

PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN  
[2011 - 2015]

**Edita:** Fundación para el Desarrollo  
de Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

**Autor:** Fundación para el Desarrollo  
de Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

**Diseño y Maquetación:** Línea Diseño Industrial y Gráfico.

**Imprime:** Tipolínea. Artes Gráficas y Comunicación.

**ISBN:** 978-84-8380-240-3

**D.L.:** Z-3225-2010

© Prohibida su reproducción total o parcial.

# ÍNDICE

PREFACIO	4
INTRODUCCIÓN	8
GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES	32
GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS	46
ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN	60
PILAS DE COMBUSTIBLE	74
AUTOMOCIÓN	90
IMPACTO SOCIOECONÓMICO	104
CONCLUSIONES	120
AGRADECIMIENTOS	126
BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS	138



# PREFACIO

# PREFACIO



El caminante que emprende un viaje sabe que éste tiene etapas, que hay que andarlas una a una hasta el destino, y que cada etapa supone una breve mirada atrás, una sensación reconfortante de haber conseguido otro hito, y una mirada esperanzada hacia la siguiente. Estamos precisamente en dicha situación con esta apasionante temática de la energía del hidrógeno y las pilas de combustible. Hace cuatro años la labor de análisis y reflexión de sesenta personas dio como fruto el Plan Director del Hidrógeno en Aragón, apoyado por el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón a través de diversas medidas y unos dos millones y medio de euros en ayudas, y que marcaba claramente un horizonte de corto plazo hacia 2010. Se han conseguido muchos logros aunque también el entorno ha variado, por lo que procede redibujar dicho escenario en el que nos hemos de mover, medir de nuevo nuestras fuerzas, y revisar la validez de las hipótesis de partida.

Es innegable el avance realizado y la implicación de las empresas, que en muchos aspectos no nos atrevíamos a soñar hace cuatro años. La propia lectura de este Plan es prueba de ello. La tecnología continúa mejorando en fiabilidad, se dispone de infraestructuras en Aragón, se ha ganado en conocimiento y experiencia, en relaciones con el resto del mundo, el Patronato de la Fundación sigue creciendo – actualmente somos 64 patronos -, y se nos reconoce, a todos, como un lugar en el que se trabaja bien, se tienen las ideas claras y se apuesta por estas tecnologías. Porque este va a ser un negocio global desde el principio. Y tendremos que competir con los países tradicionalmente más tecnológicos y con los emergentes tradicionalmente más competitivos. Porque el premio para los que perseveren y medren será un mercado en todo el mundo. Porque aún se está a tiempo, es evidente que aún no está todo decidido.

La nueva etapa que marca esta revisión del Plan Director pretende cubrir de nuevo un corto plazo a cinco años, manejable, que nos permite hacer proyecciones y medir el avance conforme se progresa. En este tiempo la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, o la JTI como la denominamos más familiarmente, habrá dado ayudas a proyectos por aproximadamente 350 millones de euros repartidos en las cuatro convocatorias anuales pendientes. Durante ese periodo los fabricantes de automóviles nos hablan de comenzar su fabricación en serie, establecida en 2015 por varios de los más relevantes.

Y también veremos el desarrollo de la infraestructura básica de repostaje - hidrogeneras - en países tan relevantes como Alemania o los países escandinavos. Debemos de atender a estas señales y perseverar en el trabajo bien encaminado. No es de menor importancia que en 2016 Zaragoza será el escaparate mundial de la tecnología, con la celebración del vigesimoprimer congreso mundial de la energía del hidrógeno. ¡Qué mejor ocasión vamos a presenciar que ésta!

Sabemos que en 2015 aún quedará mucho camino, porque Europa está mirando hacia 2020 como fecha de referencia para la evolución del escenario energético, con sus bien conocidos objetivos de 20% de mejora de eficiencia, 20% de energías renovables y 20% de reducción de emisiones. Un plazo que no es tan largo, sobre el que se necesitan acciones desde ahora, y en el que todas las tecnologías tienen cabida a priori, por supuesto entre ellas las pilas de combustible y el hidrógeno.

Vivimos un momento único. Duro, incierto y crudo por una parte, en el que más que nunca las buenas ideas, el esfuerzo y el trabajo en cooperación son claves para el éxito. También debemos reconocer la oportunidad que nos brinda la situación, con el reto energético global y el reto propio de conducir nuestra economía - nuestra sociedad - hacia un modelo de mayor valor del conocimiento, más tecnológico y, en definitiva, más industrial.

Quiero reiterar por último mi agradecimiento a todos los que han hecho posible esta primera etapa - patronos, empresarios, tecnólogos, colaboradores en la Fundación - , y especialmente a los que, desinteresadamente, han aportado sus ideas, su esfuerzo y su tiempo en esta necesaria labor de actualización de nuestra hoja de ruta, el Plan Director del Hidrógeno en Aragón. Les pido a todos que juntos emprendan la nueva etapa mirando con confianza al futuro.

Zaragoza, a 1 de marzo de 2011



**Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López**

Consejero de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón

Presidente de la Fundación para el Desarrollo las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón

00.

# INTRODUCCIÓN

# 00. INTRODUCCIÓN

Las principales fuentes de energía utilizadas hoy en día por la sociedad, carbón, petróleo y gas natural, se encuentran bajo un profundo análisis debido principalmente a dos características propias: son combustibles fósiles y contienen carbono. Al ser fósiles, con el ritmo actual de consumo, en el que la tasa de extracción es varios órdenes de magnitud superior a la de regeneración, llegará el día en que no estarán disponibles. Por otro lado, el hecho de que contengan carbono en su composición provoca que su combustión genere dióxido de carbono, reconocido gas con efecto invernadero e influyente sobre el



cambio climático. Para añadir mayor complejidad a la escena, tanto el petróleo como el gas natural se encuentran concentrados en pocas regiones del planeta, además políticamente complejas, lo que provoca una alta inestabilidad en los precios.

Sea por una causa u otra, la racionalidad en el consumo energético y la diversificación de las fuentes de energía son vitales para países con escasos recursos fósiles. En este sentido, no hay muchas alternativas como fuentes de energía a largo plazo: o es el sol o son los isótopos radiactivos. Aun suponiendo que se disponga de energía sostenible, cubrir la demanda de electricidad no basta. Se necesita un "vector energético", es decir, un medio de almacenar energía para su transporte. En este marco, el hidrógeno surge como un vector flexible y respetuoso con el medio ambiente y con un mercado amplio y sustitutivo en muchos sectores de la economía lo que vislumbra una oportunidad de negocio para muchas entidades.

A día de hoy, el impulso y la búsqueda de tecnologías alternativas, entre ellas las tecnologías del hidrógeno, pueden ser la clave para reducir la dependencia energética en muchos países. Pero esto no es sencillo, es necesario trabajar e invertir recursos para superar muchos desafíos científicos, técnicos, sociales y políticos.

Cuando hablamos de tecnologías del hidrógeno, hablamos de tecnologías en continuo desarrollo, con un gran número de aplicaciones y de sectores empresariales involucrados, que permiten abrir nuevos huecos de mercado. Estas tecnologías son una oportunidad para incrementar la capacidad innovadora de las grandes empresas y pymes, como elemento de mejora de la productividad, de la competitividad empresarial y del fortalecimiento del tejido productivo, y todo esto alineado con la estrategia europea de innovación

y desarrollo sostenible, donde es patente que la necesidad de desarrollar nuevos negocios y proyectos para la supervivencia y el éxito de las empresas de ámbito nacional, europeo y, por supuesto, regional.

Resulta imprescindible para todos los sectores relacionados anticiparse y estar preparados para no quedarse fuera de los incipientes mercados que ya están surgiendo en torno al hidrógeno y las pilas de combustible. Con estas premisas se deben promover actividades para:

- Aprovechar las oportunidades de las nuevas tecnologías del hidrógeno para fortalecer la actividad tecnológica e industrial a nivel regional, contribuyendo a minimizar el riesgo de deslocalización debido a la importancia del sector industrial de la automoción en la región e impulsar otros sectores que pueden encontrar una oportunidad para diversificar sus productos y servicios.
- Conectar a las distintas entidades (grandes empresas, pymes, centros de investigación...) con Europa y con las nuevas tecnologías del hidrógeno y su integración con las energías renovables.
- Concentrar actividad en un sector estratégico, según se indica en el Plan Nacional de I+D+i 2008 – 2011: ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO, con la ventaja adicional de que Aragón, por su territorio, su tejido empresarial y su ritmo de crecimiento, permite orientar la I+D+i en energía a una aplicación directa tanto a nuevos productos, bienes y servicios, como al beneficio directo de la sociedad (desarrollo sostenible y cambio climático).

# 00. INTRODUCCIÓN

La innovación y el fortalecimiento empresarial pueden convertir las amenazas en oportunidades a través del lanzamiento de proyectos e iniciativas que abran nuevas líneas de negocio. En ningún otro sector es más cierto que en el de hidrógeno y pilas de combustible.

## ÁMBITO EUROPEO

Europa ha identificado las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible como sector estratégico dentro de la I+D+i, y ha constituido una de las 5 Iniciativas Tecnológicas Conjuntas en este tema (la única en energía). Esta Iniciativa Tecnológica Conjunta en Hidrógeno y Pilas de Combustible ("Joint Technology Initiative for Hydrogen and Fuel Cells" – FCH JTI –, también llamada Joint Undertaking – FCH JU –) propuesta por la Comisión Europea a partir del trabajo de la ahora extinta Plataforma Europea del Hidrógeno y Pilas de Combustible y de las Plataformas Nacionales, tiene el objetivo de gestionar los presupuestos de dicho programa en hidrógeno y pilas de combustible, y es un consorcio público-privado con un programa determinado de investigación aplicada y de desarrollo de tecnología.

El programa de la JTI trata de alinearse con los programas nacionales de los Estados Miembros, regiones europeas u otros programas internacionales en hidrógeno y pilas de combustible. El objetivo principal es identificar las posibilidades para la cooperación global en beneficio mutuo.

