



# **Industria-Administración**

---

**Sesión 7**



## ABENGOA HIDRÓGENO: MÁS DE DIEZ AÑOS DE UNA EMPRESA ORIENTADA AL HIDRÓGENO Y LAS PILAS DE COMBUSTIBLE

J.J. Brey, A. Castro, B. Sarmiento, C. García, V. Mesa

Abengoa Hidrógeno, S.A., Campus Palmas Altas, C/ Energía Solar 1, 41014 Sevilla, Spain

**RESUMEN:** *Abengoa Hidrógeno es la filial de Abengoa dedicada al hidrógeno y a las pilas de combustible. Recoge esta actividad que se inició en la empresa matriz en 1999, con los primeros desarrollos acometidos en el Departamento de I+D de Inabensa, otra filial de Abengoa. Hoy en día, en Abengoa Hidrógeno trabajan cuarenta profesionales dedicados a estas tecnologías, que organizan su actividad en torno a dos áreas fundamentales: la producción sostenible de hidrógeno y el uso de este gas para la producción de energía eléctrica y térmica, empleando, fundamentalmente, pilas de combustible. Abengoa Hidrógeno participa en diferentes foros nacionales e internacionales, y coopera, en su quehacer diario, con empresas y organismos de diferentes países. En la actualidad, es referente en este tipo de tecnologías, y la prueba de que tienen perfecta cabida en el actual panorama empresarial.*

**ABSTRACT:** *Abengoa Hidrógeno is the subsidiary of Abengoa focused on Hydrogen and Fuel Cells. It started its activities by 1999, when the R&D department of Inabensa (another Abengoa company) started some projects by using fuel cells. Currently, there are forty people (researchers and engineers) working in the company, mainly in two areas of interest: sustainable hydrogen production (mainly from renewable energy sources) and power systems based on fuel cells. Abengoa Hidrógeno has developed several projects for portable, stationary and transport applications, with Spanish and international partners (research centres, organizations, technological companies, and so on). Abengoa Hidrógeno is involved in several bodies, organizations and associations which intention is to promote and develop hydrogen and fuel cell technologies.*

**Palabras clave:** *Abengoa Hidrógeno, ingeniería, estrategia de empresa*

**Keywords:** *Abengoa Hidrógeno, Engineering, company strategy*

### 1. INTRODUCCIÓN

Abengoa Hidrógeno, S.A. [1] es una empresa localizada en Sevilla y vinculada a esta ciudad desde sus orígenes. El objetivo de Abengoa Hidrógeno, sociedad perteneciente a Abengoa, es la organización y explotación de negocios y actividades relacionados con la producción de energía eléctrica mediante pilas de combustible, en sus diferentes tecnologías, así como a la producción de hidrógeno desde fuentes renovables y su uso limpio y eficiente.

Abengoa [2] es una empresa tecnológica, que aplica soluciones innovadoras para el desarrollo sostenible, en los sectores de infraestructuras, medio ambiente y energía, aportando valor a largo plazo a sus accionistas, desde una gestión caracterizada por el fomento del espíritu emprendedor, la responsabilidad social, la transparencia y el rigor.

Es evidente la sinergia que surge entre Abengoa Hidrógeno y las tecnologías que trata, hidrógeno y pilas de combustible, y otras actividades de los diferentes grupos y áreas de negocio de Abengoa, como la energía solar, la producción de energía eléctrica a partir de diferentes recursos o la producción y uso de biocombustibles.

### 2. RESUMEN HISTÓRICO

La actividad de Abengoa en hidrógeno y pilas de combustible empezó en el año 1999. Tras diferentes estudios de viabilidad, los primeros esfuerzos se orientaron a la producción de hidrógeno desde bioetanol (año 2000) y al desarrollo de sistemas domésticos de producción de energía eléctrica basados en pilas de combustible poliméricas (2001). En esta primera etapa, la actividad relacionada con esta tecnología se acometía desde el Departamento de I+D de la filial Inabensa.

En 2001 se crea Greencell, la primera empresa de Abengoa orientada 100%, a hidrógeno y pilas de combustible; entre 2001 y 2003, Greencell, de la mano del ICP del CSIC [3], acomete diferentes acciones encaminadas al procesado de bioetanol; así, se patenta un catalizador para el reformado de este alcohol renovable y se desarrollan diferentes procesadores de 1 a 10 Nm<sup>3</sup>/h de producción, que incluyen reactores de purificación (WGS y COProx).

En estos años, se desarrollan sistemas de producción de energía eléctrica basados en pilas de combustible en el rango de 100 W a 10 kW, incidiendo especialmente en el diseño de nuevos sistemas de adecuación de potencia (DC/DC y

DC/AC), en estrecha colaboración con Aicia [4] y la Universidad de Sevilla [5]. Los trabajos se orientan, especialmente, al sector de las telecomunicaciones.

En 2003 se crea la empresa Hynergreen Technologies, a la que se traslada la actividad de hidrógeno y pilas de combustible gradualmente.

En los años siguientes, en el ámbito del reformado de biocombustibles, se desarrollan reformadores de bioetanol de hasta 300 Nm<sup>3</sup>/h de capacidad, que son probados con éxito, y se avanza en otras áreas como el reformado de biodiésel (en cooperación con el ITQ del CSIC [6]) o reformadores basados en tecnologías de plasma (de la mano del ICMSE del CSIC [7]).

En el sector de las pilas de combustible, se acometen, a partir de 2006, diferentes proyectos que se orientan al desarrollo de aplicaciones portátiles y transportables (rango de 10 W a 300 W de potencia eléctrica), y en el sector transporte (vehículos automóviles, tranvías, sector aeroespacial, etc.), en cooperación con centros tecnológicos y de investigación como Cidaut [8], Ciemat [9], INTA [10] o Imdea Energía [11].

A partir de 2009 pasa a ocupar las instalaciones del Campus Palmas Altas (CPA), al igual que muchas otras empresas de Abengoa. En este Campus instala un sistema de demostración de tecnología de hidrógeno y pilas de combustible, que almacena en este gas energía procedente de energía solar fotovoltaica, para ser empleada durante la noche (ver Fig. 1).



**Fig. 1.** Sistema de producción de hidrógeno mediante electrólisis, integrado con una pila de combustible polimérica, en el Campus Palmas Altas (CPA).

Una vez ya perfectamente integrados en CPA, se inaugura entre sus instalaciones el Laboratorio de Ensayos y Caracterización de Pilas de Combustible y Tecnologías Avanzadas del Hidrógeno. Se aporta de esta manera a los investigadores las capacidades para desarrollar sus conocimientos y habilidades en esta tecnología, permitiendo el desarrollo y experimentación de demostradores y prototipos.

En el año 2011, la sociedad pasa a denominarse Abengoa Hidrógeno, con la idea de subrayar la relación entre Abengoa y este nuevo vector energético sostenible.

Como Abengoa Hidrógeno, la empresa ha seguido su línea de actividad, penetrando en sectores como la nanotecnología o el almacenamiento de hidrógeno avanzado, e iniciando proyectos con pilas de combustible de alta temperatura, como MCFC o SOFC.

### 3. PARTICIPACIONES Y ALIANZAS

De cara a favorecer la sinergia entre los actores que trabajan en el ámbito de las pilas de combustible y el hidrógeno, y para favorecer la divulgación de estas nuevas tecnologías, Abengoa Hidrógeno colabora y participa de manera activa en diferentes iniciativas:

- Asociación Española de Pilas de Combustible (Appice), como Vicepresidente.
- Asociación Española del Hidrógeno (AeH2), ejerciendo la Presidencia.
- Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC), como Secretario y como responsable del grupo de trabajo de producción de hidrógeno.
- Subcomité Técnico de Normalización de Pilas de Combustible, perteneciente al Comité Técnico de Normalización de Producción de Energía Eléctrica de Aenor (AEN/CTN 206/SC105).
- Comité Técnico de Normalización de Tecnologías del Hidrógeno de Aenor (AEN/CTN 181).
- Consorcio Industrial (Industry Grouping), de la Joint Technology Initiative (JTI) en pilas de combustible e hidrógeno promovida por la Comisión Europea, como socio fundador.

Además, a lo largo de su historia, Abengoa Hidrógeno ha ido estableciendo alianzas con diferentes centros tecnológicos, organismos públicos de investigación, universidades, organizaciones y empresas, que han fructificado en diferentes acuerdos de colaboración, convenios de cooperación y proyectos ejecutados conjuntamente.

### 4. SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

Abengoa Hidrógeno cuenta con un Sistema Integrado de Gestión certificado bajo las normas:

- UNE-EN ISO 9001:2000
- Pecal 2110:2003
- Ohsas 18001:2007
- UNE-EN ISO 14001:2004
- UNE 166002:2006

Además, Abengoa Hidrógeno cuenta con un sistema de gestión de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mediante el que certifica el impacto sobre el medio ambiente de las actividades productivas que lleva a cabo, tanto directamente como a través de sus proveedores y contratistas.

Con este completo Sistema, garantiza el desarrollo de sus proyectos con las más elevadas cotas de eficiencia, calidad, seguridad y orientación al accionista y al cliente.

## 5. RESPONSABILIDAD SOCIAL

Abengoa Hidrógeno comparte, como parte de Abengoa, todos los valores de ésta, que manifiestan un sincero compromiso con el desarrollo sostenible.

Además, Abengoa desarrolla una importante labor a través de la Fundación Focus Abengoa, creada en 1982, que tiene como misión llevar a la práctica la política de acción social de esta empresa, que se ejerce sin ánimo de lucro con fines de interés general y está enfocada hacia una labor asistencial, educativa, cultural, científica y de investigación y desarrollo tecnológico, con especial atención a las personas con discapacidad. La Fundación Focus-Abengoa se ha convertido, dentro de la empresa, en un valioso instrumento que se proyecta con fuerza desde su sede del Hospital de los Venerables de Sevilla, auténtico símbolo cultural

Hay que destacar que, en el año 2010, Abengoa Hidrógeno compensó el CO<sub>2</sub> equivalente a las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de todas sus actividades, empleando como instrumento los créditos generados por un proyecto voluntario de reducción de emisiones.

## 6. LÍNEAS DE ACTIVIDAD ACTUALES

En la actualidad, Abengoa Hidrógeno trabaja en dos líneas claramente diferenciadas: por un lado, la producción de hidrógeno renovable, con la idea de potenciar los aspectos medioambientales y sostenibles de este vector energético; por otro lado, el uso de pilas de combustible para la producción de energía eléctrica y térmica.

