

# Diseño y ensayo de una pila de combustible alimentada con hidrógeno y aire ambiental para aplicaciones aéreas no tripuladas

Paloma Ferreira Aparicio, Miguel Ordóñez, Alejandro Moreno, Marco A. Galarza, J.L. Serrano, Julio J. Conde, M. Antonia Folgado, Alba María Fernández, Antonio Molinero, J. Miguel Barcala, J. Carlos Oller, Antonio Mnez. Chaparro

CIEMAT. Avda. Complutense 40. 28040 Madrid  
antonio.mchaparro@ciemat.es  
<http://projects.ciemat.es/web/elige>



Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

24 - 25 enero 2018

## Índice

- **1. Hidrógeno y pilas de combustible**
- **2. Proyecto E-LIG-E**
- **3. Diseño adaptado de pila de combustible tipo PEMFC**
- **4. Resultados en monoceldas y pequeños 'stacks'**
- **5. Conclusiones y trabajo futuro**



Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

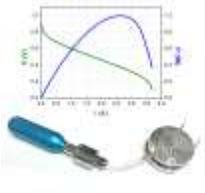
24 - 25 enero 2018

## Proyecto E-LIG-E

<http://projects.cimat.es/web/elige>

**Nuevo concepto de generación portátil de energía basado en hidrógeno y pila de combustible ultraligera y de alta densidad de potencia**

ENERGÍAS 2017-P  
PROGRAMA ESCITAL DE FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE EXCELENCIA, Convocatoria 2015



-  Alimentación con H<sub>2</sub> en cartuchos recargables (15 W-h).
-  Modelo patentado: WO2015025070(A1).
-  Sin purga 100% de H<sub>2</sub> útil.
-  Sin Ventiladores ni partes móviles.
-  Alta durabilidad: más de 1000 h sin pérdida de prestaciones.







Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

24 - 25 enero 2018

## Pila de combustible + H<sub>2</sub> vs batería

**Pila de combustible**

O<sub>2</sub>

↓

0,5O<sub>2</sub> (g) + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub>O (l)

H<sub>2</sub>O, W<sub>o</sub>

→

---

H<sub>2</sub>

→

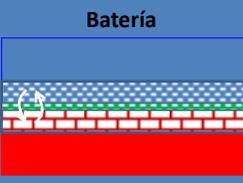
H<sub>2</sub> (g) → 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup>

H<sub>2</sub> (g) + 0,5O<sub>2</sub> (g) → H<sub>2</sub>O (l)

**Batería**

W<sub>i</sub>

→



W<sub>o</sub>

→





Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

24 - 25 enero 2018

### Pila de combustible + H<sub>2</sub> vs batería

Sistema	H <sub>2</sub> + PC	Batería
Voltaje celda	0.5-0.7V	3.2V
Corriente	0.5-2 A·cm <sup>-2</sup>	<0.3 A·cm <sup>-2</sup>
Emisiones	H <sub>2</sub> O	No
Capacidad vs corriente	Independiente (↑)	Dependiente (↓)
Seguridad	↑	↓
Coste	↓	↑
Madurez tecnolog.	↓	↑
Autonomía	↑	↓
Complejidad	↓	↑



**CivilDRON'18**

**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil**      **24 - 25 enero 2018**

### Pila de combustible + H<sub>2</sub> vs batería

	Densidad de energía (W·h·l <sup>-1</sup> )	Energía específica (W·h·kg <sup>-1</sup> )
<b>Estado actual</b>		
Batería ión-Li 3,7 V	250-350	100-170
Pila ES2466590A1+ Cartucho H-M (Horizon) (1 g H <sub>2</sub> )	229	68
<b>Avances estimados para el proyecto E-LIG-E</b>		
Pila E-LIG-E + Cartucho H-M (Horizon) (1 g H <sub>2</sub> )	274	125

