



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Control por modos deslizantes de la relación de exceso de oxígeno en una PEMFC interconectada a un motor de CD mediante un convertidor boost.

**Authors:** CERVERA-CEBALLOS, María, RODRÍGUEZ-BLANCO, Marco A., VAZQUEZ ÁVILA, José L. y ALAZKI, Hussain.

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2019-190  
BCIERMMI Classification (2019): 241019-190

Pages: 13  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

| Holdings |             |            |
|----------|-------------|------------|
| Mexico   | Colombia    | Guatemala  |
| Bolivia  | Cameroon    | Democratic |
| Spain    | El Salvador | Republic   |
| Ecuador  | Taiwan      | of Congo   |
| Peru     | Paraguay    | Nicaragua  |

Introducción

Sistema de celda de combustible

- Estructura propuesta

Control en el suministro de oxígeno

- Control por modos deslizantes

Resultados

Conclusiones

Agradecimientos

Referencias

# Introducción

El uso de Celdas de Combustible (FC) en aplicaciones portátiles ha incrementado significativamente.

En (Alnaib et al., 2018) se presenta un trabajo en donde se muestra un esquema utilizando un motor de CD de excitación separada en donde se alimenta el campo por una batería independiente.

Hay trabajos mucho más completos como el predictivo adaptativo con filtro robusto (Zumoffen et al., 2010), Control predictivo de modelo restringido (MPC) (Bordons et al., 2006), Control por lógica difusa (Tekin et al., 2007; Williams et l., 2008; Alnaib et l., 2018), Control por Redes neuronales (Hatti et al., 2009)