En producción de hidrógeno, destacan las siguientes actividades:

- Reformado de (bio)combustibles; producción de hidrógeno desde bioetanol, diésel y biodiésel, etc., empleando, principalmente, las técnicas de reformador con vapor de agua (steam reforming; ver Fig. 2).
- Ciclos termoquímicos, en los que se emplea la energía térmica de alta temperatura procedente del sol, para lograr una producción de oxígeno e hidrógeno a partir de agua.

- Electrólisis del agua, en la que los electrolizadores se alimentan, fundamentalmente, de energía eléctrica de origen renovable, con la idea de desarrollar métodos de almacenamiento para las EERR.
- Nuevas tecnologías, como el uso de nanocatalizadores, la utilización de reactores de plasma frío, o pequeños reactores químicos portátiles que pueden llevar a cabo procesos reversibles.

En el ámbito de sistemas basados en pilas de combustible, se pueden reseñar:

- Sistemas y estrategias de control basados en el análisis en tiempo real de parámetros de la pila de combustible, o en la predicción del comportamiento futuro de la misma.
- Sistemas de adecuación de potencia inteligentes y autoajustables, que logran extraer con la máxima eficiencia la energía eléctrica producida por las pilas de combustible.
- Desarrollo de sistemas completos basados en pilas de combustible poliméricas, de carbonatos fundidos y de óxido sólido, con aplicaciones en el sector portátil, portable, estacionario y de transporte.
- Sistemas de almacenamiento de hidrógeno, en diferentes escalas y con distintas tecnologías.

Merece a pena destacar también el trabajo que Abengoa Hidrógeno desarrolla a la hora de establecer estrategias, predicciones, análisis, modelos matemáticos y hojas de ruta, para la migración de Andalucía, España y Europa hacia la Economía del Hidrógeno.



**Fig. 2.** Sistemas de producción de hidrógeno mediante tecnología de reformado, en el laboratorio de Abengoa Hidrógeno en el Campus Palmas Altas (CPA).

## 7. CONCLUSIONES

Abengoa Hidrógeno cuenta en la actualidad con cuarenta profesionales dedicados a las tecnologías relacionadas con el hidrógeno y las pilas de combustible. Durante casi catorce años, ha venido desarrollando proyectos, productos y patentes en este sector, para clientes nacionales e internacionales. No sólo es un referente en este sector, sino que constituye una demostración de que el hidrógeno y las pilas de combustible pueden constituir la vertebración fundamental de la estrategia de una empresa hoy en día.

## Bibliografía

- [1] [www.abengoahidrogeno.es](http://www.abengoahidrogeno.es)
- [2] [www.abengoa.es](http://www.abengoa.es)
- [3] [www.icp.csic.es](http://www.icp.csic.es)
- [4] [www.aicia.es](http://www.aicia.es)
- [5] [www.us.es](http://www.us.es)
- [6] [www.upv.es/itq](http://www.upv.es/itq)
- [7] [www.icmse.cartuja.csic.es](http://www.icmse.cartuja.csic.es)
- [8] [www.cidaut.es](http://www.cidaut.es)
- [9] [www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)
- [10] [www.inta.es](http://www.inta.es)
- [11] [www.energia.imdea.org](http://www.energia.imdea.org)



## CLEAN HYDROGEN IN EUROPEAN CITIES (PROYECTO CHIC)

M. M. Arxer Ribas

CARBUROS METÁLICOS, S.A. (Grupo AIR PRODUCTS). C/ Aragón 300, 08009 Barcelona (España)

**RESUMEN:** CHIC, el proyecto Clean Hydrogen In European Cities, es el siguiente paso esencial orientado a la comercialización de autobuses eléctricos de pila de combustible de hidrógeno. El proyecto aportará resultados de la operación de más de 55 autobuses de pila de combustible. De éstos, 26 están directamente financiados por la European Union Joint Undertaking for Fuel Cells and Hydrogen (FCH JU) y se están integrando en el transporte público diario de pasajeros en 5 regiones europeas: en el cantón suizo de Aargau, Bolzano (Italia), Londres (Reino Unido), Milán (Italia) y Oslo (Noruega). La FCH JU aporta al proyecto CHIC 26 millones de euros, sobre un coste total de 82 millones de euros. El proyecto CHIC fue oficialmente inaugurado en noviembre de 2010 y permanecerá activo hasta fin de diciembre de 2016. AIR PRODUCTS, matriz de CARBUROS METÁLICOS, lidera las actividades relacionadas con la infraestructura (hidrogeneras) en el proyecto CHIC.

**ABSTRACT:** CHIC, the Clean Hydrogen In European Cities Project, is the essential next step leading to the full market commercialization of Fuel Cell Hydrogen powered (FCH) buses. The project will provide results from demonstrations of more than 55 FCH buses. Of these, 26 buses are directly funded by the European Union Joint Undertaking for Fuel Cells and Hydrogen (FCH JU) and will be integrated in daily public transport operations in five locations across Europe: Aargau (Switzerland), Bolzano/Bozen (Italy), London (UK), Milan (Italy) and Oslo (Norway). The CHIC project is supported by the FCH JU with funding of 26 million Euro, from a total cost of 82 million Euro. The CHIC project was officially launched in November 2010 and will be active till the end of December 2016. AIR PRODUCTS is the Hydrogen Infrastructure Operation WP leader in CHIC project.

**Palabras clave:** Proyecto CHIC, autobús de pila de combustible, hidrogenera, FCH Joint Undertaking.

**Keywords:** CHIC project, FCH bus, hydrogen refueling station, FCH Joint Undertaking.

### 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO CHIC

En los últimos 20 años el concepto de un autobús impulsado por hidrógeno se ha ido optimizando tras ensayar diferentes sistemas de transmisión:

- Motores de combustión interna de hidrógeno (hydrogen-ICE), donde éste se quema al igual que el diesel o el gas natural en los autobuses tradicionales.
- Sistemas de pila de combustible puros, única responsable de alimentar el motor eléctrico.
- Sistemas híbridos, donde la pila de combustible que alimenta el motor eléctrico se combina con una batería, supercondensadores o ambos a la vez, para gestionar mejor la electricidad de la pila y aprovechar la energía de las frenadas.

Las primeras demostraciones con autobuses de hidrógeno en Europa emplearon los dos primeros sistemas. Los 2,6 millones de km recorridos por los 47 autobuses de los proyectos CUTE, ECTOS y HyFLEET:CUTE [1] proporcionaron lecciones de un incalculable valor en el uso del hidrógeno como combustible alternativo. Además demostraron que la arquitectura híbrida de pila de combustible es el único diseño capaz de suministrar:

- 1) emisiones cero en el punto de uso (a diferencia de los motores de combustión de hidrógeno),
- 2) ahorro de combustible (hasta un 50% comparado con los sistemas FC puros y los motores de combustión de hidrógeno), y
- 3) un comportamiento general comparable a los autobuses tradicionales (por ej. autonomía).

El proyecto CHIC es el siguiente paso esencial orientado a la comercialización de autobuses eléctricos de pila de combustible de hidrógeno.

El proyecto CHIC incorpora la movilidad limpia en 5 regiones europeas a través del despliegue de 26 autobuses de pila de combustible híbridos, y la ampliación de las infraestructuras de hidrógeno existentes. Son las Ciudades de la Fase 1.

El proyecto CHIC facilitará el desarrollo de planes de movilidad limpia en 27 nuevas regiones europeas (y más que se incorporen) como Ciudades de la Fase 2.

El proyecto CHIC colabora activamente con ciudades participantes en proyectos previos y coetáneos (Ciudades de la Fase 0), asegurando que las lecciones aprendidas se transfieran a los socios del proyecto. Estas ciudades aportarán los resultados de operación de sus hidrogeneras y al menos 29 autobuses de pila de combustible. Estos proyectos se

financian con otras fuentes, multiplicando el impacto de los fondos inyectados por la industria y la Unión Europea al proyecto CHIC.

### 1.1 Objetivos técnicos

Los objetivos técnicos se fijaron con el fin de obtener mejoras significativas respecto a los resultados del proyecto HyFLEET:CUTE. Por tanto, serán indicadores del éxito del proyecto y del progreso hacia la comercialización de autobuses de pila de combustible a partir de 2015.

Principales objetivos de las hidrogeneras:

- Capacidad mínima de 200 kg/día.
- Disponibilidad promedia >98% (en base al tiempo de operación).
- Eficiencia de la producción de H<sub>2</sub> del 50-70%.
- Coste del H<sub>2</sub> (OPEX) <10 EUR/kg.

Principales objetivos de los autobuses:

- Tiempo de vida de la pila superior a 6.000 h.
- Disponibilidad promedia >85%.
- Consumo promedio de H<sub>2</sub> <13 kg/100 km (dependiendo de la ruta).

## 2 ELEMENTOS DEL PROYECTO CHIC

### 2.1 Los Socios

Son 25 socios de 9 países (Alemania, Reino Unido, Italia, Francia, Bélgica, Suiza, Noruega, Países Bajos y Canadá), de 3 tipos:

- 1) Representantes de las Ciudades de las Fases 0, 1 y 2.
- 2) Consultores, Universidades y Centros de Investigación.
- 3) Socios industriales: suministradores de autobuses y de hidrogeneras.

### 2.2 Infraestructura de las ciudades de la Fase 1

Todas las ciudades disponían de una infraestructura previa de repostado a 350 bar, financiada por otras vías. El proyecto CHIC impulsa el despliegue de hidrogeneras de mayor capacidad, superior a 200 kg/día, demostrando la mejora respecto a las estaciones CUTE, que generalmente tenían 60-100 kg/día de capacidad. Además, la combinación con las hidrogeneras de las Ciudades de la Fase 0 asegura la posibilidad de evaluar estaciones de servicio de capacidades mayores, en las que el hidrógeno, en la medida de lo posible, se producirá por medios sostenibles, contribuyendo a los objetivos de independencia y seguridad energéticas.

### 2.3 Autobuses de pila de combustible

Al menos 5 fabricantes han suministrado autobuses eléctricos de pila de combustible de hidrógeno, 3 de ellos a las Ciudades de la Fase 1.

### 2.4 Monitorización y análisis

La magnitud de esta demostración permitirá un completo análisis del ciclo de vida (LCA) de la mejor tecnología de autobuses híbridos de pila de combustible y estaciones de repostado de hidrógeno disponibles hoy en el mercado, bajo condiciones reales de operación.

Los vehículos se compararán también frente al comportamiento de los autobuses diesel y diesel-híbridos en las mismas rutas, para demostrar la gran mejora en el aspecto medioambiental y al menos características equivalentes en otros ámbitos.

Se hará hincapié en involucrar a interesados indirectos y a personas escépticas o críticas con la tecnología, para asegurar que una amplia audiencia se hace eco de su verdadero potencial, utilizando datos reales del transporte diario de pasajeros.