La JTI está formada por un Grupo de Investigación (Research Grouping), constituido por la asociación N.ERGHY que reúne a los centros de I+D europeos punteros en estas materias, y por un Grupo Industrial (Industry Grouping) que es la asociación New Energy World, participado por empresas activas en el sector, y por la Comisión Europea. El Grupo Industrial y la Comisión tienen el compromiso de aportar a partes iguales un

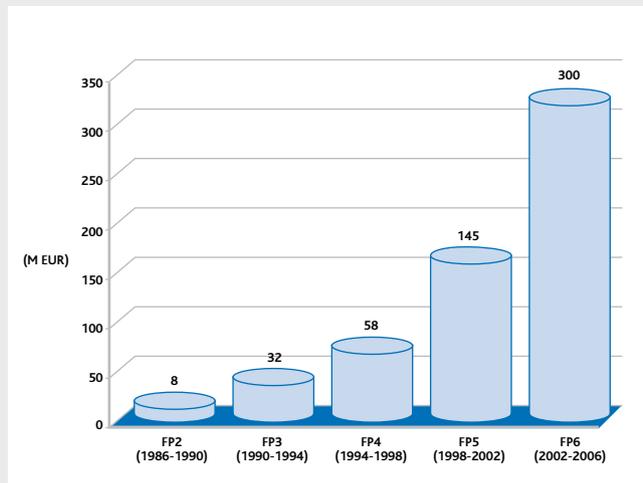
Foto: Xavier Häpe



presupuesto de 940 millones de euros a la JTI, destinado íntegramente a las tecnologías del hidrógeno.

- A día de hoy más de 45 empresas europeas forman parte del Industry Grouping (New-IG) de las cuales solamente hay 4 españolas.
- En cuanto al Research Grouping de la JTI (N.ERGHY), la participación española es mayor, formando parte de éste 12 entidades, en su mayoría centros de investigación. La Fundación del Hidrógeno en Aragón pertenece a este grupo y actualmente forma parte de su Junta Directiva.

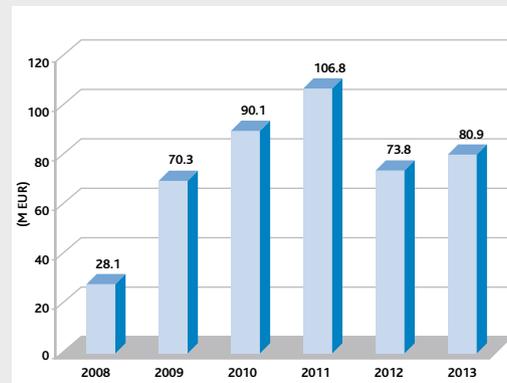
### F.01 Evolución de presupuestos a proyectos de Hidrógeno y Pilas en Programa Marco.



El presupuesto global de la JTI asciende actualmente a 940 millones de euros, de los cuales el 50% lo aportará la Unión Europea (Comisión Europea, Estados Miembros y Regiones) y el otro 50% lo aporta la industria.

Respecto a las temáticas específicas de hidrógeno y pilas de combustible, en los últimos años ha habido una evolución de los presupuestos asignados, habiéndose invertido en el último Programa Marco (2002-2006) en torno a 300 M€. En el nuevo Programa Marco (2007-2013) se han superado estas cantidades con creces.

### F.02 Reparto del presupuesto de la JTI por años en 7º PM.



Si nos fijamos ahora en los resultados publicados en la resolución de la convocatoria de la FCH JU 2008, de un total de 16 proyectos aprobados, solamente en tres proyectos aparecen entidades españolas como socios, por lo que es necesario crear consorcios fuertes, con la potencialidad de que ya disponemos, para tener mayor presencia y retornos a nivel europeo.

# 00. INTRODUCCIÓN

En este punto, también hay que destacar la Asociación de Municipios y Regiones Europeas en Hidrógeno y Pilas de Combustible (HyRaMP), fundada en abril del 2008, cuya misión es proporcionar a los Municipios y Regiones Europeas un órgano representativo que pueda ser coherente, distinguible e influyente ante la FCH JTI y entes de interés en la toma de decisiones a nivel público y privado. Esta Asociación permite a sus miembros desempeñar un papel clave en la implementación de las estrategias que apunta la JTI. Actualmente, el Gobierno de Aragón es miembro de HyRaMP y de su Junta Directiva, reiterando de esta forma el interés regional por estas tecnologías.

## OBJETIVOS Y METAS EN EUROPA

El objetivo de investigación en energía bajo el Séptimo Programa Marco (FP7, 2007-2013) es adaptar el sistema actual energético para que sea más sostenible, competitivo y seguro. En este sentido, de nuevo una de las actividades priorizadas en el FP7 es el hidrógeno y las pilas de combustible como se ha visto anteriormente.

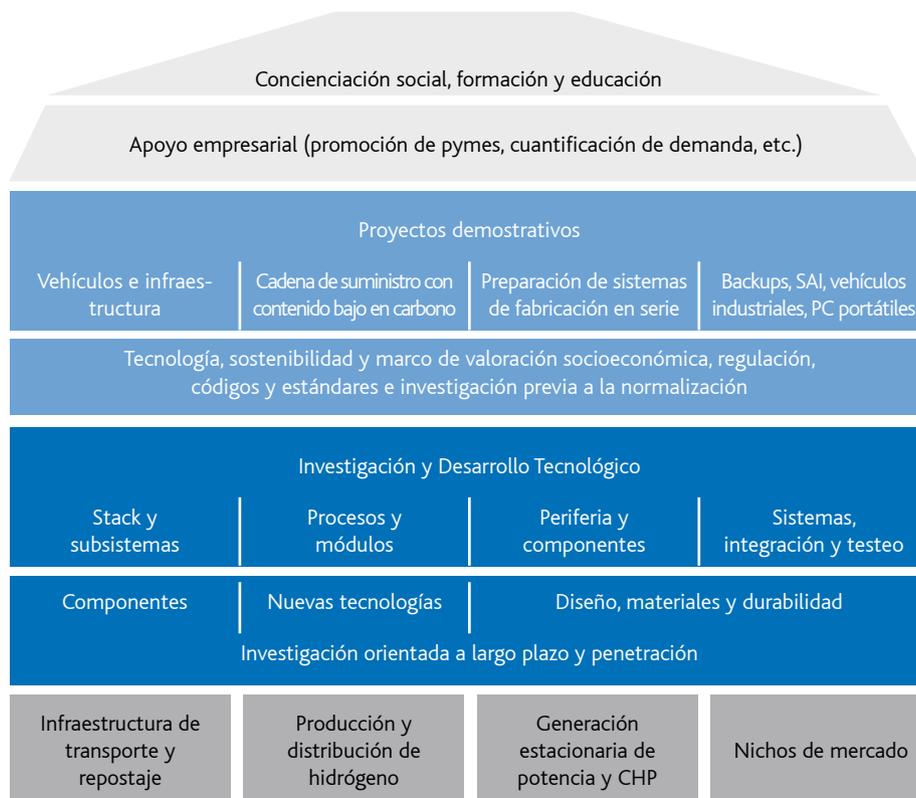
Ya en enero de 2004, siguiendo las recomendaciones del Grupo de Alto Nivel (High Level Group), la Comisión Europea creó la Plataforma Europea del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (HFP – European Hydrogen & Fuel Cell Technology

Platform), una asociación de más de 300 grupos de interés cuyo cometido era preparar y dirigir una estrategia efectiva para llevar el hidrógeno y las pilas de combustible al mercado con el objetivo de beneficiarse de su gran potencial económico y medioambiental.

La actualmente desaparecida HFP fijó unos objetivos a medio plazo que se han situado en 2020. Según sus previsiones, para entonces se venderán en Europa entre 400.000 y 1.800.000 coches de hidrógeno al año, alrededor de 250 millones de pequeños dispositivos electrónicos de pila de combustible (con una potencia media de 15 W) y 100.000 generadores eléctricos portátiles (10 kW); además habrá ya entre 100.000 y 200.000 sistemas de generación de electricidad domésticos (de unos 3 kW de potencia media) e industriales (350 kW) basados en estas tecnologías.

Asimismo, según numerosos estudios y proyectos de prospectiva, como el proyecto **HYWAYS**, el estudio de prospectiva de la OPTI "Hidrógeno y Pilas de Combustible", el proyecto **Roads2HyCom**, y las previsiones de la desaparecida Plataforma Europea del Hidrógeno en el "Deployment Strategy" y en el "Implementation Plan – Status 2006", se espera que estas tecnologías se vayan introduciendo a diferentes ritmos, que actualmente han sido fijados para el periodo 2008-2013 en el MAIP (Multi Anual Implementation Plan) aprobado por la FCH JU en Mayo de 2009 y en el que se marcan las líneas prioritarias a nivel europeo de investigación y desarrollo tecnológico para el 7º Programa Marco que van a ser financiadas.

### F.03 Estructura del Plan de Implementación Multianual (MAIP de la FCH JU).



Se han marcado unos objetivos y metas ambiciosos en las cuatro áreas de aplicación y en las actividades intersectoriales (transversales) tras una evaluación exhaustiva realizada principalmente por los grupos de trabajo, integrados por representantes de la industria y de los grupos de investigación y en consenso con la Comisión Europea. Los objetivos más importantes se presentan en la tabla que se muestra a continuación.