# Sistema de celda de combustible

## Estructura propuesta

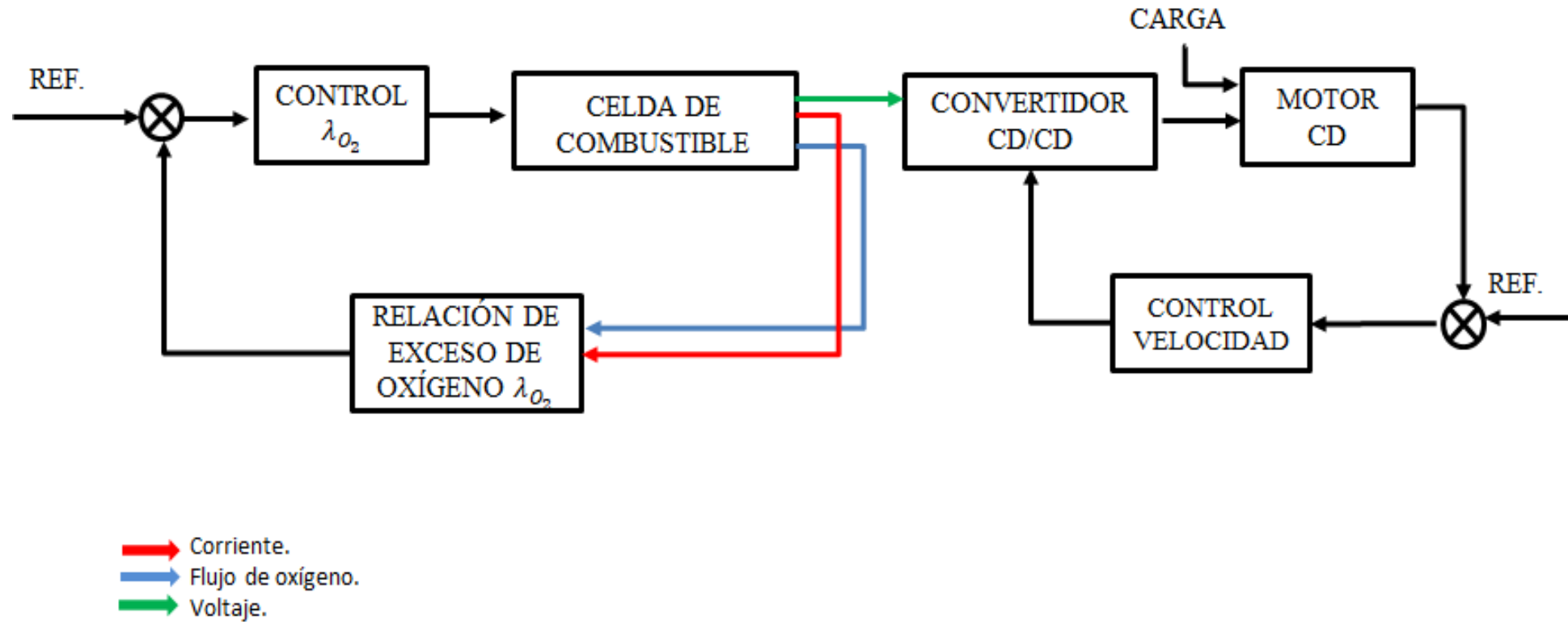


Figura 1. Estructura de control del sistema PEMFC conectado a un motor CD.

# Control en el suministro de oxígeno.

La cantidad de oxígeno baja cuando la corriente demandada por la carga aumenta, esto causa caídas de voltaje además puede dañar la membrana y reducir la eficiencia del sistema FC.

Relación de exceso de oxígeno

$$\lambda_{O_2} = \frac{W_{O_2,in}}{W_{O_2,reacted}} \quad (1)$$

$W_{O_2,in}$  es el flujo de oxígeno ingresado en el cátodo y  $W_{O_2,reacted}$  es el flujo consumido debido a la reacción electroquímica.

$$W_{O_2,reacted} = M_{O_2} \frac{nI_{st}}{4F} \quad (2)$$

$M_{O_2} = 32 \times 10^{-3} \text{ Kg/mol}$  es la masa molar de oxígeno,  $n$  es el número de celdas y  $F = 96,485 \text{ C/mol}$  es la constante de Faraday.

$$W_{O_2,in} = W_{a,in} x_{O_2,in} \quad (3)$$

$x_{O_2,in}$  la fracción de masa del oxígeno y  $W_{a,in}$  el flujo másico del aire seco en la entrada del cátodo.

# Control por modos deslizantes

Se define la función de superficie deslizante ( $\sigma$ ) como:

$$\sigma = ce, c > 0. \quad (4)$$

donde  $e$  es el error de seguimiento entre la referencia ( $\lambda_{O_2-ref}$ ) y la salida ( $\lambda_{O_2}$ ).

La formulación de la ley de control basada en SMC se define como:

$$u = K \text{sign}(\sigma) + \bar{u}, K > 0 \quad (5)$$

en donde

$$\bar{u} := \frac{1}{K_c} \tau e + \lambda_{O_2} \quad (6)$$

Donde  $\bar{u}$  es la compensación para el sistema,  $\tau = 1$  s es el tiempo de respuesta de la planta,  $K_c = 1.31$  es la ganancia de compensación y *sign* es la función signo , definida como:

$$\text{sign}(\sigma) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sigma > 0 \\ -1 & \text{si } \sigma < 0 \end{cases}$$