### 2.5 Actividades de difusión

Tendrán lugar a dos niveles:

- a) Comunicación general sobre el estado actual y resultados del proyecto, participando en eventos europeos e internacionales.
- b) Diseminación para las Ciudades de la Fase 2, a través de sesiones especiales de trabajo orientadas a la futura integración de autobuses de pila de combustible en sus flotas.

## 3. ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

### 3.1. Ciudades de la Fase 0

#### • Berlín, representada por BVG

BVG es el operador responsable del transporte público en el área de Berlín. En 2002 TOTAL y BVG abrieron la primera estación de repostado de hidrógeno en Berlín. Más tarde participaron en el proyecto HyFLEET:CUTE (2006-2009) y en proyectos del Clean Energy Partnership (CEP) (2006-hoy), durante los cuales Berlín operó 14 autobuses hydrogen-ICE. A día de hoy TOTAL continúa operando a diario la hidrogenera y BVG cuatro autobuses hydrogen-ICE. Además, BVG está considerando comprar algunos autobuses FCH.

#### • Colonia, representada por HyCologne

HyCologne es un consorcio público-privado (PPP) de 18 organizaciones, ubicado en el oeste de Alemania, abarcando las áreas de Colonia, Düsseldorf, Aachen y Bonn. En esta región existen grandes capacidades de hidrógeno como subproducto de la industria química. HyCologne se ha centrado en el aprovechamiento de este valioso recurso, promoviendo la construcción de una infraestructura de repostado y una flota de autobuses FCH, cuya primera fase se compone de 2 autobuses de pila de combustible articulados de 18 m.



La primera hidrogenera fue inaugurada en Hürth, en el área de Colonia, en mayo de 2010. Esta estación fue construida por AIR PRODUCTS, matriz de CARBUROS METÁLICOS, empleando un sistema modular, que permite ampliarla o reubicarla con facilidad. Diseñada inicialmente para repostar los 2 autobuses FCH a 350 bar, su capacidad puede triplicarse hasta 300 kg/día, incluyendo el repostado de automóviles a 700 bar.



Fig. 1. Hidrogenera de AIR PRODUCTS en Hürth, cerca de Colonia.

Los dos autobuses eléctricos de pila de combustible son del modelo 'Phileas' y han sido construidos por el carroceros holandés Advanced Public Transport Systems (APTS), filial de VDL. Vossloh Kiepe es el artífice de la transmisión eléctrica híbrida. La pila de combustible, de Ballard Power Systems (Canadá), suministra el equivalente a 150 kW.

Estos autobuses de 18 m, los más largos del mundo, entraron en servicio en mayo de 2011 en el área de Colonia, operados por RVK (Regional Verkehr Köln).

- **Hamburgo, representada por hySOLUTIONS**  
hySOLUTIONS es una filial de Hamburger Hochbahn AG, el operador del transporte público en el área de Hamburgo. hySOLUTIONS es responsable del desarrollo de la movilidad eléctrica en Hamburgo, en particular con autobuses y automóviles de pila de combustible.

En el marco del proyecto CUTE, la compañía eléctrica Vattenfall construyó una hidrogenera, todavía en operación 8 años después, con producción de hidrógeno a partir de electrólisis, para alimentar la flota de autobuses de pila de combustible de Hamburger Hochbahn. Una segunda hidrogenera, también con producción de hidrógeno por electrólisis de agua, ha sido inaugurada en febrero de 2012, con capacidad para suministrar 720 kg/día y repostar coches a 700 bar.

Hamburger Hochbahn ha adquirido, en el marco de un proyecto CEP, siete Mercedes-Benz Citaro FuelCELL híbridos, con pila de combustible que suministra el equivalente a 120 kW. Los dos primeros entraron en servicio en mayo de 2011.

- **Whistler, representada por BC Transit**

BC Transit es el operador que coordina el transporte público en la provincia de Columbia Británica (Canadá), exceptuando el área metropolitana de Vancouver. BC Transit ya estuvo envuelta en el proyecto anterior HyFLEET:CUTE.

Desde los Juegos Olímpicos de invierno en enero de 2010 y durante 5 años, BC Transit operará 20 autobuses FCH en Whistler (Canadá). Se trata de la mayor flota del mundo de autobuses FCH. New Flyer es el carroceros y Bluways el responsable del sistema eléctrico híbrido con pila de combustible.

La estación de servicio, de 1.000 kg/día de capacidad, se abastece con hidrógeno líquido.

### 3.2. Ciudades de la Fase 1

- **Aargau, representada por PostAuto**



Fig. 2. Uno de los 5 autobuses híbridos de pila de combustible del proyecto CHIC en Suiza.

PostAuto es el mayor operador de transporte público de Suiza. Cinco Mercedes-Benz Citaro FuelCELL híbridos operan en el cantón de Aargau (cerca de Zurich) desde principios de 2012, cubriendo rutas interurbanas radiales desde la ciudad de Brugg. En esta ciudad se ha construido una estación de repostado de hidrógeno, con producción por electrólisis de agua a partir de fuentes renovables.

- **Bolzano, representada por STA**

STA (Südtiroler Transportstrukturen AG - Strutture Trasporto Alto Adige), es la compañía que gestiona las infraestructuras y vehículos de transporte público en la provincia autónoma de Bolzano.

STA adquirirá 5 FCH con financiación del proyecto CHIC y construirá una hidrogenera (con fondos externos al proyecto), incluyendo producción de hidrógeno por electrólisis y repostado a 700 bar, además de 350 bar. Los dos concursos públicos, cerrados en julio de 2012, están pendientes de adjudicación. El objetivo es que la estación de servicio y los 5 autobuses estén plenamente operativos en septiembre de 2013.

- **Londres, representada por TfL**

Transport for London (TfL) participó en ambos proyectos iniciales, CUTE y su continuación HyFLEET:CUTE, con 3 autobuses de pila de combustible operando en Londres.

En el marco del proyecto CHIC cinco nuevos autobuses FCH operan en Londres desde principios de 2011 y, a partir de septiembre de 2012, la flota se completará hasta un total de 8 unidades circulando por la línea RV1, la más turística del Londres Central.

Los autobuses han sido suministrados por el carroceros Wrightbus, y Bluways ha desarrollado la arquitectura eléctrica híbrida con pila de combustible.

Los autobuses se repostan en la nueva hidrogenera diseñada, construida y mantenida por AIR PRODUCTS, matriz de CARBUROS METÁLICOS. La estación está constituida por un almacenamiento a 450 bar y dos surtidores para repostar a 350 bar, con una capacidad inicial de 320 kg/día. Esta estación de servicio se abastece a través de la flota de cisternas de fase dual de AIR PRODUCTS, que transportan el hidrógeno en fase líquida y lo vaporizan a alta presión directamente al almacenamiento de la estación de servicio. De este modo se reducen costes de distribución y se minimiza la necesidad de equipos en el punto de uso y su consiguiente mantenimiento.



Fig. 3. Hidrogenera de AIR PRODUCTS en Londres.

AIR PRODUCTS construirá una segunda hidrogenera en Londres bajo el proyecto CHIC, que entrará en operación en 2013. Esta segunda estación será totalmente móvil y con capacidad para repostar los 8 autobuses FCH.

- **Milán, representada por ATM**

Azienda Trasporti Milanese (ATM) es el mayor operador de transporte público del norte de Italia, responsable del transporte público en Milán.

ATM ha adquirido 3 autobuses Mercedes-Benz Citaro FuelCELL híbridos, y está construyendo una hidrogenera en las nuevas cocheras de la compañía, donde además se producirá hidrógeno por electrólisis de agua. El inicio de las operaciones se espera para principios de octubre de 2012.

- **Oslo, representada por Ruter**

Ruter es el operador del transporte público de Oslo. Ruter seleccionó la compañía belga Van Hool para suministrar 5 autobuses FCH, equipados con pila de combustible de Ballard Power Systems, baterías de litio y motor eléctrico Siemens. Se ha construido una nueva hidrogenera con producción de hidrógeno por electrólisis. La operación regular de los 5 autobuses y de la hidrogenera empezó en mayo de 2012.

#### 4. CONCLUSIONES

Hace 9 años Madrid y Barcelona vieron por primera vez circular autobuses de hidrógeno por sus calles. Mucho se ha avanzado desde entonces en la movilidad con pila de combustible. Las mismas ciudades han visto por primera vez circular el primer coche eléctrico de pila de combustible comercializado en el mundo, el FCX Clarity de Honda, en Madrid en 2011 y en Barcelona en 2012. En ambos casos CARBUROS METÁLICOS suministró el hidrógeno y la estación de repostado para la circulación de los FCX Clarity. Y ambas ciudades se han apuntado a ser “Ciudades de la Fase 2” del proyecto CHIC.

El tiempo de abordar el famoso dilema del “huevo o la gallina” llegó a su fin. Hace tiempo que los fabricantes de vehículos de pila de combustible y los suministradores de infraestructura de hidrógeno colaboran para que esta tecnología sea una realidad a partir de 2015. Algunas de las hidrogeneras puestas en servicio en el marco del proyecto CHIC se construyen tanto para repostar autobuses a 350 bar como automóviles a 700 bar. La Unión Europea y los gobiernos de algunos países europeos, con Alemania al frente, apoyan económicamente las iniciativas. AIR PRODUCTS es un activo participante, liderando incluso alguno de los proyectos en marcha, como el proyecto HyTEC, del que también es socio MATGAS, centro de investigación participado mayoritariamente por CARBUROS METÁLICOS.