# 00. INTRODUCCIÓN

Los objetivos son cualitativos y cuantitativos con el fin de evaluar el progreso de la FCH JU. También representan puntos de decisión para reflexionar sobre el futuro de los presupuestos, incluyendo la redirección de actividades si se da el caso. Por lo tanto, estos objetivos son revisados periódicamente:

## F.04 Objetivos y metas del MAIP (Plan de Implementación Multianual).

Área de aplicación	Objetivo 2010	Objetivo 2015	
		Volumen	Coste y tecnología
Infraestructura de transporte y repostaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 vehículos de carretera adicionales (en una localización), junto con desarrollo móvil en lugares con estaciones de servicio de hidrógeno capaces de repostar hasta 50 vehículos.</li> <li>• 20 buses en 3 localizaciones con la capacidad de repostaje necesaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 vehículos ligeros (turismos principalmente) en 3 localizaciones adicionales con 3 nuevas estaciones.</li> <li>• 500 autobuses en 10 localizaciones europeas (al menos 7 nuevas) con estaciones de repostado cuya capacidad diaria sea superior a 400kg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste del sistema: 100 €/kW.</li> <li>• Durabilidad de vehículos: 5000 horas.</li> <li>• Hoja de ruta europea para el establecimiento de estaciones de servicio de hidrógeno comerciales.</li> </ul>
Producción y distribución de hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de suministro de hidrógeno adecuada (incluyendo el proceso de purificación del combustible) para cumplir con los requisitos del sector transporte, de las aplicaciones estacionarias y de los mercados nicho. Para el 2015, entre el 10 - 20% de la demanda de hidrógeno debería ser cubierta a partir de procesos de producción de carácter renovable .</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste del hidrógeno distribuido a estaciones de repostado &lt;5€/kg (0,15€/kWh).</li> <li>• Mejora de la densidad energética almacenada (9% en peso de hidrógeno).</li> </ul>
Generación estacionaria de potencia y cogeneración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 - 7 MW instalados en la UE para demostración pre-comercial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 MW instalados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coste entre 4.000 - 5.000 €/kW para micro-cogeneración.</li> <li>• Coste entre 1.500 - 2.500 €/kW para unidades industriales/comerciales.</li> </ul>
Nichos de mercado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 nuevas unidades en el mercado de la UE:</li> <li>• 50 SAI/sistemas de respaldo.</li> <li>• 20 vehículos industriales y especiales.</li> <li>• 400 pilas de combustible para aplicaciones portátiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14.000 unidades en el mercado de la UE:</li> <li>• 1.000 SAI/sistemas de respaldo.</li> <li>• 500 vehículos industriales y especiales.</li> <li>• 12.000 - 13.000 pilas de combustible para aplicaciones portátiles.</li> </ul>	

Como conclusiones principales que derivan de esta tabla se puede indicar que las pilas de combustible tienen una previsible aplicación en transporte y aplicaciones portátiles (móviles, ordenadores, etc.) y en generación de calor y electricidad, tanto a pequeña escala (viviendas unifamiliares) como gran escala (centrales de potencia e industrias).

El grado de desarrollo tecnológico de las pilas de combustible hace pensar que esta opción es bastante probable que tenga éxito, y de hecho las principales marcas automovilísticas han presentado en los últimos años prototipos de coches propulsados por hidrógeno. Las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible suponen una oportunidad para mantener una actividad industrial de alto valor añadido e innovadora, que mantenga la competitividad de nuestras empresas frente a terceros países.

El diseño y fabricación de sistemas basados en pilas de combustible supone implicar a una cadena industrial muy amplia, desde los fabricantes de componentes y materiales, hasta el integrador (que pone un producto en el mercado con una determinada función) e incluso el reciclado (las pilas PEM tienen un gran contenido en platino y otros metales preciosos).

En paralelo a las pilas de combustible, están fijados los objetivos relacionados con el desarrollo de tecnologías de producción, almacenamiento y logística de hidrógeno que deben ser impulsados en paralelo para obtener al final la infraestructura y tecnologías necesarias que faciliten su implementación.

Por todo lo anteriormente expuesto, no es de extrañar que en el Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, dentro del Programa Nacional de Energía en el apartado de fomento de las energías renovables y tecnologías emergentes, estén incluidas las pilas de combustible.

## ÁMBITO NACIONAL

A nivel nacional son muchas las iniciativas y proyectos que se han lanzado relacionados con las tecnologías del hidrógeno. La potencialidad de estas tecnologías viene muy bien reflejada si atendemos a los siguientes datos: a nivel nacional encontramos dos Asociaciones Nacionales (la Asociación Española del Hidrógeno, AeH2, y la Asociación Española de Pilas de Combustible, APPICE) y una Plataforma Tecnológica (la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible, PTE HPC) las cuales agrupan a más de 100 empresas y centros de investigación que están trabajando en tecnologías del hidrógeno. Tanto el Gobierno de Aragón como la Fundación del Hidrógeno en Aragón son miembros de las tres entidades, y participan en los órganos de gobierno de las mismas, colaborando activamente en las actividades de promoción y difusión de estas tecnologías. Otras entidades de la Comunidad como el Instituto de Carboquímica del CSIC, la Fundación CIRCE, la Universidad de Zaragoza, el LITEC o el Instituto de Nanociencia de Aragón, también forman parte de alguna de las Asociaciones o Plataformas indicadas anteriormente.

En el marco del programa INGENIO 2010 e integrado en el Mapa de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS), el Ministerio de Educación y Ciencia firmó en 2007 un convenio de colaboración con la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, para la creación de un Centro Nacional de Experimentación en Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible, con sede en Puertollano (Ciudad Real). El presupuesto de desarrollo del proyecto es de 130 millones de euros para los próximos 15 años y se espera que sus instalaciones estén construidas para 2012.

# 00. INTRODUCCIÓN

El Centro estará dedicado a la investigación científica y tecnológica en todos los aspectos relativos a las tecnologías del hidrógeno y pilas del combustible, estando al servicio de toda la comunidad científica y tecnológica nacional y abierto a la colaboración internacional. Queda de esta forma patente el interés que hay por el desarrollo de estas tecnologías.

En los últimos años son muchos los proyectos que se han aprobado en España relacionados con las tecnologías del hidrógeno, lanzados a título personal por distintas empresas o centros de investigación. Sin embargo, en este sentido todavía queda por dar una serie de pasos para que España disponga de una estructura de apoyo sólida para estas tecnologías de tal forma que le permita convertirse en una referencia mundial en el ámbito del hidrógeno. Estos pasos deberían ir orientados, en primer lugar, hacia la creación de programas nacionales específicos para proyectos de hidrógeno y pilas de combustible, como existen en países como EE.UU, Canadá o Japón, y más adelante, hacia la creación de consorcios nacionales público – privados, similares a la actual JTI europea, que ya se han puesto en marcha en Alemania, país que va a destinar 1400 millones de euros para el despliegue de estas tecnologías durante el periodo 2007 – 2016.

Asimismo, es importante desarrollar productos y servicios de alto componente tecnológico a nivel nacional, y no menos importante a nivel regional, presentándose la Fundación del Hidrógeno en Aragón como una entidad para coordinar esfuerzos y aprovechar las oportunidades que se puedan presentar en la región.



Inauguración del III Congreso Nacional de Pilas de Combustible CONAPPICE celebrado en Zaragoza, septiembre de 2008.

A nivel nacional son muchas las iniciativas y proyectos que se han lanzado relacionados con las tecnologías del hidrógeno

## ÁMBITO REGIONAL

El Gobierno de Aragón incluyó en sus compromisos de la legislatura 2007-2011 la investigación y el desarrollo tecnológico en torno al hidrógeno, que ha situado a la región como uno de los territorios de referencia en esta materia.

Además, la iniciativa de desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón quedó recogida como una línea estratégica clave tanto en el II Plan Autonómico de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Conocimientos de Aragón 2005-2008, como en el Plan Energético de Aragón 2005-2012 y actualmente en las líneas de actuación de la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL).

### Fundación del Hidrógeno en Aragón

El principal instrumento que el Gobierno de Aragón puso en marcha es la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón (FHa), la cual tiene por objeto principal el desarrollo de las nuevas tecnologías relacionadas con el hidrógeno, las energías renovables y la promoción de la incorporación de Aragón a las actividades económicas relacionadas con la utilización del hidrógeno como vector energético. Para ello podrá llevar a cabo la organización, gestión y ejecución de todo tipo de actuaciones a fin de generar, almacenar, transportar el hidrógeno para su utilización en pilas de combustible, en aplicaciones de transporte o para la generación de energía distribuida. De este modo propiciará la investigación, desarrollo tecnológico, cogeneración, adaptación industrial, contribuyendo a la modernización industrial y la mejora de la competitividad. Se favorecerá la implantación de proyectos basados en energías sostenibles que propicien la innovación tecnológica y promuevan la sostenibilidad energética y medioambiental. Actualmente son 64 las entidades que forman parte de su Patronato las cuales pertenecen a distintos sectores de interés.



Representantes del Patronato de la Fundación tras la reunión celebrada en Zaragoza el 28 de noviembre de 2008. Nombramiento de D. Emilio Domingo, antiguo representante de AirLiquide, como Patrono de Honor a título póstumo.

# 00. INTRODUCCIÓN



Patronato de la Fundación del Hidrógeno en Aragón (2010).

Desde su creación, la Fundación del Hidrógeno en Aragón ha propiciado el lanzamiento de más de 30 iniciativas y proyectos regionales, nacionales y europeos apoyados por financiación pública de investigación y desarrollo tecnológico en el que se han visto involucradas un gran número de grandes empresas y pymes, trabajando en colaboración con los centros de investigación.