# RESULTADOS

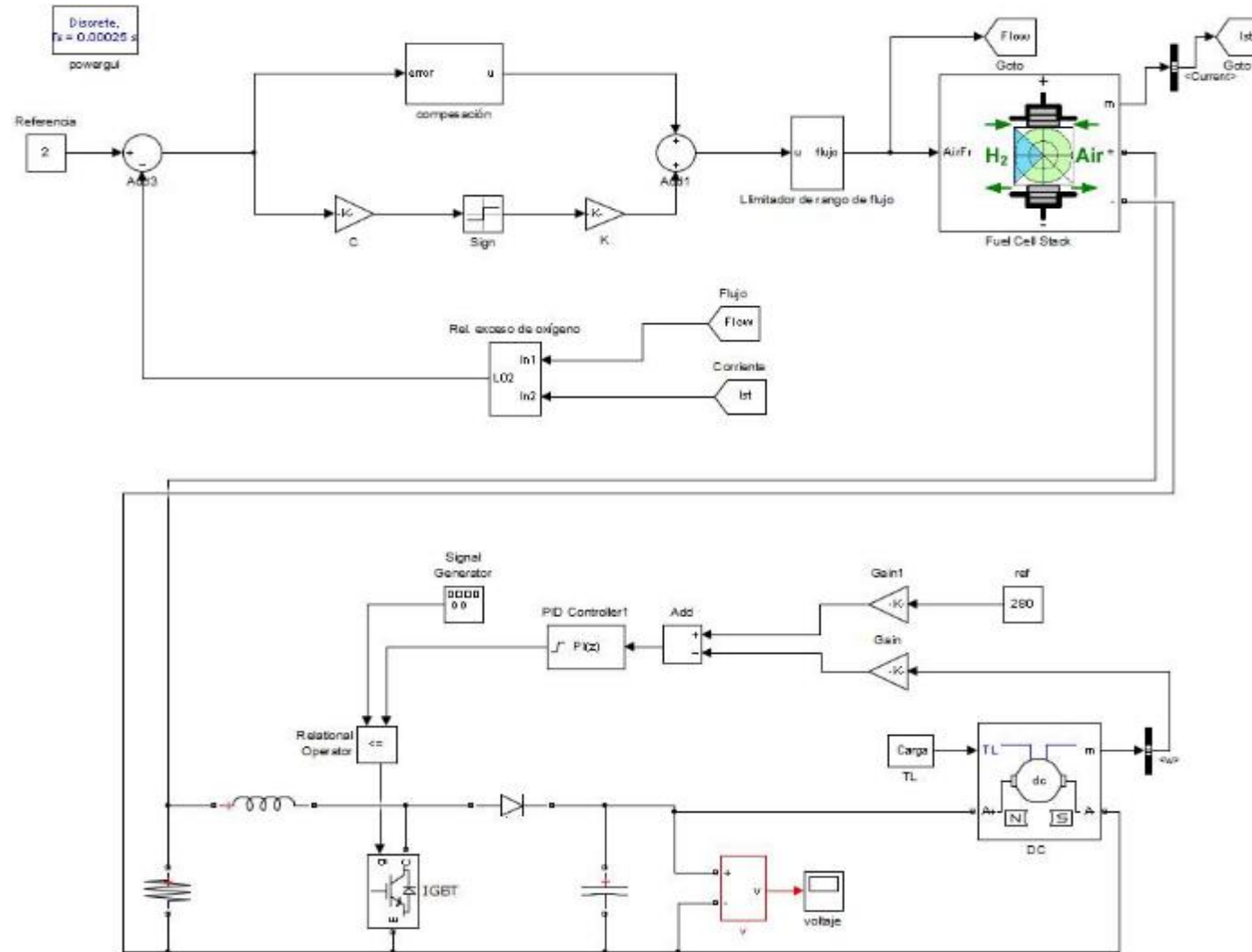
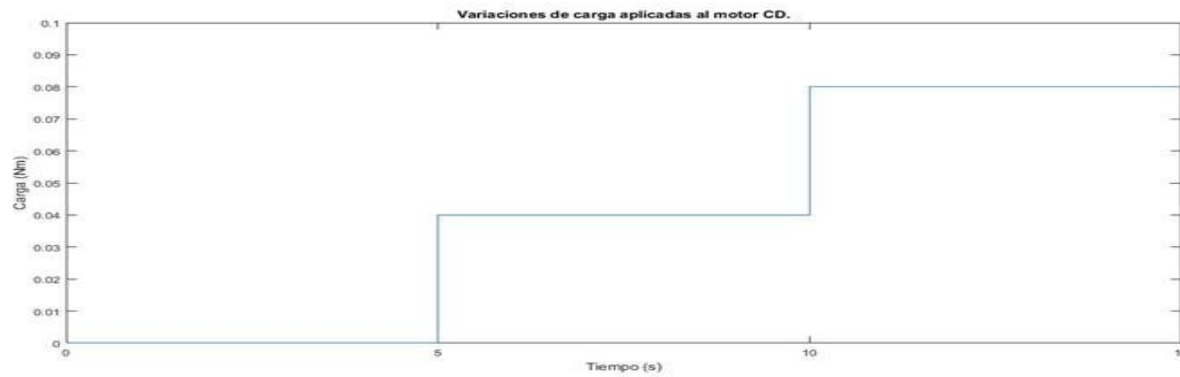
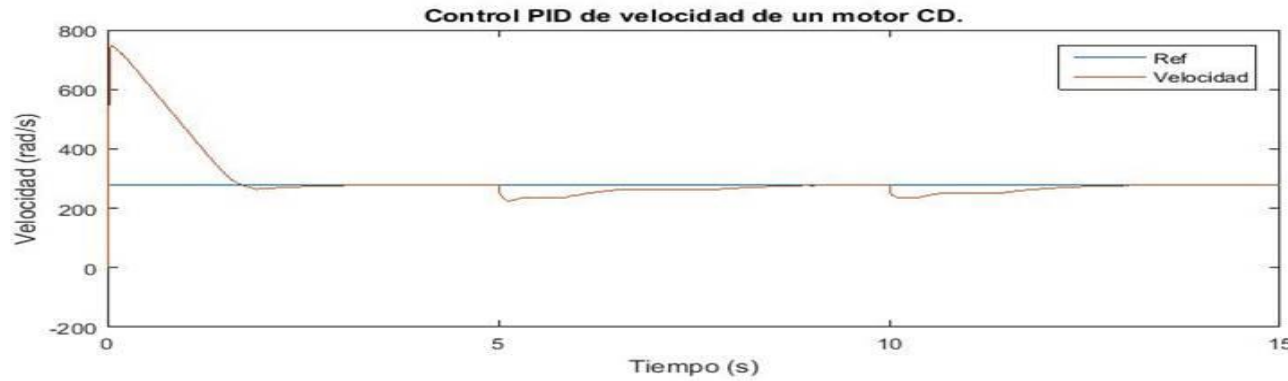