**Más información en: [www.chic-project.eu](http://www.chic-project.eu)**

Información sobre las actividades de CARBUROS METÁLICOS y AIR PRODUCTS en este sector: [www.airproducts.com/h2energy](http://www.airproducts.com/h2energy)

**Bibliografía**

[1] HyFLEET:CUTE: [www.global-hydrogen-bus-platform.com](http://www.global-hydrogen-bus-platform.com)

## VALORIZACIÓN DEL BIOGÁS DE DEPURADORA MEDIANTE PILAS DE COMBUSTIBLE TIPO PEM.

M. Martín<sup>1</sup>, T. R. Serna<sup>2</sup>, N. de Arespachaga<sup>3</sup>, I. López-Guillén<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aguas de Murcia, Plaza Circular 9, 30008, Murcia, España

<sup>2</sup>Aqualogy Medio Ambiente, Avenida de la Diagonal 211, 08018 Barcelona, España

<sup>3</sup>CETAqua (Centro Tecnológico del Agua), Carretera d'Esplugues 75, 08940, Cornellà, Barcelona, España

**RESUMEN:** BIOCELL es proyecto financiado por el programa LIFE+ de la Unión Europea que, pretende demostrar la viabilidad técnica y económica de la producción de energía verde a partir de biogás mediante pilas de combustible tipo PEMFC y SOFC. La planta piloto que se ha instalado en Murcia consta de: (1) una fase de limpieza química del biogás, (2) un reformado para convertir el biogás en H<sub>2</sub> con un catalizador específico y (3) dos pilas de combustible tipo PEM de 1,5 kW<sub>e</sub>. La dificultad en el diseño de esta instalación, y a su vez, el carácter innovador de esta planta, viene dado tanto por el diseño del procesador de reformado como por el uso de pilas PEMFC en aplicaciones de biogás de depuradora. La etapa de pretratamiento ha funcionado correctamente y se han conseguido establecer las condiciones de operación óptimas para producir una corriente de biogás admisible para el procesador de combustible. El procesador de combustible ha funcionado de manera intermitente desde su puesta en marcha, durante 385 h, consiguiéndose la operación de los diferentes reactores con rendimientos mejor de lo esperados en simulaciones previas, pero debido a numerosos problemas, averías y ajustes ha sido imposible poner el sistema por completo en marcha, faltando la alimentación de las pilas de combustible. Estas, a su vez, ya han sido probadas a escala laboratorio con mezclas de H<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> en distintas composiciones con resultados favorables. Es necesario continuar trabajando en el piloto para conseguir el funcionamiento estable y continuo para poder obtener una corriente de gas con alto contenido en H<sub>2</sub> que cumpla con los requisitos para poder alimentar las pilas PEM.

**ABSTRACT:** BIOCELL is a project funded by the LIFE + program of the European Union, which aims to demonstrate the technical and economic feasibility of green energy production from biogas via fuel cells, PEMFC and SOFC type. The pilot plant was installed in Murcia consist of: (1) a chemical cleaning phase of biogas, (2) a fuel processor to convert biogas into H<sub>2</sub> with a specific catalyst and (3) two PEMFC fuel cell 1,5 kW<sub>e</sub>. The difficulty in designing this installation, and in turn, the innovative nature of this plant, is given by both the processor design as reforming PEMFC using biogas in sewage applications. The pretreatment step has worked well and has managed to establish the optimum operating conditions to produce a stream of biogas eligible for the fuel processor. The fuel processor has operated intermittently since its launch, over 385 h, which results in the operation of different reactors with yields better than expected in previous simulations, but due to numerous problems, breakdowns and adjustments have been unable to put the entire system in motion, lacking the feeding of the fuel cells. These, in turn, have already been tested at laboratory scale with mixtures of H<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> in various compositions with favourable results. It is need to continue working on the pilot to achieve the stable and continuous in order to obtain a gas stream rich in H<sub>2</sub> that meets the requirements for PEM fuel cells.

**Palabras clave:** biogás, EDAR, PEMFC, hidrógeno, reformado

**Keywords:** biogas, WWTP, PEMFC, hydrogen, reforming

### 1. INTRODUCCIÓN

En un contexto de desarrollo sostenible y particularmente en el caso de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), donde el consumo energético supone casi un 60% del coste total de explotación, quemar del exceso de biogás producido en la antorcha no puede considerarse una solución válida a largo plazo. En la actualidad existen diferentes soluciones para el aprovechamiento del potencial energético del biogás (motores de combustión interna, microturbinas, biometano y pilas de combustible (PC)).

Aguas de Murcia es consciente de que todas sus actividades deben hacerse de una manera sostenible,

por lo que participa en proyectos de investigación destinados a este propósito, tanto a nivel nacional como internacional.

El proyecto BIOCELL, financiado por el programa LIFE+ de la Comisión Europea, evalúa técnica, económica y ambientalmente el uso del biogás en pilas de combustible de alta y baja temperatura. El consorcio del proyecto está formado por cuatro empresas: CETaqua (España), Aguas de Murcia (España), Suez Environnement (Francia) y Degremont (Francia).





Fig. 1. Vista aérea de la EDAR Murcia Este.

Aguas de Murcia participa en este proyecto diseñando y operando una instalación experimental, construida en la EDAR Murcia Este (Fig. 1), compuesta por una etapa de limpieza del biogás, una etapa de reformado del biogás para obtener H<sub>2</sub> y dos pilas de combustible de tipo PEM (PEMFC) de 1,5 kW<sub>e</sub>. En la Fig. 2 aparece una vista de la instalación construida para el desarrollo del proyecto.



Fig. 2. Vista de la planta piloto instalada en la EDAR Murcia Este

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

La parte experimental ha consistido en el montaje y puesta en marcha de cada una de las unidades que componen la planta piloto.

Los requerimientos de pureza del gas a la entrada de las PC son muy estrictos, ya que se ha demostrado que impurezas típicas presentes en el biogás constituyen un riesgo para el buen funcionamiento de la pila [1]. Atendiendo a experiencias previas desarrolladas por Aguas de Murcia y a las recomendaciones de los fabricantes del catalizador de reformado y las pilas, se han establecido los siguientes límites de contaminantes a la salida del pretratamiento: [H<sub>2</sub>S] < 0,1 ppm, [Si] < 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> y a la entrada de la PEMFC: [CO] = 50 ppm.

**Limpieza del biogás:** En la Fig.3 se muestra el sistema de limpieza del biogás, que consiste en un lavado químico (ácido, oxidativo y básico), etapa de enfriamiento y una etapa de adsorción en carbón activo.

**Procesador de combustible:** La corriente limpia de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se introduce en un procesador de combustible, con capacidad para tratar hasta 5 Nm<sup>3</sup>/h, que permite convertir el biogás en hidrógeno (H<sub>2</sub>) (Fig. 4). Las etapas en que se divide son similares a las descritas por otros autores [2]:

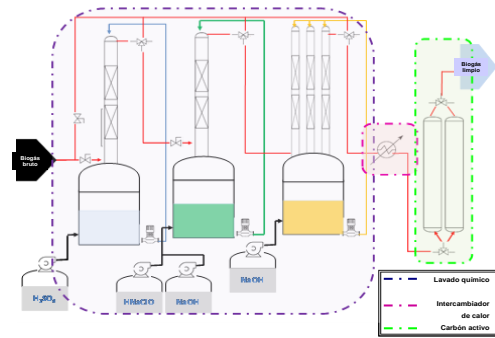


Fig. 1. Esquema del pretratamiento del biogás en la EDAR Murcia Este.

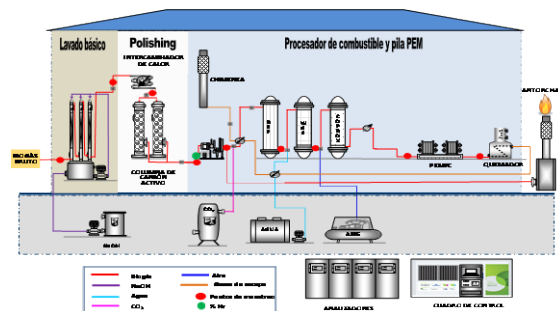


Fig. 4. Diagrama de flujo de la planta piloto del proyecto BIOCELL.

- a. **Reactor de reformado (Fig. 5):** Se produce la transformación catalítica de la corriente de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub> y CO. La peculiaridad en el diseño de esta unidad es que se trata de un reformado seco (DR), es decir, sin utilizar agua.

Las condiciones de operación del reactor son:  
T = 700 - 740°C, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> = 1:1 y P = 3 bar.

El catalizador específico para este proceso fue desarrollado en el proyecto SOSTAQUA (CEN 2007 1039).

El calor necesario para producir la reacción se aporta a través de un quemador, utilizando como combustible los gases de escape del ánodo de la pila de combustible y durante el arranque parte del biogás que entra al procesador de combustible.

- b. **Oxidación de CO:** Consiste en la aplicación de dos procesos, Water Gas Shift (WGS) y CO Preferential OXidation (COPROX) (Fig. 5) cuyo objetivo es la eliminación, casi en su totalidad, del CO en la corriente que alimentará a la pila [3], debido a que es un compuesto venenoso para la misma. Las condiciones de operación en estos procesos son:

➤ WGS: desplazamiento con gas de agua produciendo H<sub>2</sub> adicional.

T = 300 - 350°C y S/CO = 7,0 - 7,8. [4]

➤ COPROX: la oxidación preferencial del CO mediante la inyección de aire.

T = 130 - 170°C y O<sub>2</sub>/CO = 1,6 - 2,0. [4]

**Pila de combustible** (Fig. 5): el gas procedente del procesador de combustible está formado por una

mezcla de H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> mayoritariamente y se introduce directamente a dos PEMFC.

El modo de operación de la pila ha sido con ánodo abierto.

**Equipos auxiliares** (Fig. 5):

- a. *Compresor de biogás*: Suministra la corriente de biogás en las condiciones de presión de trabajo del procesador, 3 bares.
- b. *Suministro de CO<sub>2</sub>*: Para alcanzar la relación 1:1 en composición de CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub> para la alimentación del procesador. Depósito de aprox. 6.000 m<sup>3</sup>.
- c. *Suministro de agua*: El equipo instalado produce agua de elevada calidad que se añade al reactor de WGS.
- d. *Suministro de aire*: Se realiza mediante una soplante, y aporta la cantidad de aire (O<sub>2</sub>) en el reactor de COPROX.
- e. *Quemador*: Suministra el calor necesario para alcanzar la temperatura de trabajo en los diferentes reactores del procesador de combustible. Quema H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> utilizando aire como oxidante (*Compresor de aire para quemador*).



Fig. 5. Vista de: (1) reactor de reformado y (2) quemador integrado; (3) reactor WGS y (4) COPROX, (5) soplante alimentación quemador, (6) 2 x PEMFC.

**3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Tabla 1 aparece la composición promedio del biogás a la entrada y a la salida del pretratamiento, obtenidos durante el periodo de puesta a punto del pretratamiento.

Tabla 1. Composición biogás a la entrada y a la salida de la etapa de pretratamiento del biogás.

	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S ppm	Si mg Si/m <sup>3</sup>
Biogás bruto	62 - 65	35 - 37	0 - 1	1.500 - 6.000	3,0
Salida pretratamiento	68 - 74	24 - 34	0	0	< 0,1

La composición del biogás a la salida del pretratamiento cumple con los requisitos establecidos para alimentar el procesador de combustible. Antes de entrar al procesador es necesaria la adición de CO<sub>2</sub> para cumplir con las condiciones de alimentación: 1:1 (CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>).

Previamente, el procesador de combustible y la pila se han operado a escala laboratorio, alimentados con gas sintético, para identificar las condiciones de operación óptimas; las que proporcionen los mejores rendimientos y las menores deposiciones de C. Los resultados fueron mejores que los inicialmente estimados mediante simuladores de proceso [4].