A continuación se presenta un listado de los principales proyectos cofinanciados con ayudas públicas que se han llevado a cabo o se han lanzado durante el periodo de vigencia del anterior Plan Director del Hidrógeno en Aragón:

#### **F.05 Listado de proyectos cofinanciados con ayudas públicas desarrollados en el periodo 2007 - 2010**

<b>Título del proyecto/ contrato</b>	<b>Expediente</b>	<b>Entidad financiadora</b>	<b>Periodo</b>
Generación de Hidrógeno a partir de Fuentes de Energía Renovables (ITHER).	PCT-A22266217-2005	MEC PROFIT Parques.	2005-2007
Seminario de Energías Renovables de ámbito internacional.	PCT-A22266217-2006	MEC PROFIT Parques.	2006-2007
VITHA: Vigilancia Tecnológica en nuevas tecnologías del Hidrógeno para las pymes Aragonesas.	PCCP/2006/42	MITYC. Plan consolidación pyme.	2006-2007
NECATECH, Identificación de la necesidad y capacidad tecnológica innovadora de una agrupación de pymes aragonesas para definir desarrollos en convocatorias europeas de hidrógeno y pilas de combustible.	AR/COPA/07/130	MITYC. INNOEMPRESA 2007.	2008
HYTETRA: Transferencia Tecnológica en Hidrógeno.	INN7/ 030625	6º Programa Marco UE.	2006-2008
H2-Training: Diseño curricular en hidrógeno y experiencia piloto en formación profesional.	ES/06/B/F/PP-149461	Agencia Europea Leonardo.	2006-2008
CONAPPICE 2008. Congreso Nacional de Pilas de Combustible.	ACC-120000-2007-2	MEC. Acciones Complementarias.	2007-2008
PERCEPTHY, Estructura de divulgación de tecnologías del hidrógeno y su integración con energías renovables.	CCT005-07-00647	FECYT, Año de la Ciencia 2007.	2007-2008

# 00. INTRODUCCIÓN

(continuación de la tabla)

Proyecto SPHERA: Soluciones a la Producción de Hidrógeno Energético y Reconversión Asociada.	N/A	Proyecto CENIT (CDTI), subcontratación por empresas como centro de I+D.	2007-2010
Proyecto HIDROMED: Instrumentación de medición de hidrógeno en hidruros.	IAP-560410-2008-30	MICINN. Programa Nacional de Proyectos de Investigación Aplicada.	2008-2009
Optimización del balance de planta de pilas de combustible tipo PEM.	ENE2008-06697-C04-02 / CON	MICINN. Plan Nacional de I+D fundamental.	2008-2009
Proyecto DEBEH2: Desarrollo del Balance de Planta de un Electroliizador Alcalino de alta presión para su integración con la Energía Eólica.	DEX-560620-2008-112	MICINN. Desarrollo Experimental - Industrial.	2008-2009
Proyecto ALMAHI: Estudio de viabilidad técnica para definir una serie de pruebas y ensayos para pilas de combustible de baja y media potencia, equipos en el ámbito de almacenamiento, distribución y transporte de hidrógeno.	PPT-440000-2008-6	MICINN. Subprograma de Investigación aplicada colaborativa en la modalidad de proyectos realizados en Parques Científicos y Tecnológicos.	2008-2009
Vehículo - herramienta multipropósito teleoperado con tracción integral y sistema de propulsión basado en pila de combustible.	CIT-370000-2008-11	MICINN. Área de Transporte y Aeroespacial.	2008-2010
Proyecto GEHRE: Gestión de parques eólicos con apoyo de hidrógeno para aumentar el porcentaje de penetración en la Red Eléctrica.	ECC-590000-2008-145	MITYC	2008-2011
Proyecto EVIDOS: Estudio de Viabilidad Técnica para el Desarrollo de Pilas de Combustible de Óxido Sólido portátiles.	ECC-590000-2008-100	MITYC	2008-2009
Formula Zero.	N/A	Gobierno de Aragón.	2007-2009
Proyecto HYRREG: Plataforma Generadora de Proyectos y Hoja de Ruta del Hidrógeno en el Sudoeste Europeo.	SOE1/P1/E100	Programa Interreg IVB SUDOE.	2009-2011
Proyecto SINTER: Sistemas Inteligentes Estabilizadores de Red.	PEN-120000-2009-14	MICINN. Convocatoria extraordinaria de proyectos singulares estratégicos en energía.	2009-2010

(continuación de la tabla)

Plan 2009 Unidad Cultura Científica.	FCT-09-56. FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. 2009.	2009
Integración de placas fotovoltaicas y tecnologías del hidrógeno en aislada.	AQ-11	Aquitania-Aragón Cooperación. DGA presidencia.	2009
Subvención a personal técnico de apoyo.	PTA2008-0967-I	MICINN. Recursos Humanos.	2009-2011
Proyecto ZeroHyTechPark: "Zero emissions using renewable energies and hydrogen technologies in building and sustainable mobility in Technology Parks".	LIFE08 ENV/E/000136	Programa LIFE+ de la Unión Europea.	2010-2013
Celdas microtubulares de óxido sólido para pilas de combustible y electrolizadores de vapor.	MAT2009-14324-C02-02 (subprograma MAT)	MICINN. Proyectos de Investigación Fundamental no Orientada.	2009-2011
Proyecto Ecotrans, tecnologías ecológicas para el transporte urbano.	N/A	Proyecto CENIT (CDTI). Subcontratación por IDOM Zaragoza.	2009-2011
Proyecto EOLO: Consecuencias de la integración de turbinas eólicas en la red de distribución y de transporte eléctricos.	CTPR03/09	Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad, Gobierno de Aragón.	2010-2011
AEI en nuevas tecnologías del hidrógeno.	AEI2009L1AR003	MITYC. Programa de apoyo a Agrupaciones Empresariales Innovadoras.	2009-2010
Integración de una instalación solar térmica con el sistema de calefacción existente.	1501A00103HU10 / 00193	Gobierno de Aragón e IDAE.	2010
Proyecto Hyprofessionals: Development of educational programmes and training initiatives related to hydrogen technologies and fuel cells in Europe. Coordina FHA.	Nº 256758	HFC JTI 7º Programa Marco.	2010-2012
Proyecto SHEL, Sustainable Hydrogen Evaluation in Logistics.	Nº 256837	HFC JTI 7º Programa Marco.	2010-2013

# 00. INTRODUCCIÓN

La Fundación del Hidrógeno en Aragón también ha trabajado estrechamente con otras entidades llevando a cabo proyectos internos de desarrollo tecnológico, estudios de viabilidad y actividades transversales de difusión y formación, todas ellas alineadas con las líneas estratégicas marcadas en el anterior Plan. Todo ello ha permitido que la Fundación del Hidrógeno en Aragón haya adquirido un gran conocimiento de la tecnología, que Aragón se haya posicionado en Europa y que haya sido reconocida a través de distintos premios:

- Premio Jaulín a la Defensa de la Naturaleza por el Ayuntamiento y la Asociación Cultural de Jaulín. 2005.
- Premio VENDOR en la categoría de Desarrollo de Energías Alternativas por el Club de Marketing de Aragón. 2006.
- Premio Nacional de Ingeniería Industrial 2007, en la categoría de Proyecto de Ingeniería, para el proyecto Infraestructura y Tecnología del Hidrógeno y Energías Renovables (ITHER) por la Junta de Decanos del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales.
- Premio Innovación Tecnológica por la Asociación Aragón Exterior, ARAGONEX. 2008.
- Premio Eficiencia Energética por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, CIRCE. 2009.
- Premio de la Agencia Internacional de la Energía IIA AEI a Proyectos 2010.

Ceremonia de entrega del premio de la Agencia Internacional de la Energía al proyecto IHER de manos del Presidente del Comité Ejecutivo del Hydrogen Implementing Agreement de la Agencia Internacional de la Energía al Ilmo. Sr. D. Javier Navarro Espada, vicepresidente de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Essen (Alemania), mayo de 2010.





Recepción de Sus Altezas Reales los Príncipes de Asturias al Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López en la entrega del Premio Nacional de Ingeniería Industrial 2007 al proyecto ITHERR.

# 00. INTRODUCCIÓN

La Fundación del Hidrógeno en Aragón es líder de la Task 24 "Wind Energy and Hydrogen Integration" y de la Task 18b "Integrated Systems Evaluation" de la Agencia Internacional de la Energía, y colabora en otras Tasks.

Igualmente pertenece al Comité Técnico de Normalización en Tecnologías del Hidrógeno AENOR/CTN 181 donde contribuye a la elaboración de normativa en tecnologías del hidrógeno en estándares internacionales. La Fundación del Hidrógeno en Aragón cuenta con la certificación en Vigilancia Tecnológica de AENOR, Norma 166006-EX, renovada por 3 años más en abril de 2010.

Dentro de las actividades actuales, hay que remarcar que la Fundación del Hidrógeno en Aragón ya tiene acuerdos de colaboración de desarrollo tecnológico con tres entidades europeas:



Jeremy Rifkin recibe el título de Patrono de Honor de la Fundación del Hidrógeno en Aragón de la mano de su presidente, el Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga.

- IHT, Industrie Haute Technology, desarrolla en Suiza stacks de electrolizadores alcalinos de alta presión para ser integrados con energía eólica. Uno de estos stacks ha sido cedido a la Fundación del Hidrógeno en Aragón, y entidades aragonesas están desarrollando los componentes del balance de planta y aprendiendo de la tecnología.
- Labtech es una empresa búlgara que desarrolla sistemas de almacenamiento sólido de hidrógeno. La Fundación del Hidrógeno en Aragón tiene un acuerdo de colaboración para el desarrollo y comercialización de hidruros metálicos en España y hay varias entidades involucradas en el estudio del sistema de gestión térmica, medición de hidruros y desarrollo de sistemas de almacenamiento mejorados.
- SRE es una empresa portuguesa fabricante de pilas poliméricas de pequeña potencia (<1kW) con la que se tiene un acuerdo de colaboración para su integración en distintas aplicaciones.

Todas las actividades que se han llevado a cabo desde la Fundación del Hidrógeno en Aragón están alineadas con las líneas estratégicas que se definieron en el anterior Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2007-2010 y las nuevas actividades que se definan en este nuevo Plan permitirán continuar trabajando para la creación de nuevos productos y servicios innovadores a nivel regional, de manera coordinada y con una proyección a nivel europeo.

La línea de actuación de la Fundación responde al fin de favorecer el posicionamiento de las grandes empresas y pymes de la región como compañías capaces de desarrollar tecnologías del hidrógeno gracias a su trayectoria en la industria, el conocimiento generado en los últimos años y su apuesta por las nuevas tendencias en el sector de la energía, industria y automoción. Las acciones de la Fundación contribuyen a la proyección internacional de las empresas, centros de investigación y otras entidades, y en este contexto, la participación en el VII Programa Marco se presenta como una oportunidad inmejorable para alcanzar dicha meta.



