

# Pilas de combustible parte 3: caracterización mediante EIS

En las notas de aplicación anteriores, se demostró que las pilas de combustible son fuentes de energía prometedoras, ya que ofrecen una solución altamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente para la energía alternativa. En los últimos años se están realizando considerables investigaciones para proporcionar una mejor comprensión de los factores que afectan el rendimiento de una celda de combustible.

En esta nota de aplicación se demostrará el uso de la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) para la caracterización del combustible PEM. Se demostrará que EIS es una poderosa herramienta de diagnóstico para la determinación de los siguientes factores que pueden influir en el desempeño de una celda de combustible PEM:

- Composición y estructura del electrodo.

- Características de la membrana
- Parámetros operativos como temperatura de la celda, humidificación, composición del gas y presión

La principal ventaja de EIS como herramienta de diagnóstico es su capacidad para resolver en el dominio de la frecuencia las contribuciones individuales de los diversos factores que determinan las pérdidas de potencia globales de la pila de combustible PEM:

- Cinético
- óhmico
- Transporte masivo

## CONDICIONES EXPERIMENTALES

Los experimentos se realizaron en la estación de prueba de celdas de combustible del grupo de Electroquímica del Departamento de Química de la Universidad North Eastern en Boston, EE. UU.

Los experimentos se realizaron utilizando un AUTOLAB PGSTAT302N controlado por el software NOVA. El EIS las mediciones se realizaron utilizando el módulo FRA32 controlado por el software NOVA. La unidad de refuerzo de corriente de 10 A se utilizó como carga.

La celda de combustible utilizada para los experimentos fue una sola celda con una superficie geométrica de 5 cm<sup>2</sup> que comprende una membrana electrolítica de polímero Nafion. Los electrodos

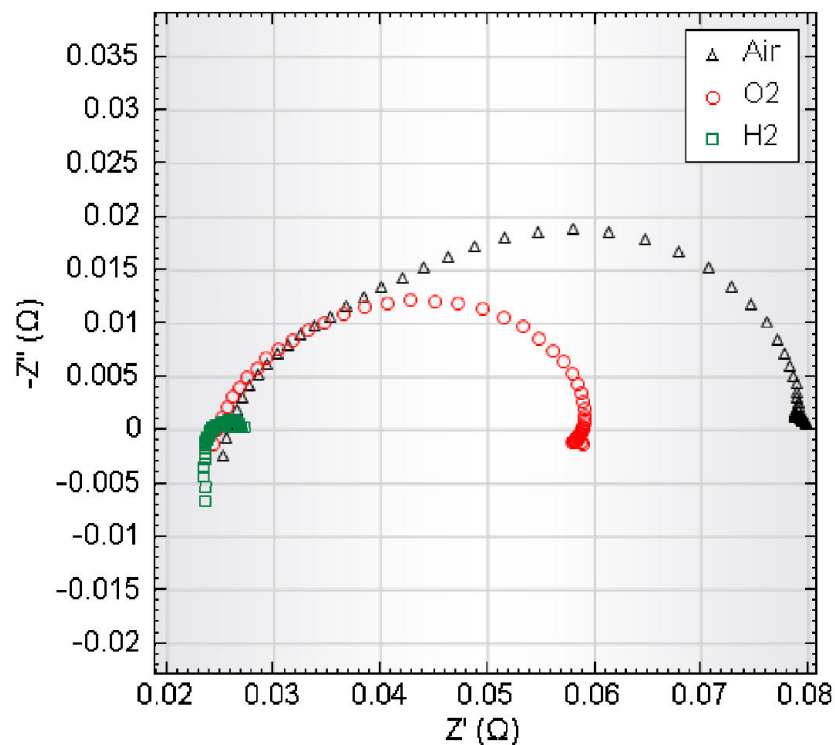
consistían en una capa de catalizador de película delgada. Los electrodos se suministraron con hidrógeno puro o hidrógeno con una pequeña cantidad de CO en el ánodo y con hidrógeno (para mediciones de referencia), aire u oxígeno en el cátodo.