Una vez instalado en la EDAR Murcia Este, el procesador de combustible ha funcionado intermitentemente por un total de 385 h, desde Diciembre de 2011 hasta Mayo de 2012.

Las primeras pruebas han consistido en la puesta en marcha de cada uno de los reactores, controlando las condiciones de la alimentación: composición, P, T<sup>a</sup> y caudales.

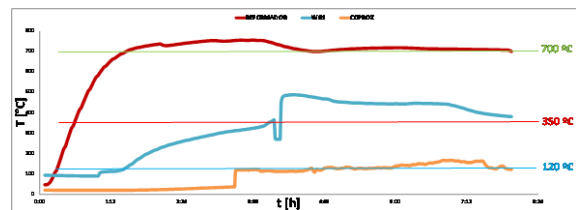


Fig. 6. Representación de la evolución de las temperaturas de los tres reactores durante el periodo de arranque.

En la Fig. 6 se observa que el tiempo óptimo para el arranque de los tres reactores está comprendido entre 7 - 8 h, y las T<sup>a</sup> se mantienen dentro del intervalo óptimo de trabajo.

En las siguientes figuras (Fig. 7 y Fig. 8) aparecen fragmentos de imágenes de la pantalla del sistema de control correspondientes a cada uno de los reactores que forman el procesador de combustible, mostrando valores reales de condiciones de operación (T<sup>a</sup> de trabajo, composiciones de salida en CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y CO y porcentajes de conversión).



Fig. 7. Fragmento de la pantalla del sistema de control donde se recoge la información del reactor de reformado.

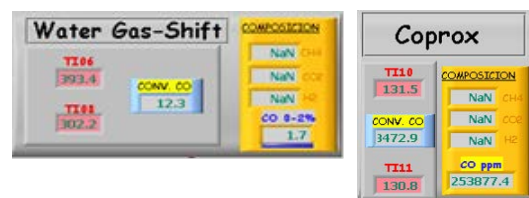


Fig. 8. Fragmentos de la pantalla del sistema de control donde se recoge la información de los reactores de Water Gas-Shift y COPROX. (Nota: No aparecen valores de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> porque hay un único analizador que va realizando ciclos de medidas por las distintas corrientes de sistema y en este momento estaban midiendo en el reactor de reformado).

En la Tabla 2 aparecen representados los rangos de valores de los parámetros de control en las diferentes corrientes de entrada y salida de los reactores y quemador durante el periodo de puesta en marcha de los diferentes reactores del procesador de combustible. Del análisis de estos resultados se puede extraer que la concentración de CH<sub>4</sub> en la corriente de entrada es elevada, que se han llegado a alcanzar concentraciones de H<sub>2</sub> a la salida del reformador de hasta un 65% y se ha conseguido reducir la concentración de CO por debajo de 50 ppm que era la concentración para la que se había diseñado el sistema. Todos estos resultados se han obtenido sin llegar a establecer un régimen de trabajo continuo para poder alimentar a las pilas de combustible.

**Tabla 2.** Parámetros de control de las corrientes a la entrada del piloto, salida del REF, salida de WGS, salida de COPROX y entrada al quemador.

	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> %	CO % ó ppm
Entrada Biogás	68 - 74	24 - 34	-	-
Salida REF	3 - 40	2 - 65	40 - 65	4 - 34 (%)
Salida WGS				1,0 - 1,9 (%)
Salida COPROX				28 - 108 (ppm)
Quemador	1 - 39		39 - 55	

Durante el periodo de operación del piloto se han sucedido numerosos problemas técnicos, de los cuales cabe destacar: Fallos en equipos comerciales (analizadores de gases y separadores de agua), temperaturas de trabajo no adecuadas en el reactor de reformado debido a fugas, provocando desactivaciones del catalizador, problemas derivados de la presencia de H<sub>2</sub>S en el ambiente (degradación en la planta, problemas electrónicos, etc.)

Debido a estas dificultades ha sido imposible, hasta el momento, alimentar las pilas con el gas de reformado.

Aunque las pilas instaladas están diseñadas para funcionar con una alimentación de H<sub>2</sub> puro, ensayos realizados en laboratorio, alimentándolas con mezclas sintéticas de gas (H<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>), han demostrado la viabilidad de las mismas alimentadas con mezclas en proporción H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> de 1:1. En la Tabla 3 podemos observar los resultados obtenidos.

**Tabla 3.** Resultados de experimentación (laboratorio) con las PEMFC alimentadas con gas sintético. (\*Test iniciales con el rendimiento limitado (aprox. 85% respecto al valor nominal)).

Alimentación	H <sub>2</sub> puro(*)	H <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> , 1:1
Caudal de gas (NL/min)	0 - 30	0 - 30
Intensidad (A)	70	20
Potencia (W)	2.600	800
Uso de combustible (%)	90%	60%
Eficiencia eléctrica	0,5 - 0,7	0,3 - 0,5
H <sub>2</sub> /W generada (NL/W)	0,6 - 0,7	0,5 - 0,4

#### 4. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se puede concluir que:

- Es posible obtener biogás que cumple con los requisitos establecidos para alimentar el procesador de combustible.
- Los resultados demuestran que es viable a partir de biogás de depuradora, mediante un reformado seco, producir H<sub>2</sub> (hasta un 65%). Se ha conseguido, aunque no de forma estacionaria, una adecuada calidad del combustible para su aplicación a pilas (CO < 50 ppm).
- Resultados de laboratorio, alimentando las PEMFC con una mezcla sintética de gases (H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>), apoyan la posibilidad de alimentar pilas diseñadas para ser alimentadas con H<sub>2</sub> puro con mezclas de gases con H<sub>2</sub> de un 50%.
- Es necesario seguir trabajando para optimizar el sistema y corregir los problemas encontrados para mejorar el funcionamiento de las distintas unidades y conseguir una corriente de combustible estable y con las condiciones adecuadas para poder alimentar las pilas.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a:

- El programa LIFE+ la financiación para el desarrollo de este proyecto (Proyecto BIOCELL LIFE07 ENV/E/000847, www.life-biocell.eu).
- El programa CENIT para el desarrollo del proyecto SOSTAQUA.

#### Bibliografía

- [1] Xu, C., Zondlo, J., Gong, M., Blancas, E., Liu, X., Celik, I.B 2010: *Tolerant tests of H<sub>2</sub>S-laden biogas fuel on solid oxide fuel cells.* **195**: 4583-4592.
- [2] Muradov, N., Smith, F., T-Raissi, A. 2008: *Hydrogen production by catalytic processing of renewable methane-rich gases.* International Journal of hydrogen energy **33**: 2023-2035.
- [3] Zhang, Z., Xu, G., Chen, X., Honda, K., Yoshida, T. 2004: *Process development of hydrogenous gas production for PEFC from biogas.* Fuel Processing Technology **85**: 1213-1229.
- [4] Serna Box, T.R., Sánchez Bas, M., Martín González, M., Moya Sánchez, N., Castro García, M.M. & López-Guillén García, I. (2011) *PEM Fuel Cell powered by hydrogen from biogas dry reforming.* Proceedings of 4th European Fuel Cell Piero Lunghi Conference & Exhibition, Roma 14-16 December 2011, pp. 167-168.



## ENGAGING INSIGHTS FROM THE INSTALLATION OF HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS AT ENGINEERING INSTITUTES

D. Gran, C. Gale

Heliocentris Energiesysteme, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin Germany

**RESUMEN:** Heliocentris dispone de soluciones completas para cubrir todos los aspectos de la energía renovable eléctrica: generación, almacenamiento y tratamiento. Nuestra gran experiencia en los campos del tratamiento de energía, eficiencia energética y tecnología de pilas de combustible de hidrógeno, permite a los usuarios de nuestros sistemas de entrenamiento generar el “know-how” en las áreas clave.

**ABSTRACT:** Heliocentris provide complete solutions to address all aspects of electrical renewable energy: generation, storage and management. Our in-depth expertise in the fields of energy management, energy efficiency and hydrogen fuel cell technology, enable the users of our learning systems to generate know-how in the key areas.

**Palabras clave:** Hidrógeno, Renovables, PEMFC, Solar, Eólica

**Keywords:** Hydrogen, Renewables, PEMFC, Solar, Wind

### 1. INTRODUCCIÓN

An experienced engineering team with industrial background, strategic partnerships with major players in the fuel cell industry, such as Ballard Power Systems, Hydrogenics and Schunk and an extensive portfolio of pre-qualified components allow Heliocentris today to offer customers turn-key energy supply solutions combining hydrogen and clean energy generation technology. Several installations in Germany and the Middle East have proven the company’s competence in this field. Engineering education professionals will learn of the experiences and details of various installations performed by Heliocentris.

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

Based on its experience as a system integrator Heliocentris has developed a complete hybrid and off-grid energy system, which is tailored to conveying practical knowledge in the field of energy management – the New Energy Lab.

The system combines renewable energy generation from solar, wind and fuel cell power with modern energy storage technology to create an autonomous hybrid system. Optimized for the requirements of universities and vocational schools, the technology can be explored as a single process or at the level of the overall system. The system generates enough power to operate typical household appliances.

Learners can set up an autonomous power supply and learn about the interrelationships of various aspects of power management by experimenting with the parameters of the system components. The public power supply grid can be used as a backup to simulate the combined use of renewable and conventional energy sources, such as a diesel generator. The system can be used to simulate and analyze typical scenarios, such as operation at night or during periods of no wind. Extensive measuring technology, central monitoring and control software and an electronic load make it possible to record characteristic curves and system data.

Unique to the systems is the combination of education, technical training and applied research capabilities that empower universities and research institutions to generate and transfer knowledge in the generation, storage and management of renewable energy.