Celda del stack de los electrolizadores alcalinos de alta presión desarrollados por IHT.

## OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN

- Disponer de una herramienta para la identificación de oportunidades en tecnologías del hidrógeno detectadas en Aragón y que permita tomar decisiones a nivel institucional, empresarial y académico.
- Identificar las líneas estratégicas para la región y establecer unos planes de actuación y horizonte temporal para el despliegue de las líneas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PLAN

- Revisar el estado de la tecnología, desarrollos actuales, proyectos, empresas del sector, potencial de los centros de investigación, mercados incipientes y definir oportunidades.
- Identificar líneas estratégicas y proyectos específicos para las pymes aragonesas, que representan la base del empleo en Aragón.
- Concretar actuaciones transversales y de soporte: formación, difusión, sensibilización, financiación y políticas necesarias para asegurar el éxito del despliegue de las líneas estratégicas.
- Realizar una proyección a horizontes temporales más largos 2020-2050, definiendo la continuidad de las líneas estratégicas trazadas y asentando las bases para alcanzar esos horizontes.

# 00. INTRODUCCIÓN

## NECESIDADES DE ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE ACTUACIÓN

Para la definición de este nuevo Plan se ha realizado inicialmente una revisión del anterior Plan 2007-2010 en base, por una parte, a los indicadores que en él se marcaron, y por otra, a la valoración de expertos de las líneas estratégicas definidas.

Con respecto a los indicadores de seguimiento fijados en el Plan 2007 - 2010, se recogen a continuación los principales resultados obtenidos:

---

- **Más de 75 proyectos** financiados desde 2007 hasta la fecha relacionados con el hidrógeno en Aragón.

---

- El número de grupos de investigación que desarrolla proyectos sobre hidrógeno en Aragón asciende a 13.

---

- El número total de tesis y publicaciones en el ámbito del hidrógeno en Aragón realizados entre 2007 y 2009 fue de **70** distribuyéndose de la siguiente manera: 21 en 2007, 27 en 2008 y 22 en 2009.

---

- 7 fue el número de patentes relacionadas con hidrógeno solicitadas en Aragón en el año 2009.

---

- Varios miles de alumnos han participado en charlas, cursos formativos y eventos de difusión relacionados con el hidrógeno en los últimos 4 años, **destacando que a lo largo del año 2009 se superó el millar de personas interesadas** en estas tecnologías que visitaron las instalaciones de la Fundación del Hidrógeno en Aragón en Walqa.

---

- **En torno a 185 entidades** han colaborado con la Fundación del Hidrógeno en Aragón en los últimos 4 años, ya sea formando parte de su Patronato, realizando proyectos de forma conjunta o participando de forma activa en los Comités, Asociaciones o Grupos de Trabajo de los que forma parte esta Fundación.

---

- El personal de la Fundación del Hidrógeno en Aragón ha aumentado desde las 6 personas que formaban parte de la entidad a principios de 2007 hasta los **18 profesionales del equipo en 2010**.

---

Posteriormente, se ha llevado a cabo un análisis de información externa, del estado del arte y de las principales tendencias del sector para evaluar las líneas identificadas anteriormente, dando respuesta al último indicador propuesto sobre el grado de cumplimiento de las líneas estratégicas del Plan Director anterior, al que se ha añadido una valoración de oportunidad y perspectiva línea por línea.

Así, se dispone de los indicadores de seguimiento del anterior Plan, de tres indicadores de estado (conocimiento, validez y cumplimiento) y de un indicador de previsión que son valorados por las entidades participantes en la revisión de las líneas estratégicas mediante una encuesta de capacidades e interés, seis mesas de trabajo temáticas y una serie de entrevistas con expertos de empresas y centros de investigación.

En primer lugar, se envió una encuesta a unas 120 entidades aragonesas del ámbito de la industria, consultoría, administración, universidad, formación, etc., potencialmente vinculadas con el sector de las nuevas tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible para evaluar las diferentes líneas definidas en el Plan Director 2007 – 2010 y recabar nuevas propuestas obteniéndose un total de 52 respuestas válidas.

En el mes de mayo de 2010 se celebraron 6 mesas de trabajo participativas, una por cada área temática contemplada en estas tecnologías, en las que participaron 70 expertos de más de 45 entidades diferentes con actividad en la Comunidad Autónoma.

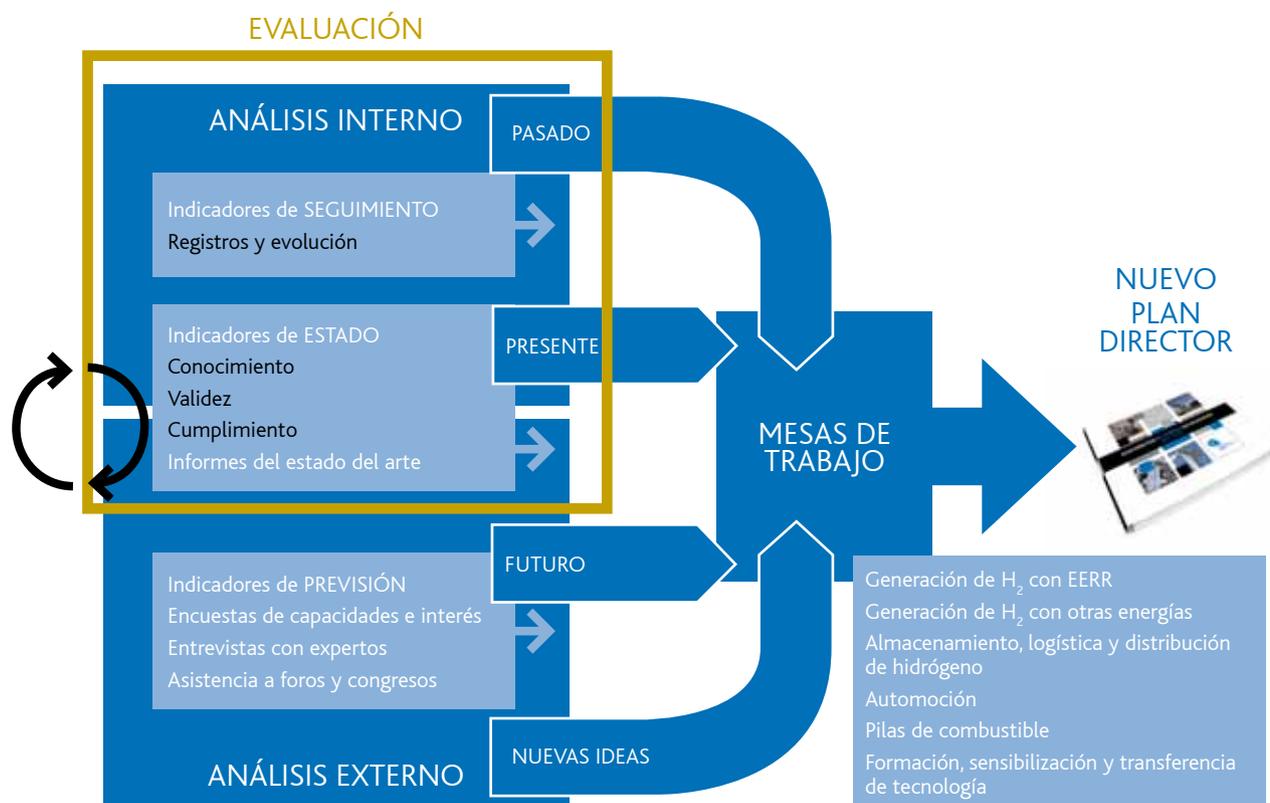
Las áreas temáticas contempladas son las siguientes:

Área Temática	Principales sectores involucrados
Producción/Generación de hidrógeno: vía renovable.	Energía, Ingeniería, Componentes, Electrónica, Químico, Investigación.
Producción/Generación de hidrógeno: vía no renovable.	Energía, Ingeniería, Electrónica, Químico, Investigación.
Almacenamiento, logística y distribución.	Químico, Electrónica, Logística, Transporte, Metal, Plástico, Componentes, Investigación.
Pilas de combustible: aplicaciones móviles.	Automoción, Transporte, Componentes, Ingeniería, Investigación.
Pilas de combustible: aplicaciones estacionarias y portátiles.	Energía, Electrónica, Componentes, Plástico, Metal, Inmobiliario, Construcción, Ingeniería, Químico, Investigación.
Actividades comunes a todas las áreas	
Actividades transversales.	Formación, Financiación, Administración, Asociaciones, Parques Tecnológicos, Investigación.

# 00. INTRODUCCIÓN

A modo de resumen, se recoge en la siguiente figura la metodología de trabajo llevada a cabo para realizar la evaluación del Plan Director anterior y para definir la estrategia a seguir en la próxima revisión del mismo:

## F.06 Metodología de trabajo.



En cuanto al proceso de evaluación se obtiene, como productos concretos del análisis, los siguientes capítulos que se estructuran de forma similar al anterior Plan: con una parte sobre el estado de la técnica (a partir de informes de vigilancia tecnológica, entrevistas, indicadores de seguimiento, etc.), un DAFO temático, un resumen de conclusiones y unas líneas estratégicas derivadas de todo lo anterior en las que se detalla tanto el horizonte previsto para su realización como el grado de avance respecto de las expectativas mostradas en el anterior Plan Director, en caso de que no se trate de una nueva línea. Aquellas líneas superadas se eliminan del conjunto y el grado de avance se determina basado en los indicadores definidos, resultando en las valoraciones que figuran a la derecha.

En paralelo, se ha realizado un análisis DAFO a nivel global sobre la potencialidad de las empresas aragonesas en estas tecnologías, así como otros 5 análisis adicionales, uno por cada una de las áreas temáticas técnicas definidas. Este análisis es el que ha servido, mayoritariamente, de base para la definición de la estrategia.