Mejora de la autonomía de aplicaciones

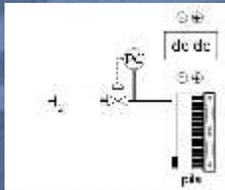


**CivilDRON'18**

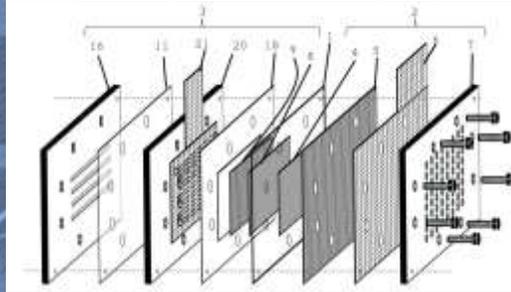
**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil**      **24 - 25 enero 2018**

## Diseño adaptado de pila PEMFC

Sistema H<sub>2</sub>+PEMFC



Componentes de la PEMFC (Patente ES2466590A1)

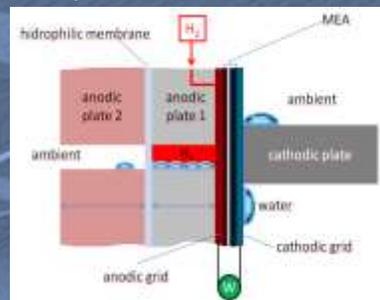


## Diseño adaptado de pila PEMFC

- Ánodo cerrado permeable
- Cátodo 'air breathing'
- Sistema sin purga de H<sub>2</sub>
- Almacenamiento H<sub>2</sub> en cartucho de hidruros metálicos (1/100 wt%)



Esquema de sección transversal



## Diseño adaptado de pila PEMFC

Diseño y fabricación de componentes (electrodos, placas, contactos, juntas)

3D-printed FC elements





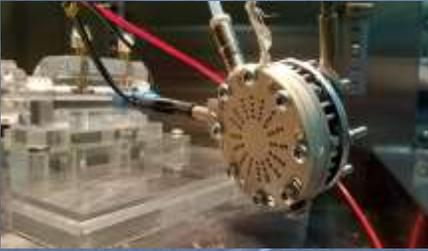




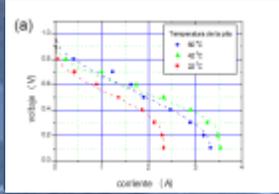
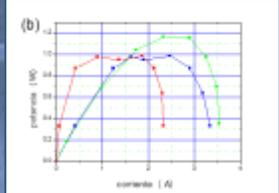

**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil** **24 - 25 enero 2018**

## Diseño adaptado de pila PEMFC

Resultados en monocelda



Funcionamiento continuo, sin purga, durante días.





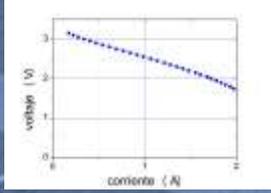
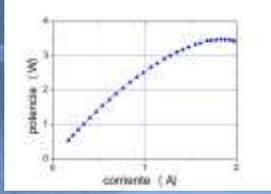
**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil** **24 - 25 enero 2018**

## Diseño adaptado de pila PEMFC

Resultados en primeros prototipos multicelda ("stacks")



Conexión de celdas el serie





**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil**

**24 - 25 enero 2018**

## Conclusiones

- Pila de combustible tipo PEMFC para funcionamiento con hidrógeno almacenado en cartuchos de hidruros (peróxidos)
- Sistema simplificado, sin purgas
- Desarrollo óptimo de potencia en formato de pequeños stacks

GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Trabajo futuro:

- Fabricación de "stack" de 50W
- Sistema de acondicionamiento de potencia
- Sistema de alimentación con cartuchos H<sub>2</sub>
- Ensayo en condiciones de vuelo

Dispositivo dirigible para ensayos de pilas de combustible e hidrógeno en aplicaciones aéreas










**Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil**

**24 - 25 enero 2018**