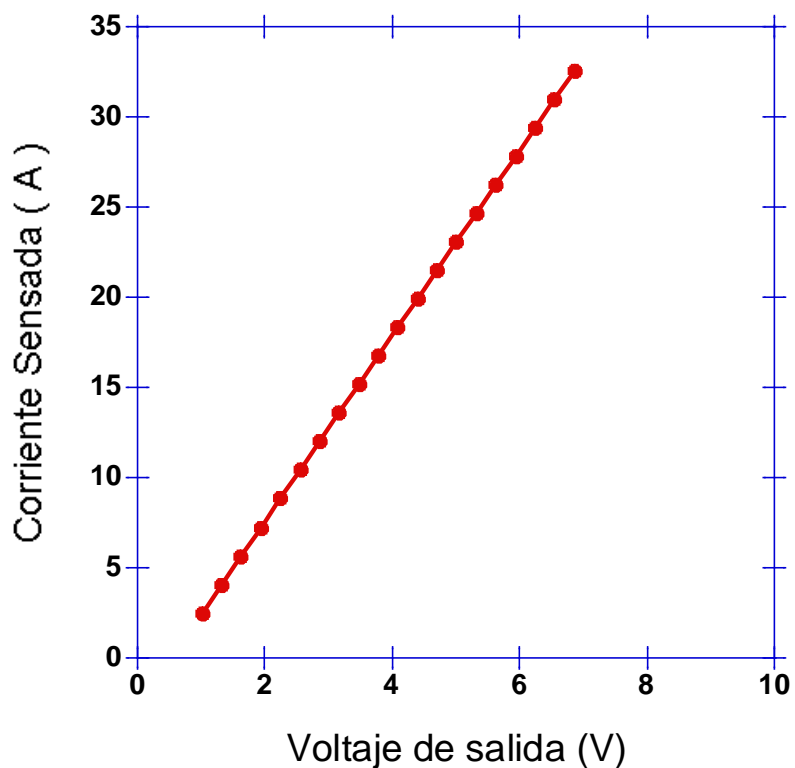


Figura 10 Gráfica de Voltaje de salida contra valor de corriente sensada con sensor efecto Hall ACS715 a celda de combustible tipo PEM.

4. Conclusiones

Se ha demostrado que utilizando pocos dispositivos se puede desarrollar instrumentación virtual con LabVIEW para hacer la caracterización del desempeño de una celda de combustible tipo PEM.

Se demostró que los datos adquiridos de estabilidad de la celda de combustibles con el módulo de prueba serie 890B de Electrochem y los datos adquiridos con el instrumento virtual al analizarlos y graficarlos son altamente confiables.

No se logró acoplar el electrolizador a la celda de combustible ya que este presentó baja eficiencia en la producción de hidrógeno y debido a las dimensiones de la celda de combustible no abastecía la cantidad requerida por eso se utilizó el controlador de flujo del módulo para mantener constante la entrada de los flujos.

Para hacer mas optimo el prototipo se requiere de un diseño de control de carga de la celda y mantener controlada la entrada de los gases con la ayuda de flujometros másicos.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el ICYTDF al proyecto OCF-OSF.

6. Referencias

- [1] E. Rasten, G. Hagen, R. Tunold, *Electrochem. Acta* 48, 3945 (2003).
- [2] <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm> , (2013).
- [3] International Energy Outlook, DOE/EIA-0484, (2011).
- [4] A. Ursúa, L. M. Gandía y P. Sanchos, *IEEE*, 100, 410(2012)
- [5] Netra Gyawali, and Yasuharu Ohsawa, *IEEE Transactions on Energy Conversin*, 25, 1092(2010)
- [6] Supramaniam Srinivasan, *Fuel Cell From Fundamentals to Applications*, Springer Science, (2006)
- [7] J.J. Salvador-Pascual, S. Citalán-Cigarroa, O. Solorza-Feria, *J. Power Sources*, 172, 229 (2007).
- [8] G. W. Johnson, R. Jennings, “LabVIEW, Graphical Programming”, Third Edition, McGraw-Hill, (2006).
- [9] Hans-Peter Halvorsen, *Data Acquisition in LabVIEW*, Porsgrunn, Norway, (2011).
- [10] Omar Solorza-Feria (1), Elvira Ríos-Leal (2), y Héctor M. Poggi-Varaldo (2), *Libros de Ciencia y Tecnologías, “Energías Renovables Biológicas-Hidrógeno-Pilas de Combustible(2008).*