El análisis de capacidades y potencial de las empresas a nivel general ayuda a definir la estrategia de apoyo transversal a las mismas (formación, financiación, contactos con otras entidades, etc.) y también en la búsqueda de nuevos mercados y acciones de internacionalización.

Los análisis temáticos ayudan a definir concretamente los proyectos de colaboración, que hacen referencia a desarrollos concretos en cada una de las áreas temáticas, valorando las fortalezas y oportunidades y reduciendo las debilidades y amenazas. Asimismo, muestran las principales actividades transversales que deben llevarse a cabo.

La estrategia del Plan se enfoca en aprovechar las fortalezas y oportunidades existentes en su entorno, de manera que se puedan llevar a cabo desarrollos y actividades a nivel regional, nacional e internacional, creando nuevos nichos de mercado.

Por otro lado, esa misma estrategia debe reducir las amenazas y

HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Sin avance o expectativas por encima de lo conseguido.	◀
Se mantienen las expectativas.	
Se detectan avances.	▶
Avances por encima de lo esperado.	▶▶

debilidades, planteando acciones que incluso consigan llegar a reconvertir algunas en oportunidades, de este modo las barreras que se vayan encontrando pueden ser suavizadas e incluso eliminadas.

Resumiendo, la estrategia más adecuada que deriva de los análisis realizados para este nuevo Plan 2011-2015 es aquella que permita:

- Basarse en los puntos fuertes del sector y su entorno.
- Superar o corregir los puntos débiles del sector y su entorno.
- Aprovechar las oportunidades detectadas.
- Contrarrestar las amenazas encontradas.

01.





# GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES



En noviembre de 2008, la Agencia Internacional de la Energía (AIE) presentó el estudio "World Energy Outlook", donde se revisaron las perspectivas energéticas hasta el año 2030. En dicho estudio se destacaba que la tendencia actual tanto de suministro como de consumo de energía es insostenible, no sólo desde el punto de vista ambiental sino también desde el punto de vista económico y social, y que era necesario un cambio en el modelo energético con el que se garantice un suministro fiable con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.

Paralelamente en esas mismas fechas, la Unión Europea acordó una agenda política en materia de energía denominada "iniciativa 20-20-20", con la cual se comprometía para el 2020 a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%, llegar a cubrir un 20% del consumo energético con energías renovables, y una mejora en la eficiencia energética del 20%.

Dentro de este nuevo escenario energético, el hidrógeno se presenta como una alternativa viable a los combustibles fósiles actuales.

Existen multitud de métodos de producción de hidrógeno, obteniéndose actualmente la mayor parte del mismo a partir de combustibles fósiles (95%), donde destaca principalmente la producción a partir de gas natural. En segundo lugar, aparecen los procesos electrolíticos asociados a la industria del cloro (4%), siendo incipiente el porcentaje de hidrógeno producido mediante energías renovables dedicado para fines energéticos.

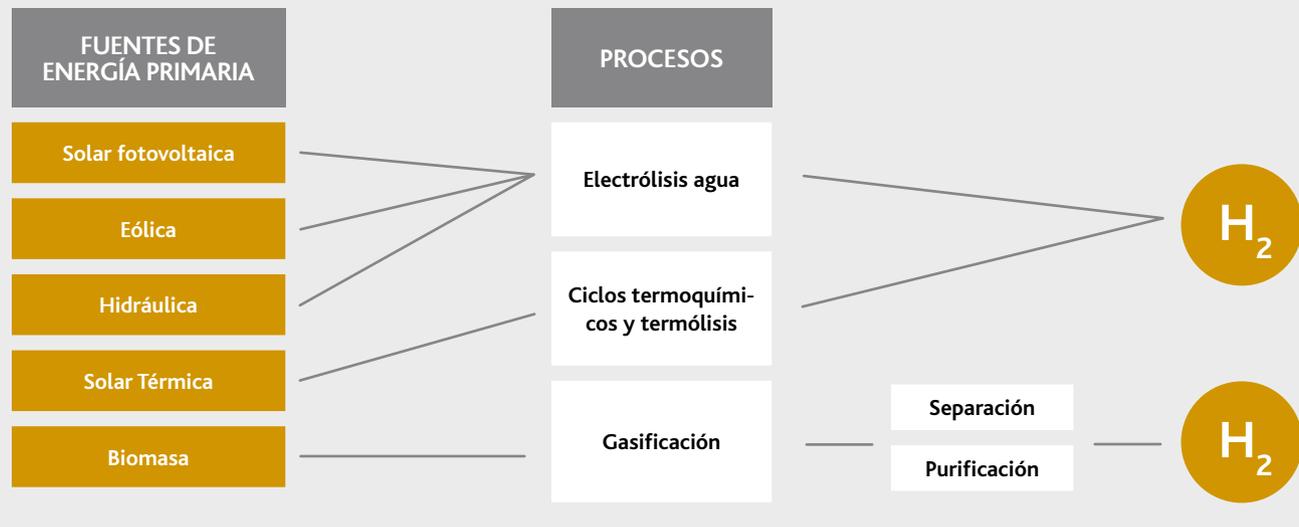
A nivel internacional, existe un interés creciente en la temática de producción de hidrógeno mediante energías renovables, especialmente a través de la energía eólica con objeto de conseguir una mayor gestionabilidad, ya que es la que presenta mayor nivel de penetración en el sector eléctrico y nivel de madurez. Este interés queda plasmado, entre otras iniciativas, en el grupo de la Agencia Internacional de la Energía dedicado a la parte del hidrógeno y eólica, denominada Task 24 "Wind Energy and Hydrogen Integration", que la propia Fundación del Hidrógeno en Aragón coordina, y de la cual forman parte expertos de hasta 14 nacionalidades diferentes, en donde se analizan distintos aspectos (técnicos, económicos, legales y sociales) de la producción y utilización del hidrógeno de origen eólico.



# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

Las expectativas a corto plazo en el tema del hidrógeno energético renovable están cambiando, tal y como se recoge en el Multi-Annual Implementation Plan (2008-2013), elaborado por la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) a nivel Europeo, donde se marca como objetivo para el 2015 un 20% del hidrógeno producido con fines energéticos a partir de fuentes renovables.

## F.07 Fuentes y procesos para la obtención de hidrógeno con energías renovables. Elaboración propia.





Existen multitud de métodos de producción de hidrógeno a partir de energías renovables, aunque principalmente se pueden desglosar en tres grupos principales:

- Electrólisis del agua, siempre y cuando el origen de la electricidad que se utilice sea de origen renovable (eólica, hidráulica, fotovoltaica, etc).
- Sistemas de concentración de media y alta temperatura (ciclos termoquímicos 400-2000 °C, y termólisis, 2.400 °C).
- Procesamiento de la biomasa, principalmente realizando una purificación tras un proceso de gasificación previo.



Electrolizador alcalino a presión 32 bar, 3,5 MW. Cortesía de IHT.

De los procesos anteriores, el más desarrollado en la actualidad y con más perspectivas de futuro es la producción del hidrógeno vía electrólisis del agua, utilizando principalmente energía renovable procedente de parques eólicos y de centrales hidráulicas.

Actualmente los costes de generación de electricidad fotovoltaica son mucho más elevados que a partir de energía eólica, aunque están disminuyendo rápidamente y se espera la paridad con el coste de electricidad de red dentro de esta década. Por otro lado, las tecnologías de concentración solar se están utilizando principalmente para instalaciones de producción de electricidad mediante plantas termosolares (cilíndrico parabólicos o de torre), pero la aplicación práctica para producción de hidrógeno está todavía en fase de investigación y desarrollo. Lo mismo ocurre con la producción a partir de biomasa, cuyo contenido por unidad de masa en hidrógeno es muy bajo, en los mejores casos (<7%), y los procesos de purificación y separación son todavía costosos y complicados, por lo que hacen más apropiada su utilización directa como gas de síntesis.

El interés en la electrólisis a nivel nacional queda recogido en las Acciones Prioritarias publicadas por la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC), en donde se identifica la línea de diseño de electrolizadores para aplicaciones con energías renovable como prioritaria, ya que a fecha actual se carece de este tipo de tecnología a nivel nacional.

# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

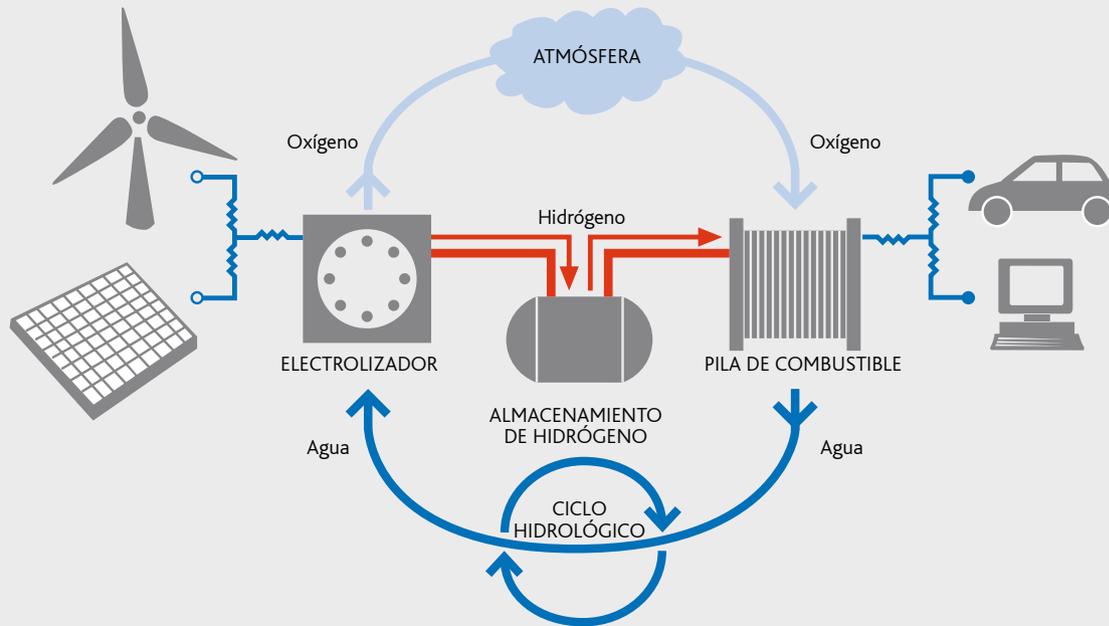
Aplicados a energías renovables, y no al sector industrial como es el caso de la electrólisis cloro/álcali, existen a nivel mundial dos tecnologías comerciales clasificadas en función del tipo de electrolito que utilizan en el proceso. Estos tipos son:

- Electrolizadores de membrana polimérica, que presentan la ventaja de producción de hidrógeno

de alta pureza (99,9998%), pero su rango de utilización debido a su elevado costo se reduce a pocas decenas de kilovatios (0-60 kW).