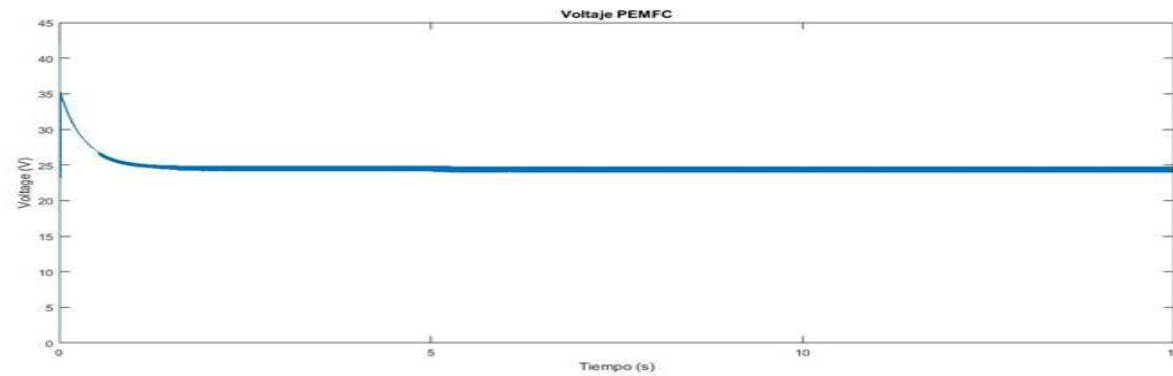
Figura 2. Diagrama a bloques del sistema Celda-Convertido-Motor propuesto.



a) Variación de carga aplicada al motor.



b) Control de velocidad PI



c) Voltaje PEMFC

Figura 3. Respuesta del sistema *Convertidor-Motor* con control PI; a) Variación de carga aplicada al motor, b) Control de velocidad, c) Voltaje a la salida de la PEMFC