Fig. 1. Autonomous power supply, uninterrupted power supply

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

The New Energy Lab forms the basis for several learning objectives:

- Introduction to solar, wind, and fuel cell technology
- Design of hybrid systems
- Operation of hybrid systems
- Examination of renewable energy sources
- Autonomous operation of real-world consumers
- Observation of different scenarios: night-time operation, periods of no wind, peak loads

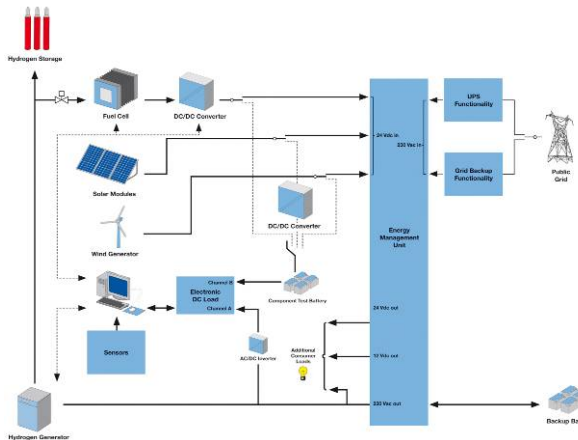


Fig. 2. System scheme

- The system includes the following components:
- Photovoltaic module: 400 Wp – 1,2 kWp
- Small wind power module: 400 Wp
- Fuel cell module: 1200 W
- Battery bank: 100 - 300 Ah
- Electrolyzer: 30 - 60 SI/hour
- Hydrogen storage canister: 1500 - 4500 SI storage capacity (metal hydride canister)
- Central energy management module
- System controller with monitoring and control software
- Measuring technology (e.g. wind velocity gauge, H2 flow meter)
- Electronic load
- Service

The New Energy Lab is a real energy system. Training can therefore be conducted in a realistic setting. The system includes measuring technology feeding data into a central monitoring and control software, which is also used to parameterize the system's components. This integration allows for deriving valuable insights on energy management, which cannot be obtained with regular off-grid systems.

### 4. CONCLUSIONES

The ability to combine different energy sources, storage technology and loads to an autonomous energy system granting the same security of energy supply as a user could expect from the national grid will be the key qualification requirements of tomorrow's system integrators. Both energy management know-how and profound knowledge about the diverse energy generation and storage technologies must therefore become part of today's technical training. It has to familiarize the engineers of tomorrow with this technology.

## DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES DE SERVICIO DE HIDRÓGENO EN ESPAÑA MEDIANTE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

J. J. Brey<sup>1</sup>, R. Brey<sup>2</sup>, I. Contreras<sup>2</sup>, A. F. Carazo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Abengoa Hidrógeno, S.A., Campus Palmas Altas, C/ Energía Solar 1, 41014 Sevilla, Spain

<sup>2</sup>Universidad Pablo de Olavide, Dpto. Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica, Ctra. Utrera, Km 1, 41013, Sevilla, Spain

**RESUMEN:** Uno de los principales problemas a la hora de abordar el despliegue de la infraestructura necesaria para el uso del hidrógeno en el transporte es la ubicación de estaciones de repostaje de este gas que permitan a los usuarios moverse libremente por una región o país. El presente artículo expone una metodología basada en análisis envolvente de datos (AED) para la selección de municipios en España que sean adecuados para la localización de estaciones de servicio de hidrógeno en diferentes fases del despliegue de la infraestructura necesaria para el uso de este combustible en el sector transporte. Esta selección es efectuada a partir de una selección endógena de los criterios de demanda efectuada por el algoritmo.

**ABSTRACT:** One of the main problems to face to deploy the Hydrogen filling stations' network is to select the appropriate places to be considered in different stages. In this paper, the authors propose a method based in demand criteria to characterize the Spanish municipalities, and applying Data Envelopment Analysis to select the most adequate ones. The authors evaluate not only the places, but also the number of filling stations per place, in order to be able to offer a complete view of the hydrogen network. The method can be used in different areas and countries, although the authors have focused their work in Spain.

**Palabras clave:** Economía del hidrógeno, despliegue de infraestructuras, estaciones de servicio, costes.

**Keywords:** Hydrogen economy, infrastructure deployment, filling stations, deployment, costs.

### 1. INTRODUCCIÓN

La economía del hidrógeno se plantea, en la actualidad, como una alternativa al paradigma energético existente; un esquema nuevo, en el que, se puede producir combustible para el transporte desde diversas fuentes, y transportarlo y almacenarlo de modo seguro.

Uno de los obstáculos más importantes para el desarrollo de este modelo energético alternativo en España es el denominado 'problema del huevo y la gallina', problema que ya ha sido comentado en diversos estudios [1-3] y que en general surge en la introducción de cualquier nueva tecnología, ya que no se trata de un problema exclusivo del hidrógeno aplicado al transporte.

Por una parte, ningún usuario adquirirá un vehículo que emplee el hidrógeno como combustible mientras no pueda de repostarlo con un mínimo de comodidad, es decir, sin contar con una infraestructura mínima; por otra parte, ninguna empresa instalará estaciones de servicio de hidrógeno sin tener un mínimo de clientes potenciales.

En este proceso de iniciación podemos distinguir dos etapas:

En una primera fase, el objetivo será establecer estaciones de hidrógeno para abastecer a los primeros usuarios (early adopters). En relación a

estos primeros usuarios podemos asumir dos opciones, por un lado, que se encuentren distribuidos por todo el territorio o que, por el contrario, existan regiones que por sus características tenderán a concentrar un alto número de potenciales compradores de vehículos de hidrógeno. De esta forma, en esta primera fase, algunas regiones serían dejadas fuera del proceso.

En una segunda fase, el objetivo será establecer estaciones de hidrógeno para abastecer no sólo a los primeros usuarios sino a una mayor proporción de la población.

En el trabajo aquí presentado, se pretende planificar el despliegue inicial (primera fase) de la infraestructura de red de estaciones de servicio de hidrógeno necesarias en España para abastecer la demanda de transporte, como un paso necesario para la implementación de la Economía del Hidrógeno en este país.

La estructura de este trabajo es la siguiente. En el segundo apartado revisamos la literatura existente en este tema. En el tercer apartado describimos la metodología que vamos a emplear para diseñar los corredores de estaciones de servicio de hidrógeno en España. Finalmente, en el último apartado, recogemos las principales conclusiones esperadas del trabajo.

## 2. ANTECEDENTES

A pesar de la importancia del tema tratado, en la actualidad son pocos los estudios que desarrollan o profundizan aunque tan solo sea de manera parcial el problema planteado. En este contexto, podemos distinguir dos grupos de artículos.

En un primer grupo, estarían aquellos artículos que analizan cómo establecer exclusivamente el número mínimo de estaciones de hidrógeno necesario para permitir la penetración inicial de los vehículos de hidrógeno. En este grupo, en relación a la economía del hidrógeno, destaca el trabajo de Melania [4].

En particular, en [4] el autor llevó a cabo un estudio sobre el despliegue de infraestructura de estaciones de servicio en Estados Unidos en el que se consideran diferentes aproximaciones al problema de su ubicación; en concreto, plantea la posibilidad de que un porcentaje de las actuales estaciones de servicio sean de hidrógeno en el futuro; así, habla de un 5% de las actuales en una primera etapa y un 15% en una segunda fase de lanzamiento.

Para las áreas metropolitanas, habla de una estación de servicio para cada cierta área (delimitada por radios de 5 y 3 millas para ambas fases, respectivamente).

Finalmente, un tercer análisis parte del hecho de considerar ubicar estaciones de servicio de hidrógeno cada cierto intervalo en las arterias principales del país; por ejemplo, establece 20 y 10 millas para las interestatales en las fases primera y segunda, respectivamente.

En sus resultados, el autor llega a un número de estaciones de servicio para dos etapas del despliegue, y, consecuentemente, a establecer la necesidad de un proceso de inversión que permita llevar a cabo dicha implantación. Sin embargo, este autor no llega a ubicar, físicamente, las estaciones de servicio. Punto este que sí será alcanzado por nuestro trabajo. Por tanto, nosotros vamos más allá al localizar físicamente cada una de las estaciones de servicio de hidrógeno.

En un segundo grupo podríamos situar aquellos artículos centrados en planificar de forma óptima la localización geográfica de las estaciones de hidrógeno. El número de trabajos pertenecientes a este grupo es más reducido. Así, podemos citar los trabajos de [5-8]. Este segundo grupo constituye un paso más respecto al anterior grupo puesto que pretende a partir de un número de estaciones de hidrógeno delimitado previamente establecer su localización óptima.

En [5] los autores emplean GIS para determinar en Sacramento County (California) el número mínimo de estaciones de hidrógeno, así como su localización óptima atendiendo al tiempo medio de

viaje (average travel time) que cada residente necesitaría para llegar a una estación de hidrógeno.

Por su parte, [6] y [7] emplean GIS para delimitar zonas urbanas e inter-regionales que verifican una serie de criterios (básicamente de demanda) y, de esta forma, establecer las posibles localizaciones de un número de estaciones de hidrógeno previamente delimitado. Finalmente, [8] identifica una serie de áreas comunitarias en California para una primera fase de implantación mediante entrevistas con fabricantes de automóviles y agencias de transporte.

A nivel de España, los únicos estudios existentes destinados a planificar el proceso de transición hacia la economía del hidrógeno en España lo constituyen los trabajos de Hyways [9] y Hyrreg [10]. Hyways caracterizó las provincias españolas mediante 3 criterios (población, riqueza y número de vehículos) que empleó para realizar una ordenación de los municipios españoles de acuerdo a su idoneidad para servir de punto de partida para el inicio de la economía del hidrógeno en España. Posteriormente, mediante reuniones con expertos definieron los que serían los principales corredores para España.

## 3. METODOLOGÍA

Para la planificación del despliegue de las estaciones de servicio de hidrógeno en España se ha elaborado un esquema de localización de estaciones de servicio de hidrógeno que contempla:

- la consideración del municipio como unidad mínima territorial y
- la identificación de unos criterios que permitan evaluarlos de cara a esa posible localización.

En España existen, a 1 de enero de 2012, 8.116 municipios agrupados en 50 provincias y 17 CCAA. Cada uno de esos municipios serán caracterizados en base a una serie de criterios determinantes de su idoneidad para el establecimiento de una estación de servicio de hidrógeno. En el trabajo que se está desarrollado los criterios empleados son básicamente criterios de demanda, ya que entendemos que en las fases iniciales del desarrollo de la economía del hidrógeno en el sector transporte el hidrógeno vendrá producido por cualquier tipo de fuente, por lo que la demanda de vehículos de hidrógeno será el principal determinante para establecer las zonas iniciales de desarrollo.

A los tres criterios ya contemplados por Hyways (aunque en este trabajo a nivel municipal) de población, nivel de renta y vehículos, en el trabajo que se está desarrollando se contempla también los criterios de kilómetros de carreteras nacionales y regionales y número de gasolineras.

Una vez elegidos los municipios e identificados los criterios, el siguiente paso es evaluar los municipios en función de dichos criterios.