- Electrolizadores alcalinos, en donde el electrolito es una disolución normalmente al 25% de KOH, con un rango de temperaturas entre 55-85 °C, de presiones entre 1-32 bar y purezas en torno al 99,8%; con unos tamaños que pueden ir desde los pocos kilovatios, hasta unidades que alcanzan potencias superiores a 3,5 MW.

## F.08 Proceso conceptual de obtención y uso energético del hidrógeno. Elaboración propia.





Existen multitud de proyectos demostrativos a nivel mundial en la temática de producción de hidrógeno mediante energías renovables. En este punto únicamente se van a comentar tres de ellos junto con sus conclusiones principales:

- **Proyecto en Sotavento (Galicia, España).** Instalación compuesta por un sistema de producción (electrolizador de 300 kW), almacenamiento (200 bar) y reconversión de energía (motor de combustión de 55 kW) utilizando el hidrógeno como sistema de almacenamiento de energía. En dicho proyecto se ha demostrado la viabilidad técnica de la utilización del hidrógeno como sistema de almacenamiento de energía, pero debido al bajo rendimiento final de la instalación (< 15 %), se desaconseja este esquema frente a otros sistemas existentes (bombeos, baterías, etc.)
- **Proyecto promovido por Enertrag (Alemania).** Instalación compuesta por un parque eólico de 6 MW, un sistema de producción de hidrógeno (electrolizador de 500 kW), almacenamiento (30 bar), y posterior reconversión con mezclas

# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

de gases de biogás. En dicho proyecto se ha demostrado la viabilidad técnica del aprovechamiento del hidrógeno con mezclas de biogás, con el fin de aprovechar no sólo la electricidad generada por unos motores de combustión, sino también la energía térmica de los motores, que hacen la función de una cogeneración.

- **Proyecto IHER (PCT-A22266217-2005) "Infraestructura Tecnológica del Hidrógeno y Energías Renovables" (Huesca, España).** Proyecto promovido por la Fundación del Hidrógeno en Aragón que consta de una infraestructura renovable en base a un parque eólico de I+D de 635 kW y una instalación fotovoltaica de 110 kW con distintas tecnologías que se complementan con unas instalaciones de producción (electrolizador de 70 kW), compresión (350 bar) y dispensación de hidrógeno. Con el proyecto se ha llegado a demostrar la viabilidad técnica en el aprovechamiento de las energías renovables, con el fin de utilizarlas en la producción de un combustible como es el hidrógeno, el cual abastece a vehículos de pila de combustible.

El proyecto IHER fue galardonado en 2007 con el Premio Nacional de Ingeniería Industrial y en 2010 por el "Hydrogen Implementing Agreement", organismo de la Agencia Internacional de la Energía dedicado al ámbito del hidrógeno, como mejor proyecto demostrativo, reconocimiento que se hace a un único proyecto



Esquema del proyecto IHER. Elaboración propia.



Planta de producción de hidrógeno a partir de electrólisis alcalina. Fundación del Hidrógeno en Aragón - Proyecto IHER.

# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

## FORTALEZAS

- Abundantes recursos renovables: sol, viento, agua y territorio.
- Región excedentaria en producción eléctrica renovable.
- La Fundación del Hidrógeno en Aragón como motor de las tecnologías del hidrógeno en la región cuenta en su Patronato con empresas energéticas de gran peso.
- Existencia de proyectos demostrativos pre-comerciales para la obtención de hidrógeno a través de energías renovables.
- La producción de hidrógeno como regulador del sistema eléctrico es una opción viable hoy técnicamente en escalas de megavatios, que permite una implantación distribuida sin requisitos geológicos ni impactos sociales ni medioambientales.

## OPORTUNIDADES

- Saturación de la red eléctrica. Necesidad de alternativas para evacuar la energía eléctrica renovable generada por los parques eólicos.
- Cambio en la Política Agraria Común (PAC) favoreciendo los cultivos energéticos a partir de 2013.
- Existencia de amplias zonas de regadío con potencial para la utilización de cultivos energéticos.
- Utilización del hidrógeno generado a partir de fuentes renovables como vector energético para automoción favoreciendo de esta manera la gestión de la red eléctrica.

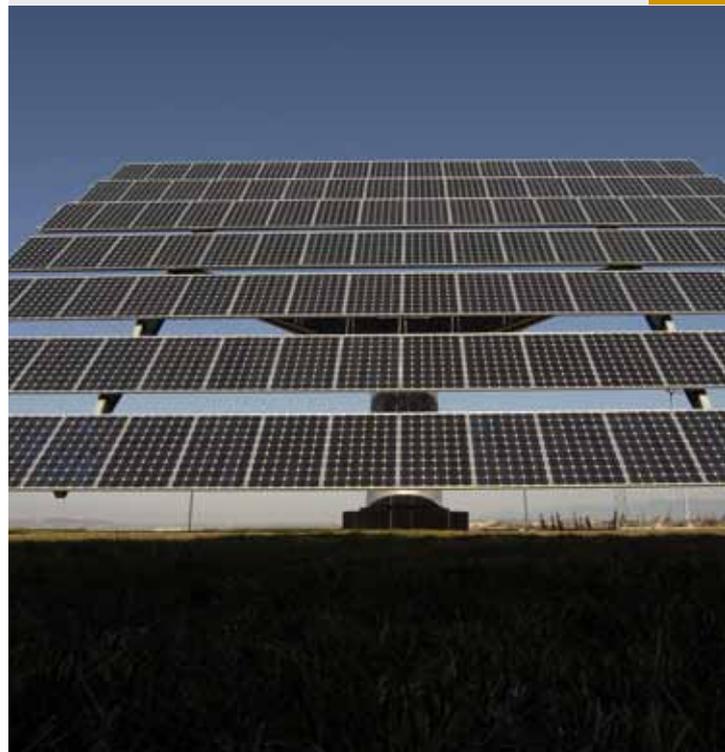
## DEBILIDADES

- Las vías de producción directa de hidrógeno a partir de fuentes renovables (fotoelectrólisis, algas y microorganismos, termólisis) se encuentran en fase de investigación básica, lejos todavía de las fases demostrativas a escala industrial.
- La conversión de electricidad en hidrógeno conlleva mayores pérdidas energéticas que otras vías de almacenamiento de energía.
- Los mercados eléctricos no necesitan todavía almacenamiento energético generalizado dada la limitada producción de electricidad renovable.
- El Régimen Especial considera las pilas de combustible pero no la conversión de electricidad renovable a hidrógeno.

## AMENAZAS

- La posible evolución de las diferentes tecnologías de almacenamiento energético todavía deja mucho margen para la elección de las más adecuadas para el sistema eléctrico.
- La regulación del sector eléctrico puede influir en la necesidad de almacenamiento, en su retribución dentro de los costes del sistema e incluso en la preferencia por unas tecnologías u otras.

- 
1. En el periodo de vigencia del anterior Plan se han cumplido líneas como la puesta en marcha de **proyectos demostrativos en la temática de producción de hidrógeno con EERR**, el proyecto IOTHER, o la consolidación de la base de conocimiento de los recursos renovables presentes en la región.
- 
2. Se observa una **dependencia del grado de apoyo institucional en el sector renovable** como condicionante principal a su uso con las nuevas tecnologías del hidrógeno. Éstas deben ser entendidas como una solución global en la **gestionabilidad de las energías renovables**.
- 
3. Se dispone de capacidades reales, consolidadas y visibles del tejido empresarial, los grupos de investigación, la infraestructura y el entorno aragonés para el **desarrollo del hidrógeno verde**.
- 
4. Existencia de **oportunidades claras de implantación junto con un interés empresarial en su desarrollo**, que deben abocar a la **puesta en marcha de proyectos demostrativos** a escala industrial.
- 
5. Debe seguir desarrollándose tanto **nuevos materiales** como **mejorando procesos**, en particular la electrólisis, con vistas a hacer realidad **modelos de generación distribuida** y al **aprovechamiento de las instalaciones** ya construidas mediante la diversificación y aumento de horas de producción.
- 
6. Es necesaria la **mejora de los procesos de generación a partir de biomasa**, además de aprovechar los recursos de este tipo en la región para su **integración con la producción de hidrógeno** en los casos que resulten favorables.
- 



# 01. GENERACIÓN CON ENERGÍAS RENOVABLES

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Implicación específica de empresas promotoras y explotadoras de parques eólicos a través de la definición de proyectos demostrativos como paso previo a la comercialización.	MEDIO PLAZO	▶
Mejora de procesos de producción de hidrógeno por termólisis de agua mediante horno solar.	LARGO PLAZO	◀
Mejora de procesos de descomposición catalítica de hidrocarburos utilizando diferentes sistemas de concentración solar.	LARGO PLAZO	◀
Desarrollo de la I+D e integración de procesos de electrólisis en la industria aragonesa.	MEDIO PLAZO	



ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Investigación en tecnologías de generación y mejora de procesos de aprovechamiento de biomasa.	MEDIO PLAZO	
Estudio en profundidad del potencial de producción de hidrógeno a partir de parques eólicos actuales y previsión con los futuros.	CORTO PLAZO	▶
Acciones para la propuesta de un régimen especial para producción de hidrógeno mediante renovables.	LARGO PLAZO	
Investigación de nuevos materiales para stacks de electrolizadores.	MEDIO PLAZO	

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Integración del hidrógeno y energías renovables en el medio rural para la participación de sectores como la agricultura y la ganadería.	MEDIO PLAZO	
Capacitación de tecnólogos en producción de hidrógeno a partir de energías renovables por medio de la explotación de las instalaciones de la FHa.	MEDIO PLAZO	

02.