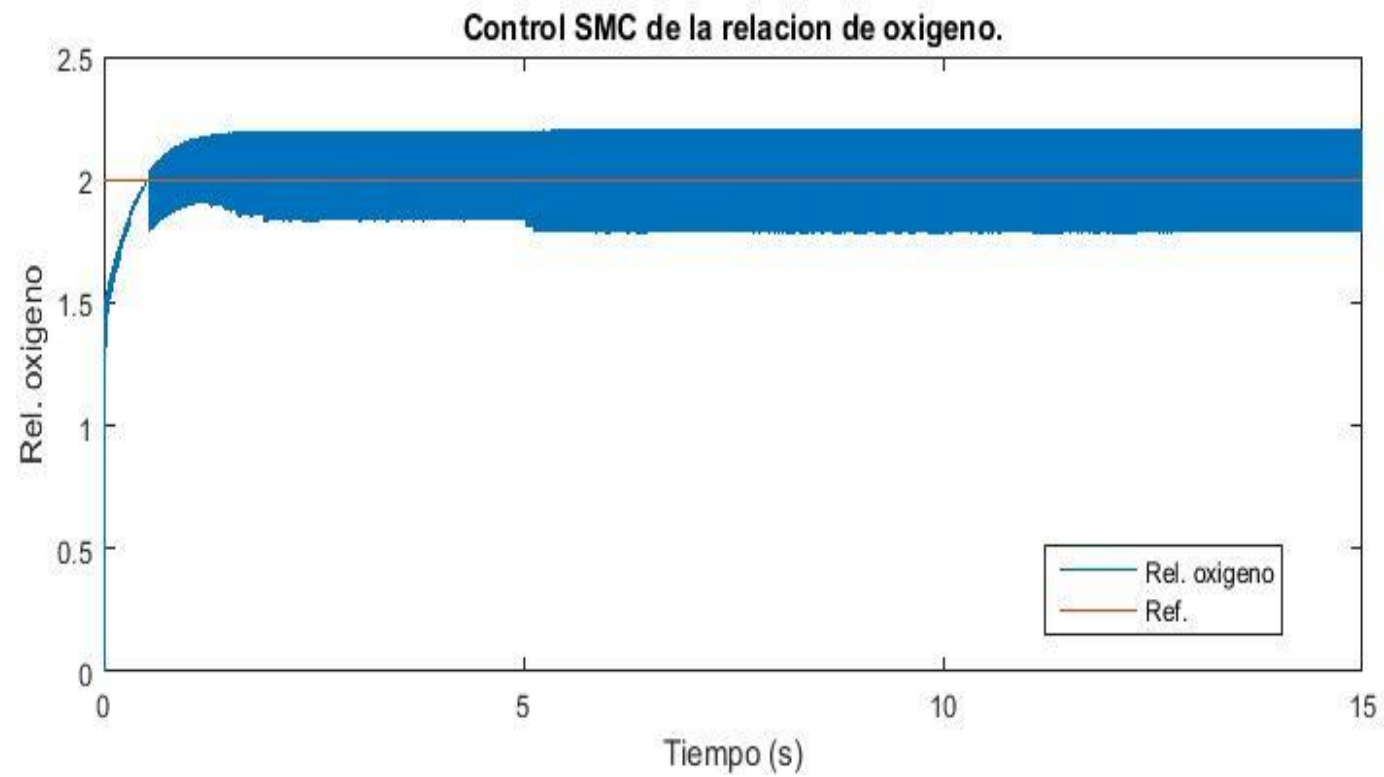
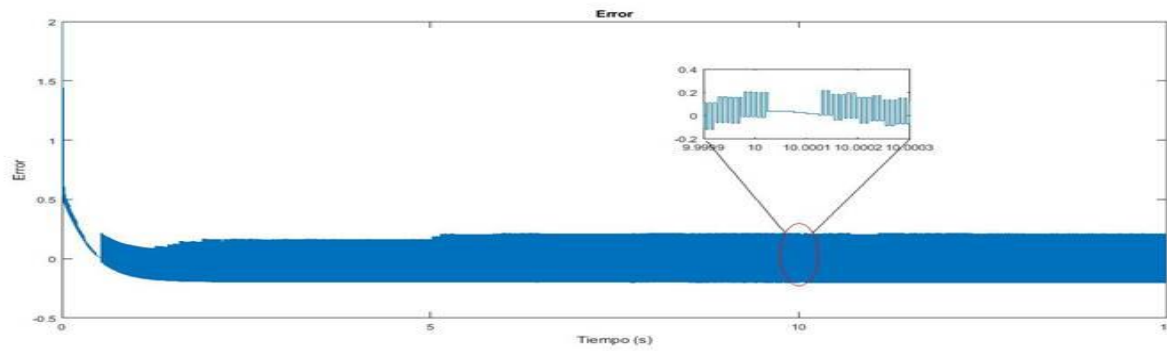
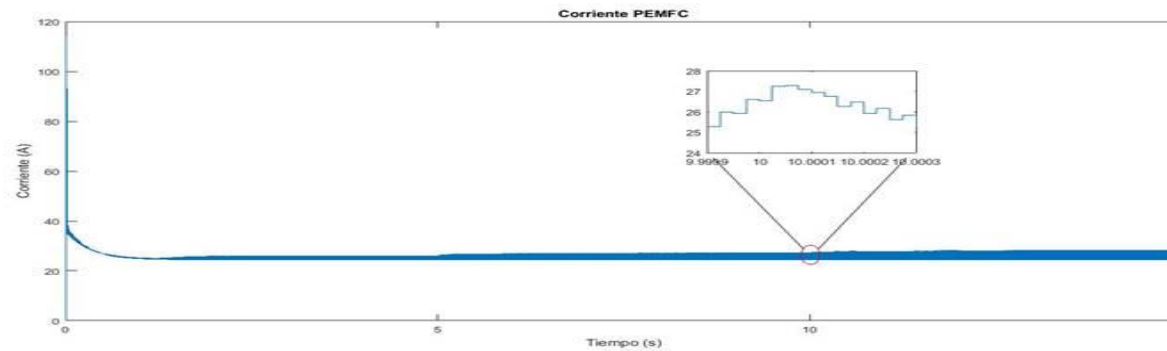


