

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	1
Alcances	2
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	3
1.1 El hidrógeno.....	3
1.1.1 Características del hidrógeno.....	3
1.2 Celdas de combustible (FC).....	3
1.2.1 Celdas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC)	4
1.2.2 Componentes de una PEMFC.....	5
1.2.3 Celdas de combustible de cátodo abierto (OC-PEMFC, Open-Cathode PEM Fuel Cells)	9
HIPÓTESIS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS PARTICULARES	11
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS Y MATERIALES	12
2.1 Energía libre de Gibbs.....	12
2.2 Potencial de circuito abierto	12
2.3 Eficiencia	13
2.4 Técnicas de caracterización electroquímica	15
2.4.1 Curvas de polarización	15
2.4.2 Cronoamperometría.....	16
2.4.3 Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS)	17

2.5 Implementación de la técnica de EIS para el diagnóstico de PEMFC's.....	18
2.5.1 Métodos basados en modelos.	19
2.5.2 Métodos no fundamentados en modelos	20
2.5.3 Métodos no lineales.....	20
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA.....	22
3.1 Descripción de los prototipos OC-EMFC	22
3.2 Componentes de la OC-PEMFC.....	24
3.2.1 Colectores de corriente.....	24
3.2.2 Canales de flujo	24
3.2.3 Sellos	25
3.2.4 Membrana de intercambio protónico con capa catalítica	25
3.2.5 Capa difusora de gases (GDL).....	26
3.3 Protocolo de pruebas	26
3.3.1 Prueba de fugas.....	26
3.3.2 Estabilización del electrodo y humidificación de la membrana	26
3.3.3 Evaluación en el tiempo	27
3.3.4 Caracterización estática	27
3.4 Caracterización in-situ (electrodo dinámico de hidrógeno, DHE)	27
3.5 Transferencia de masa en la FC: el elemento finito Warburg	29
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Electrodo dinámico de hidrógeno (DHE)	33
4.1.1 Caracterización DHE	33
4.1.2 Pruebas preliminares DHE en celda completa	35
4.2. Curvas de polarización.....	36
4.3. Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).....	41
4.3.1 Arreglo de celda completa.....	42
4.3.2 Arreglo de media celda.....	45

4.4 Cuantificación de las resistencias a la transferencia de carga y al transporte de masa	51
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO A. Parametros electricos obtenidos en Zview	62

RESUMEN

En este trabajo se implementó un electrodo dinámico de hidrógeno (DHE) para investigar in-situ los efectos del transporte de masa de 2 prototipos de celdas de combustible de cátodo abierto (OC-PEMFC) con arquitecturas de canales de flujo catódicas distintas: el prototipo MP-0.19 empleó canales de polímero Mylar con 0.19 mm de espesor y el prototipo PA-4.0 fue de material PC-ABS con canales de flujo de 4 mm de espesor para obtener una mejor difusión del oxígeno presente en el aire.

Las resistencias óhmicas, de transferencia de carga y de transporte de masa se obtuvieron a diversas densidades de corriente y condiciones de convección del aire (convección natural y forzada) mediante el análisis por circuitos equivalentes de espectros de impedancia electroquímica (EIS). De las curvas de polarización se observó que la implementación de convección forzada influyó solamente en el prototipo MP-0.19 obteniendo puntos de máxima potencia de 4.85 mW cm^{-2} a convección natural y 7.35 mW cm^{-2} a convección forzada, mientras que con el prototipo PA-4.0, el cambio en la convección no influyó en el rendimiento de la OC-PEMFC manteniéndose con una densidad de potencia máxima de 10.1 mW cm^{-2} . Las pruebas EIS evidenciaron que es en el prototipo PA-4.0 en donde existe una menor resistencia a la transferencia de carga, así como al transporte de masa. En ambos casos, la resistencia a la transferencia de carga disminuyó mientras que la resistencia al transporte de masa aumentó con un aumento en la densidad de corriente.

Se evidenció por primera vez en el grupo de trabajo que el diseño de los canales de flujo del ánodo no contribuye a las pérdidas por transporte de masa de la celda y no deben considerarse en estas condiciones experimentales, lo que permite atribuir dichas pérdidas únicamente al electrodo catódico.

La caracterización electroquímica demostró que un diseño adecuado de los canales del flujo del cátodo en una OC-PEMFC permiten no usar sistemas externos de convección forzada para garantizar un rendimiento adecuado en la celda y disminuir las limitaciones del transporte de masa presentes en el cátodo.

ABSTRACT

In this work, a dynamic hydrogen electrode was implemented to investigate in-situ the effects of mass transport of 2 prototypes of open cathode fuel cells (OC-PEMFC) with different cathodic flow channel architectures: the MP-0.19 prototype used Mylar polymer channels with 0.19 mm thickness and the PA-4.0 prototype was made of PC-ABS flow channels with 4 mm thickness material to obtain a better diffusion of the oxygen present in the air.

The ohmic, charge-transfer and mass-transport resistances were obtained at different current densities in natural and forced convection, through equivalent circuit analysis of electrochemical impedance spectra (EIS). From the polarization curves, it was observed that the implementation of forced convection influences only prototype MP-019 obtaining a maximum power of 4.85 mW cm^{-2} at natural convection and 7.35 mW cm^{-2} at forced convection, while with PA-4.0 prototype, the change in convection type not influenced the performance of the OC-PEMFC, maintaining a maximum power density of 10.1 mW cm^{-2} . The EIS tests showed that PA-4.0 prototype presented less the charge-transfer and mass-transport resistance. In both prototypes, the charge-transfer resistance decreased while mass-transport resistance increased with a growth in current density

It was evidenced for the first time in the working group that the design of the anode flow channels does not contribute to the mass transport losses of the cell and should not be considered in these experimental conditions, which allows these losses to be attributed only to the cathodic electrode.

The electrochemical characterization demonstrated that a proper design of the cathode flow channels in an OC-PEMFC not allowed the use of external forced convection systems to ensure a good performance the cell and reduce the limitations of mass transport at the cathode.