Estos municipios se analizarán en base a una serie de criterios que tendrán en cuenta aspectos económicos, sociales y medioambientales. Los dos primeros aspectos serán representados mediante criterios que afectan a la demanda energética (que en este trabajo se han representado mediante el número de vehículos matriculados, las estaciones de servicio tradicionales actualmente existentes, renta medias declaradas y números de kilómetros de carreteras)

La evaluación de los municipios a partir de una serie de criterios puede realizarse ponderando los diferentes criterios para obtener una única medida que refleje la idoneidad de cada municipio. La asignación de ponderaciones a los criterios puede realizarse mediante múltiples procedimientos. Estos procedimientos pueden clasificarse en dos grandes grupos. Por un lado, aquellos que resultan de las preferencias expresadas por uno o más decisores sobre los criterios (ponderaciones subjetivas). Este tipo de ponderaciones sería la empleada en [9-11].

Por otro lado, aquellos procedimientos que obtienen las ponderaciones a partir de los propios datos, pudiendo existir restricciones técnicas o subjetivas a la hora de formar las ponderaciones (ponderaciones objetivas).

En este trabajo, para evaluar la idoneidad de los municipios vamos a emplear el Análisis Envolvente de Datos (AED), que es un procedimiento que se enmarca dentro del segundo grupo. El AED es una técnica no paramétrica concebida originalmente para la medición de la eficiencia de un conjunto de unidades que obtienen múltiples inputs a partir de múltiples outputs [12].

El objetivo de los modelos originales de AED era la determinación de una medida de eficiencia para cada unidad a partir del ratio de la suma ponderada de los outputs sobre la suma ponderada de los inputs. El vector de pesos era libremente seleccionado para cada unidad mediante la resolución de un sencillo problema de optimización, es decir, cada unidad seleccionaba su propio vector de ponderaciones de forma que optimiza su propia medición de eficiencia, incorporando un conjunto de restricciones en el modelo que limitaban este valor de eficiencia a la unidad. Por tanto, cada unidad puede seleccionar su propio vector de pesos para optimizar su eficiencia individual. Como consecuencia del modelo, las unidades son clasificadas como eficientes (aquellas que alcanzan el máximo valor del ratio) o no eficientes (las restantes). De esta forma, si cualquier unidad resulta ser no eficiente, esto no puede ser atribuido a una selección arbitraria del vector de ponderaciones.

La aplicación de los modelos de AED ha sobrepasado ampliamente sus objetivos iniciales, generando un gran número de modelos y procedimientos, todos caracterizados por una selección endógena de los pesos; el vector de ponderaciones es determinado como una variable del problema y no externamente fijado por los decisores.

Sin embargo, el AED no está libre de críticas. Las principales críticas al AED se centran en dos aspectos. Por un lado, las eficiencias de las diferentes unidades se obtienen a partir de diferentes vectores de pesos. De este modo, no es posible ni comparar las alternativas ni ordenarlas puesto que las diferentes unidades emplean su propio vector de ponderaciones. Por otro lado, mediante estos modelos de AED múltiples unidades son evaluadas como eficientes debido a la flexibilidad en la selección de los pesos.

Por todo ello, cuando el objetivo del modelo es realizar comparaciones entre las unidades u obtener ordenaciones no es adecuado considerar diferentes vectores de pesos para la evaluación de las unidades. En respuesta a estas críticas, han surgido diferentes procedimientos que intentan proporcionar un único vector de pesos para todas las alternativas [13]. Este tipo de modelos es el que emplearíamos en este trabajo.

De esta forma, mediante el empleo de estos últimos modelos de AED que emplean un único vector lograríamos evaluar los municipios obteniendo una ordenación. A partir de esta ordenación sería posible definir las zonas de España donde es más factible que se concentren los primeros usuarios de los vehículos de hidrógeno y, de esta forma, definir y localizar los nodos principales de desarrollo de la Economía del Hidrógeno en el sector transporte en España, así como definir nodos de conexión entre esos nodos principales. Todo ello lo realizaremos para diferentes horizontes temporales, mostrando de este modo diferentes escenarios.

#### 4. CONCLUSIONES

El presente trabajo ofrecerá una posible alternativa al despliegue de estaciones de servicio de hidrógeno en España, de cara a abordar la migración hacia la Economía del Hidrógeno, y su uso en el transporte.

No sólo se establecerá la localización geográfica teniendo en cuenta la idoneidad de los municipios (atendiendo a una serie de criterios, cuyas ponderaciones se efectúan de manera endógena mediante AED), sino que también se efectuará un primer cálculo del número de estaciones de servicio de hidrógeno necesarias para una primera fase de este despliegue.



**Bibliografía**

- [1] Schwoon, M. (2007), A tool to optimize the initial distribution of hydrogen filling stations. *Transportation research Part D*, 12, 70-82.
- [2] Odgen, J. and M. Nicholas (2011), Analysis of a “cluster” strategy for introducing hydrogen vehicles in Southern California. *Energy Policy* 39, 1923-1938.
- [3] Melaina, M., J. Bremson (2008), Refueling availability for alternative fuel vehicle markets: Sufficient urban station coverage. *Energy Policy*, 36, 3233-3241.
- [4] Melania, M. W. (2003), Initiating hydrogen infrastructures: preliminary analysis of a sufficient number of initial hydrogen stations in the US. *International Journal of Hydrogen Energy*, 28, 743-755.
- [5] Nicholas, M. A., S. L. Handy, D. Sperling (2004). Using Geographic Information Systems to Evaluate Siting and Networks of Hydrogen Stations. *Transportation Research Record* (1880), 126 – 134.
- [6] Melendez and A. Milbrandt, (2005). “Analysis of the Hydrogen Infrastructure Needed to Enable Commercial Introduction of Hydrogen-Fueled Vehicles”, *Proceedings of the National Hydrogen Association (NHA) Annual Conference*, Washington, D.C.
- [7] Melendez, M., Milbrandt, A. (2007). Geographically Hydrogen demand and infrastructure deployment scenario analysis. 2007 annual progress report. DOE Hydrogen program. US Department of Energy.
- [8] California Fuel Cell Partnership (CaFCP) (2009), Hydrogen Fuel Cell Vehicle and Station Deployment Plan: a strategy for meeting the challenge ahead. California Fuel Cell Partnership.
- [9] [www.hyways.de`](http://www.hyways.de)
- [10] [www.hyrreg.eu](http://www.hyrreg.eu)
- [11] J. J. Brey, A. F. Carazo, R. Brey, *International Journal of Hydrogen Energy* 37 (2012) 5372-5384.
- [12] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur J Oper Res* 2(1978) 429-444.
- [13] C. Kao, H-T Hung, Data envelopment analysis with common weights: the compromise solution approach”, *J Oper Res Soc* 56 (10) (2005) 1196-1203



## LA TRASFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CSIC: COMERCIALIZACIÓN DE PATENTES DE PILAS DE COMBUSTIBLES Y TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

J. Maira y J. Etxabe

Vicepresidencia Adjunta de Transferencia de Conocimiento del CSIC, Serrano 142, 28006 Madrid, Spain

**RESUMEN:** El CSIC ha puesto en marcha una serie de acciones, cuyo objetivo ha sido sacar provecho del conocimiento generado en las actividades de I+D, mediante su transferencia al sector industrial para llevar al mercado productos y servicios de alto valor añadido. En este artículo se describen estas acciones y se presentan los resultados alcanzados en general, y en el sector de las pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno en particular, con casos de éxito en los últimos años.

**ABSTRACT:** CSIC has launched a series of actions whose objective was to take advantage of the knowledge generated in R&D projects, through its transfer to industry to bring out high value products and services to the market. This article describes these actions as well as the results achieved as a whole and in the field of fuel cells and hydrogen technologies, in which CSIC has achieved successful stories in the last years.

**Palabras clave:** Transferencia de tecnología, patentes, licencias, hidrógeno y pilas de combustible.

**Keywords:** Technology transfer, patents, licences, hydrogen, fuel cells.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) [1] es la mayor institución pública española dedicada a la investigación y la tercera de Europa tras el Max Planck de Alemania y el CNRS francés. El CSIC cuenta con 14.050 trabajadores, de los cuales algo más de 4.400 son investigadores doctores (tanto permanentes como contratados) y otros 3.100 son investigadores en formación. Las actividades de investigación se desarrollan en 75 centros de investigación propios, 53 centros mixtos (creados mediante convenios con universidades y otras instituciones) y 5 grandes centros de servicios. Aunque los investigadores del CSIC sólo representan el 6% del personal dedicado a actividades de investigación y desarrollo en toda España, producen aproximadamente el 20% de la producción científica nacional, es decir casi el 0.7% de la producción científica mundial.

El objeto del CSIC [2] es el fomento, la coordinación, el desarrollo y la difusión de la investigación científica y tecnológica de carácter pluridisciplinar, con el fin de contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural, así como a la formación de personal especializado. Una de las funciones fundamentales del CSIC [3] consiste en transferir los resultados de la investigación científica y tecnológica al sector empresarial. Para ello las actividades tendentes a incrementar la transferencia de tecnología al sector productivo han ido adquiriendo un mayor protagonismo en el CSIC en los últimos años.

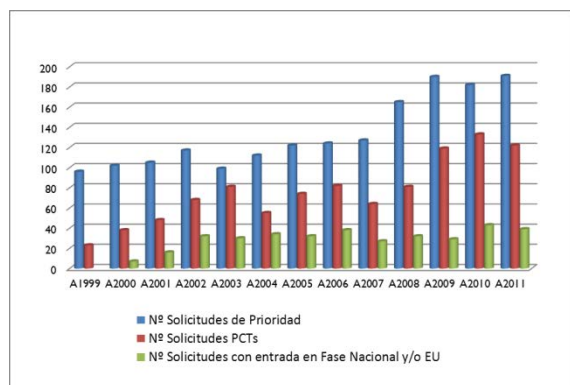
### 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento que utiliza el CSIC para proteger sus tecnologías está definido por los siguientes pasos:

- Detección del conocimiento generado en los centros del CSIC y evaluación sobre su posible aplicación industrial y protección mediante patente.
- Elaboración y presentación de la solicitud de patente española (solicitud prioritaria) en la Oficina Española de Patentes y Marcas [4].
- Promoción activa de la tecnología protegida por la solicitud de patente como oferta tecnológica entre empresas del sector industrial de aplicación. El interés mostrado por el sector productivo durante esta promoción se tiene en cuenta a la hora de decidir la extensión de los derechos de patente a otros países, mediante solicitud internacional PCT, antes del término del año de prioridad de la patente. La solicitud internacional PCT permite extender los derechos de explotación de la solicitud de patente en los más de 130 países firmantes del tratado PCT durante un periodo de tiempo que finaliza al cumplirse el mes 30 desde la fecha de solicitud de la patente española prioritaria.
- Una vez finalizado el periodo PCT, las patentes del CSIC entran en las fases nacionales y regionales en los casos en los que (i) la solicitud de patente está licenciada a la empresa, o (ii) la tecnología es estratégica para la institución y se considera que su puesta en el

mercado requiere de un periodo de tiempo más amplio que el proporcionando por la PCT.