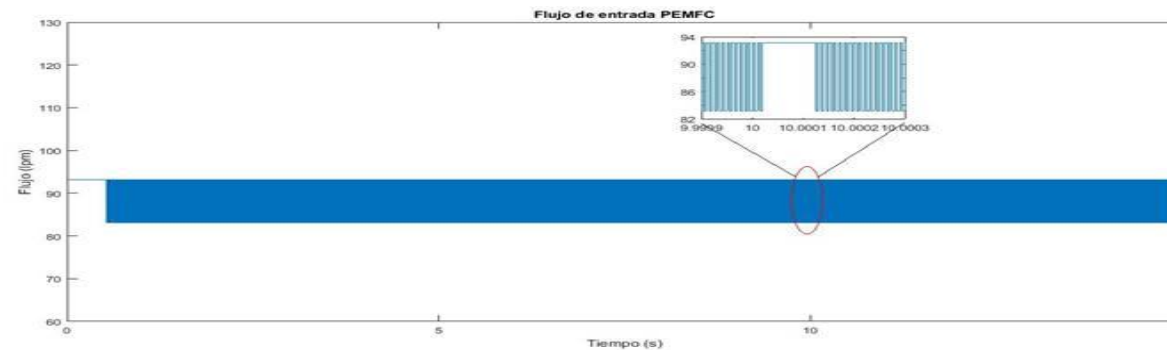
Figura 4. Respuesta del sistema Celda-Convertidor-Motor con control.



a) Señal de error.



b) Corriente PEMFC.



c) Flujo PEMFC.

Figura 5. Respuesta del sistema Celda-Convertidor con control SMC; a) señal de error de  $\lambda_{O_2}$ , b) Corriente Ist de la PEMFC, c) Flujo de oxígeno de entrada a la PEMFC

# CONCLUSIONES

El esquema propuesto demostró la capacidad para lidiar con los cambios de carga para un rango de operación.

El flujo de oxígeno se mantuvo en valores adecuados, por lo que se redujo el riesgo de la falta de este.

La celda de combustible suministró energía de una manera mucho más uniforme y suave suficiente para el funcionamiento del motor.

# REFERENCIAS

Alnaib, A. M. I., Sultan, N. S., & Mahmood, O. T. (2018). Design a fuel cell based drive dc motor for electric vehicle applications. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4), 2081-2087.

Zumoffen, D., & Basualdo, M. (2010). Advanced control for fuel cells connected to a DC/DC converter and an electric motor. *Computers & Chemical Engineering*, 34(5), 643-655.

Bordons, C., Arce, A., & Del Real, A. J. (2006, June). Constrained predictive control strategies for PEM fuel cells. In *2006 American Control Conference* (pp. 6-pp). IEEE.

Tekin, M., Hissel, D., Pera, M. C., & Kauffmann, J. M. (2007). Energy-management strategy for embedded fuel-cell systems using fuzzy logic. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 54(1), 595-603.

Hatti, M., & Tioursi, M. (2009). Dynamic neural network controller model of PEM fuel cell system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(11), 5015-5021.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)