Los experimentos EIS se realizaron bajo control potencioestático. Para la celda con hidrógeno en el cátodo, los experimentos EIS se realizaron en OCP (0,0 V). Para los experimentos con aire y oxígeno, los experimentos se realizaron al potencial aplicado de 0,8 V, 0,6 V y 0,4 V. Se utilizó un rango de frecuencia de 10 kHz – 0,01 Hz. La amplitud de la perturbación de CA se fijó en 10 mV.

En **Figura 1** los resultados del experimento EIS con  $H_2$  en el cátodo se comparan con los que tienen  $O_2$  y aire en el cátodo.

Cuando solo hay hidrógeno tanto en el lado del ánodo como del cátodo del electrodo, no se produce una reacción de reducción en el cátodo y se miden las pérdidas óhmicas a través de la membrana. Cuando el hidrógeno se reemplaza por oxígeno en el cátodo, se produce la reducción de oxígeno en el cátodo. Por lo

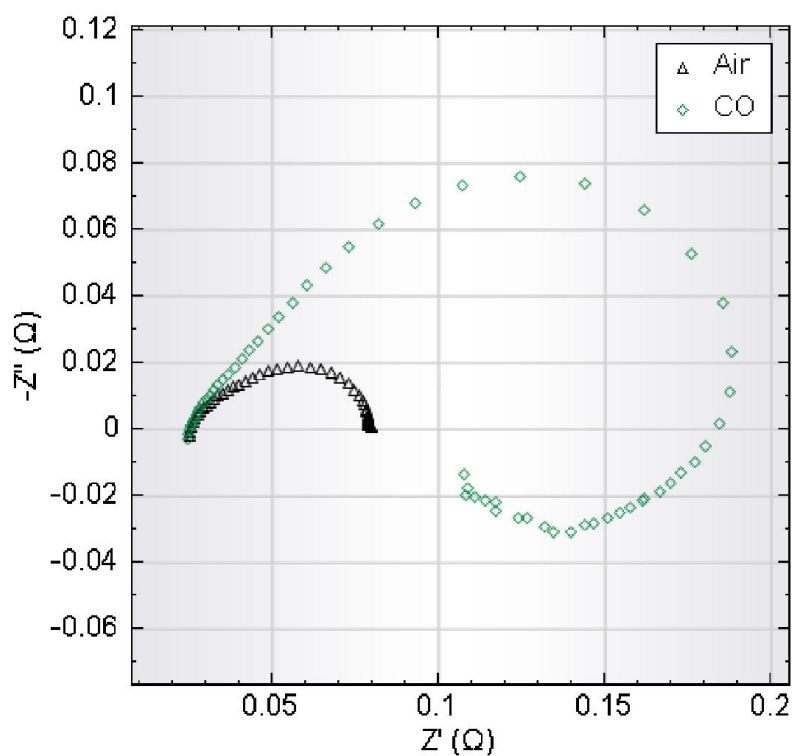
tanto, se puede medir la resistencia a la transferencia de carga de la reacción de reducción. Cuando el oxígeno se reemplaza por aire en el cátodo, se puede ver el efecto del transporte de masa. El oxígeno tiene que difundirse a través del nitrógeno presente en el aire para llegar a la superficie del cátodo, lo que da como resultado un aumento en la resistencia a la polarización debido a la resistencia a la difusión, como se ve en **Figura 1**.



**Figure 1.** Resultados del experimento EIS en una celda de combustible PEM con  $H_2$ ,  $O_2$  y aire en el cátodo

En **Figura 2** se aprecia el efecto del envenenamiento del catalizador por CO. Con la introducción de CO en el aire en el lado del ánodo aumenta la resistencia a la

transferencia de carga para la oxidación del hidrógeno debido al envenenamiento del catalizador.



**Figure 2.** Resultados de experimentos EIS en una celda de combustible PEM con aire y CO en el ánodo

Con la introducción de CO en el aire en el lado del ánodo aumenta la resistencia a la transferencia de

carga para la oxidación del hidrógeno debido al envenenamiento del catalizador.