Todo este protocolo de actuación que se aplica sobre la selección de solicitudes de patentes para su posterior protección ha tenido un éxito notable. El CSIC es la primera entidad generadora de patentes nacionales [5] y, por otro lado, las bases de datos de la OMPI [6] señalan que el primer solicitante español de solicitudes de patente PCT en el año 2011 fue el CSIC en el puesto 129, con 120 solicitudes. La Fig. 1 muestra el número de solicitudes de patentes prioritarias registradas en la OEPM y las de tipo PCT presentadas por el CSIC entre 1999 y 2011, junto con el número de patentes que en cada año entraron en fases nacionales o regionales en algún país. Se puede observar como el número de solicitudes de patente de prioridad del CSIC ha sufrido un aumento no lineal con el paso de los años, experimentando un fuerte crecimiento tanto en el periodo 1998-2002 como en los últimos cuatro años en los que se ha pasado de una media de 110-120 patentes/año a 170-180 patentes/año. Las solicitudes de patentes en año de prioridad y en el periodo PCT, junto con aquellas que se encuentran en fases nacionales y/o fase europea pero sin haberse licenciado, constituyen la “cartera de patentes” en comercialización del CSIC.



**Fig. 1.** Número de solicitudes de patentes del CSIC desde el año 1998, indicando las patentes prioritarias (columna azul), las solicitudes internacionales PCT (columna roja) y las patentes que han entrado en fases nacionales y/o regionales (columna verde)..

Además, con la intención de concentrar una mayor cantidad de recursos en la promoción de patentes en el sector productivo, la política de la VATC en los últimos años ha sido la de incrementar el personal altamente cualificado, preferiblemente doctores con experiencia en la empresa privada o en otras entidades como oficinas de patentes o en la Comisión Europea, concededores por lo tanto de las peculiaridades del mundo de la investigación y las del sector productivo

Las actividades de promoción de las tecnologías del CSIC, que se han potenciado a través de la

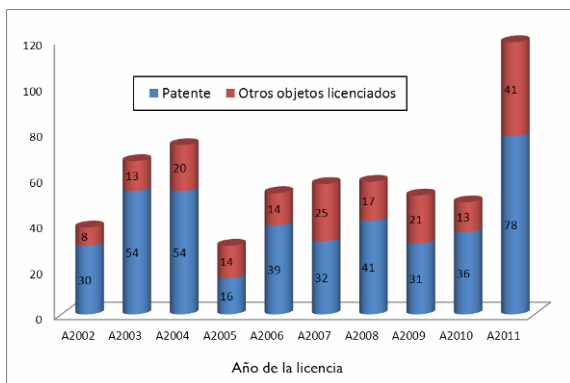
Unidad de Comercialización de la VATC en estos últimos años, han sido, fundamentalmente:

- La participación en ferias tecnológicas nacionales e internacionales que permiten mostrar las tecnologías del CSIC a las empresas asistentes a las mismas, además de permitir conocer el estado de la técnica y nivel de desarrollo del sector industrial y de facilitar la promoción internacional de la institución.
- La actualización permanente de la página web de la VATC del CSIC [7], en la que se incluyen todas las ofertas tecnológicas procedentes de las patentes presentadas por el CSIC para proteger su actividad investigadora.
- La búsqueda proactiva de empresas en los sectores de posible aplicación de la tecnología usando bases de datos, páginas web de las propias empresas, de asociaciones empresariales, plataformas tecnológicas, etc.
- Uso de las herramientas proporcionadas por la red europea *Enterprise Europe Network* (EEN, 2012) de la cual el CSIC es socio. Esta red financiada por la Comisión Europea, dentro del Programa Marco de Competitividad e Innovación (CIP), en el que participan los 27 países miembros de la Unión Europea, además de 15 países que no pertenecen a la UE, entre ellos México, Chile, Turquía, EE.UU, China, Japón, Rusia y Corea del Sur, tiene entre sus objetivos el fomento de la transferencia de tecnología transnacional, entre dos o más países de la red, uniendo oferta y demanda tecnológica. En la red participan más de 500 instituciones a través de los nodos o consorcios existentes en todas las regiones europeas, y en los países no europeos que participan en la red.

El interés de la Unidad de Comercialización de la VATC es establecer una relación de confianza con las diferentes empresas contactadas a través de estas iniciativas, de forma que establezca un intercambio de información entre la VATC y la empresa con una regularidad determinada. De este modo las empresas tienen acceso a las últimas tecnologías desarrolladas en el CSIC, y éste tiene la oportunidad de promocionar las mismas, así como de obtener información del sector productivo sobre las posibilidades de sus tecnologías en el mercado, lo que resulta de gran utilidad para tomar decisiones referentes al mantenimiento de solicitudes de patentes y a la propia orientación de los proyectos de investigación del CSIC.

La Fig. 2 muestra el número total de patentes y otro tipo de objetos protegidos que han sido licenciados por el CSIC en los últimos diez años. Esta figura permite constatar el éxito de las

estrategias de comercialización desarrolladas en el CSIC. El número de patentes licenciadas por año oscila entre 16 y 78, con una media de 41 patentes licenciadas al año, en los últimos 10 años. En particular se puede observar como en el año 2011 el número de patentes licenciadas aumentó en más de un 100% con respecto del año anterior.



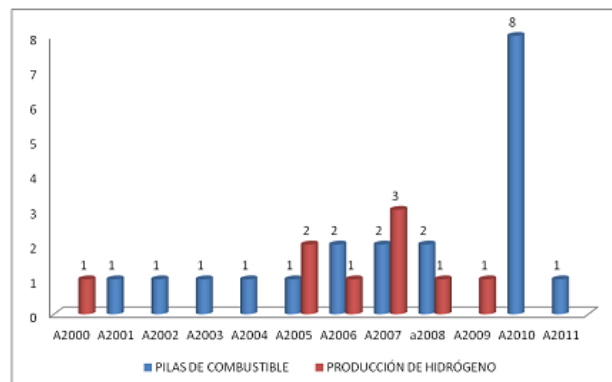
**Fig. 2.** Evolución del número de objetos protegidos mediante patentes u otras formas de protección industrial (secretos industriales, materiales biológicos, etc.) que fueron licenciadas por el CSIC durante los últimos 10 años.

Fruto de todo este trabajo hoy en día se pueden encontrar tecnologías desarrolladas y patentadas en el CSIC en el mercado en forma de productos de diferentes sectores industriales, como el farmacéutico, alimentación, nanotecnología, etc. (Fig. 3).



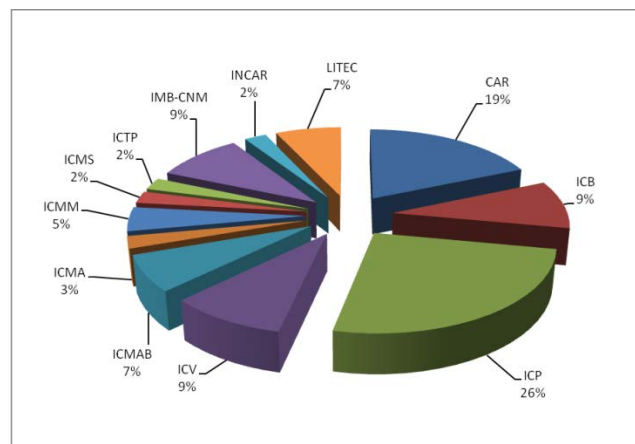
**Fig. 3.** Productos en el mercado procedentes de tecnologías desarrolladas y patentadas en el CSIC

Tal y como muestra la Fig. 4, en el campo concreto de las pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno el CSIC ha patentado un total 29 tecnologías durante los años 2000 al 2011. Se puede observar como durante los 6 últimos años de este periodo el CSIC registró un aumento del 162% en el número de patentes presentadas en pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno comparado con el periodo de tiempo de los 6 años precedentes.



**Fig. 4.** Número de solicitudes de patentes del CSIC desde el año 2000 en pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno.

Estas 29 tecnologías protegidas por patentes fueron desarrolladas por 26 grupos de investigación diferentes de 12 centros de investigación del CSIC. La Fig. 5 muestra la distribución de las patentes presentadas por centros del CSIC. De estas 29 patentes, dos de ellas fueron licenciadas a empresas de España e Italia para su explotación en el mercado.



**Fig. 5.** Distribución de las patentes presentadas por el CSIC en el campo de las pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno por centros e institutos del CSIC

#### 4. CONCLUSIONES

El CSIC ha puesto en marcha, en los últimos años, una estrategia que pretende no sólo incentivar las solicitudes de patentes, sino lograr que estas tengan un éxito real, transfiriéndolas al sector productivo, tanto nacional (preferentemente) como extranjero. Esta estrategia se ha ido mejorando en función de la experiencia y tiene como principal objetivo reforzar las actividades destinadas a la comercialización de las patentes mediante el uso de diferentes herramientas de promoción, la participación en redes internacionales, y la interacción con empresas en las ferias tecnológicas más importantes. Como consecuencia de este trabajo se ha producido un aumento general del número de

tecnologías patentadas y licencias del CSIC. Este aumento también se refleja en el campo de las pilas de combustible y las tecnologías del hidrógeno.

### Agradecimientos

Agradecer a la Comisión Europea la financiación que ha recibido el CSIC dentro de la red *Enterprise Europe Network*, contribuyendo así a promocionar la cartera tecnológica del CSIC en Europa, y facilitando la transferencia de tecnología transnacional.

### Bibliografía

- [1] Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En: <http://www.csic.es>
- [2] Real Decreto 1730/2007 de 21 de diciembre (BOE de 14 de enero de 2008), artículo 4.
- [3] Real Decreto 1730/2007 de 21 de diciembre (BOE de 14 de enero de 2008), artículo 5.
- [4] Oficina Española de Patentes y Marcas. En: <http://www.oepm.es/es/index.html>
- [5] *Memoria de Actividades 2011. Propiedad Industrial y Empresa*, Oficina Española de Patentes y Marcas. En: [http://www.oepm.es/es/sobre\\_oepm/actividades\\_estadisticas/memorias\\_actividades/index.html](http://www.oepm.es/es/sobre_oepm/actividades_estadisticas/memorias_actividades/index.html)
- [6] *Principales solicitantes PCT*, World Intellectual Property Organization. En: [www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/pct/xls/y\\_top\\_applicants.xls](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/pct/xls/y_top_applicants.xls)
- [7] Página web con la oferta tecnológica del CSIC actualizada y presentada por sectores de aplicación. En: <http://www.csic.es/web/guest/oferta-tecnologica>