## REFERENCIAS

1. METRO. Ciureanu, R. Roberge, J. física química B, 2001, 105, 3531-3539

## CONTACT

Metrohm Argentina S.A.  
Avda. Regimiento de  
Patricios 1456  
1266 Buenos Aires

[info@metrohm.com.ar](mailto:info@metrohm.com.ar)



### Autolab PGSTAT204

El PGSTAT204 combina un pequeño tamaño con un diseño modular. El aparato incluye un potenciostato/galvanostato base con una tensión de cumplimiento de 20 V y una corriente máxima de 400 mA o de 10 A cuando se combina con el BOOSTER10A. El potenciostato se puede ampliar en todo momento con un módulo adicional, por ejemplo, el módulo FRA32M para la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

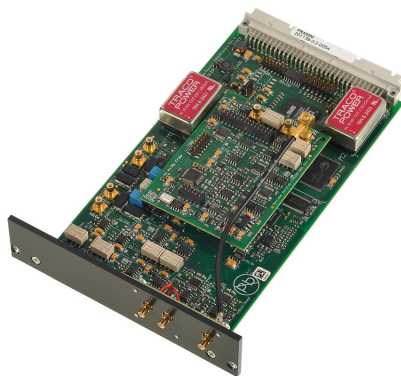
El PGSTAT204 es un aparato asequible que puede colocarse en cualquier lugar del laboratorio. Dispone de entradas y salidas analógicas y digitales para controlar los accesorios de Autolab y los dispositivos externos. El PGSTAT204 incluye un integrador analógico incorporado. Junto con el potente software NOVA, puede usarse para la mayoría de las técnicas electroquímicas estándar.



### Autolab PGSTAT302N

Este potenciostato/galvanostato de calidad superior y alta corriente, con una tensión de cumplimiento de 30 V y un ancho de banda de 1 MHz, combinado con nuestro módulo FRA32M, está especialmente diseñado para la espectroscopía de impedancia electroquímica.

El PGSTAT302N es el sucesor del popular PGSTAT30. La corriente máxima es de 2 A, cuyo rango se puede ampliar a 20 A con el BOOSTER20A, y la resolución de corriente es de 30 fA con un rango de corriente de 10 nA.



### Módulo de espectroscopia de impedancia electroquímica

El FRA32M ofrece un método para realizar medidas de impedancia e impedancia electroquímica en combinación con el Autolab. Este módulo permite llevar a cabo medidas de impedancia tanto potenciostáticas como galvanostáticas en una amplia gama de frecuencia de 10  $\mu$ Hz a 32 MHz (limitada a 1 MHz en combinación con el Autolab PGSTAT). Además de la EIS clásica, el software NOVA también permite que los usuarios modulen otras señales exteriores, como el régimen de revoluciones de un electrodo de disco giratorio o la frecuencia de una fuente de luz para realizar una espectroscopia de impedancia electrohidrodinámica o fotomodulada. El módulo FRA32M se suministra con un potente software de simulación para analizar los datos de impedancia.



### Amplificador de 10 A

El módulo Booster10A aumenta la corriente máxima del PGSTAT100N, el PGSTAT128N, el PGSTAT302N, el PGSTAT204 o el M204 a 10 amperios. El potencial de cumplimiento del sistema es de 20 V en combinación con el Booster10A.

Con su rápido tiempo de respuesta, el Booster10A de Autolab se ha optimizado para realizar medidas de impedancia electroquímica junto con el módulo FRA32M en células de combustible, baterías y supercondensadores. El amplificador puede tratar células pasivas y activas. El Booster10A puede utilizarse para medir las características de carga y descarga de los supercondensadores, realizar medidas en células de combustible o medidas de CC o CA en electrodos de superficie amplia.



### Software avanzado para la investigación electroquímica

NOVA es el paquete diseñado para controlar todos los aparatos de Autolab con la interfaz USB.

Este paquete, creado por electroquímicos para electroquímicos y que integra más de 2 décadas de experiencia del usuario y la última tecnología de software .NET, aporta más potencia y flexibilidad al potenciostato/galvanostato de Autolab.

NOVA ofrece las siguientes funciones únicas:

- Editor de procedimientos flexible y potente
- Visión conjunta y clara de los datos importantes en tiempo real
- Potentes herramientas de representación y análisis de datos
- Control integrado de los aparatos externos, como los aparatos de manejo de líquidos de Metrohm

[Descargue la última versión de NOVA](#)