GENERACIÓN  
CON OTRAS ENERGÍAS

# 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

A pesar de que en la actualidad se esté estudiando la producción de hidrógeno a partir de energías renovables como vector energético del futuro y elemento medioambientalmente sostenible, la realidad actual muestra que todavía la mayor parte del hidrógeno generado se obtiene a partir de combustibles fósiles (95%), donde destaca principalmente la producción de hidrógeno a partir de gas natural frente al generado a partir de petróleo o carbón.





Otra fuente importante de hidrógeno no renovable a día de hoy es el hidrógeno obtenido como subproducto en plantas químicas para la producción de cloro en plantas cloro - álcali. Este hidrógeno se suele emplear como reactivo en la síntesis de amoníaco, ácido clorhídrico y otros compuestos, existiendo la posibilidad a su vez de ser utilizado en sistemas de cogeneración para la producción de electricidad y calor.

El reformado con vapor de agua, la oxidación parcial y la gasificación son los principales métodos de producción de hidrógeno a partir de gas natural, hidrocarburos y carbón respectivamente. En la actualidad, se están estudiando otros métodos más innovadores respecto a los anteriores como son el reformado mediante plasma a altas temperaturas, hasta 1.600 °C, la descomposición catalítica, la termólisis y la descomposición de gas natural para la obtención de hidrógeno por arco eléctrico.

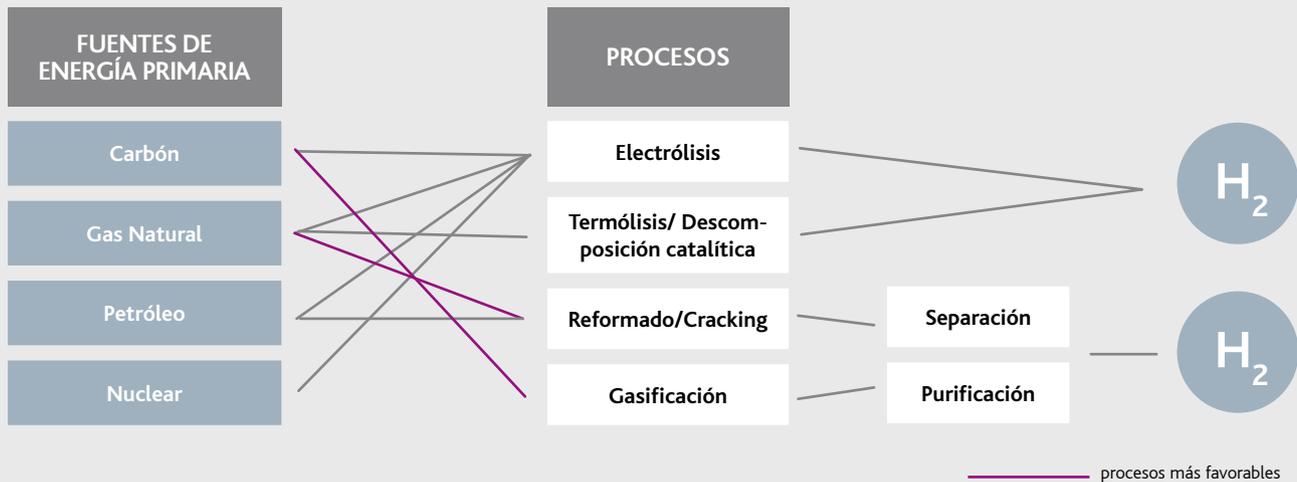
La producción de hidrógeno de origen no renovable por electrólisis del agua seguiría los mismos principios básicos que en el método renovable, la disociación del agua en hidrógeno y oxígeno por la aportación de una corriente continua de electricidad, pero en este caso la electricidad sería de origen fósil o nuclear.

La producción de hidrógeno por vía no renovable será necesaria para la introducción de éste como vector energético en el futuro, favoreciendo la creación de un mercado en esta etapa intermedia. Por lo tanto, los avances en los métodos de generación de hidrógeno por vía no renovable serán cruciales para llegar a alcanzar un sistema con independencia energética sobre el exterior y libre de emisiones.

A corto y medio plazo, la producción de hidrógeno seguirá siendo de origen fósil y principalmente a partir de reformado de gas natural como en la actualidad. El pico de producción de gas natural, cercano en el tiempo, y los avances y reducción de costes que podría representar la gasificación de carbón con captura y secuestro de CO<sub>2</sub>, tecnología medioambientalmente mucho más respetuosa que el reformado de gas natural, serán la tendencia para la producción de hidrógeno a medio plazo.

# 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

## F.09 Fuentes y procesos para la obtención de hidrógeno con energías convencionales. Elaboración propia.



No nos podemos olvidar de la tecnología de electrólisis a partir de energía nuclear como una fuente de producción a medio plazo, donde el desarrollo de electrolizadores de elevadas potencias y gran robustez y su integración en centrales nucleares podría favorecer la gestionabilidad de la energía nuclear, representando la energía consumida en la electrólisis para producción de hidrógeno una alternativa para mantener una carga continua en los reactores que haga posible variar la energía vertida a la red según la demanda.

A medio plazo, el hidrógeno y las redes eléctricas comenzarán a gestionarse de forma distribuida, aprovechando la tendencia del sector eléctrico hacia la generación basada en energías renovables. De cualquier forma, esta variación en el sistema eléctrico

actual desde sistemas centralizados hacia sistemas eléctricos distribuidos, se producirá de forma paulatina manteniéndose las plantas actuales de generación fósil en el tiempo hasta medio plazo. Esta misma transición será necesaria para el sector del hidrógeno, que pasará de producirse de forma centralizada mediante reformado de gas natural y gasificación de carbón a producirse de forma distribuida mediante electrólisis de energías renovables en el largo plazo.

Los principales proyectos demostrativos actuales de producción de hidrógeno mediante combustibles convencionales se centran en la tecnología de gasificación de carbón con secuestro y captura de CO<sub>2</sub> como el proyecto de **Peterhead Power Station** en Escocia, el proyecto **FUTUREGEN** en Estados Unidos, el Carson Hydrogen Power Project o el proyecto **Kwinana** en Australia, el primero en almacenar CO<sub>2</sub> en formaciones salinas. Además, se deben destacar dos proyectos nacionales de producción de hidrógeno a partir de combustibles convencionales como

## A medio y corto plazo, la producción masiva de hidrógeno se seguirá realizando a partir de combustibles fósiles.

son el proyecto **CENIT SPHERA** sobre producción de hidrógeno a partir de la descomposición catalítica de gas natural, en cuyo proceso, además de producir hidrógeno, se genera carbono de alto valor añadido para diferentes aplicaciones industriales. En este proyecto participan, entre otras, empresas como Gas Natural e institutos de investigación aragoneses como el Instituto de Carboquímica del CSIC y el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de la Universidad de Zaragoza. Por otro lado, cabe destacar el Proyecto Singular Estratégico (**PSE**) – **CO<sub>2</sub>** de ELCOGAS S.A. sobre producción de hidrógeno a partir de gasificación de carbón con captura de **CO<sub>2</sub>**.

En julio de 2010 se dio un paso más al convertirse la compañía energética Enel en la primera empresa del mundo en poner en funcionamiento una planta de ciclo combinado de hidrógeno. La instalación, ubicada en Fusina (Venecia, Italia), consume 1,3 toneladas de hidrógeno a la hora que recibe del polígono petroquímico de Porto Marghera, muy próximo a la instalación. La planta, que tiene una potencia de 16 megavatios, incluye un ciclo combinado

de 12MW alimentado por hidrógeno capaz de generar a la vez energía y calor para 22.000 hogares al año, reduciendo en más de 17.000 toneladas de **CO<sub>2</sub>** las emisiones a la atmósfera.

Por otro lado, los proyectos que se están planteando en el mundo para generación de electricidad con captura y secuestro de **CO<sub>2</sub>** a escala comercial (250-1200 MW) en el corto plazo (2010-2015) se basan en captura en el proceso de precombustión. La mayoría utilizando la tecnología de gasificación de carbón o coque, y el resto en reformado de gas natural. En todos los casos integrado en ciclo combinado.

A nivel nacional, trabajan en la tecnología de captura de **CO<sub>2</sub>** Endesa en su central Compostilla II y la ya mencionada ELCOGAS S.A en la Central de Gasificación Integrada en Ciclo Combinado (GICC) –gasificación con lecho arrastrado– en Puertollano (Ciudad Real). Esta última con una producción de 335 MW y una planta piloto de 14 MWt (actualmente en periodo de pruebas) de producción de **H<sub>2</sub>** y electricidad a integrar en la central de GICC existente. La alta eficiencia de esta instalación (42.2%) reduce significativamente los costes de producción del hidrógeno.

A nivel de la Comunidad Autónoma de Aragón no existen en este momento grandes instalaciones o proyectos demostrativos de envergadura sobre generación de energía que se basen en la producción de hidrógeno a partir de fuentes no renovables. Sin embargo, sí que existe una actividad investigadora importante relacionada con el desarrollo de proyectos sobre puesta en marcha y optimización de procesos de producción de hidrógeno a partir de diferentes combustibles fósiles en el Instituto de Carboquímica del CSIC y en el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de la Universidad de Zaragoza.

## 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

A continuación se nombran algunos proyectos de referencia realizados en los últimos años en la región:

### **DESCOMPOSICIÓN CATALÍTICA DE GAS NATURAL: PROCESO INTEGRADO DE PRODUCCIÓN DE MEZCLAS PARA MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTIÓN INTERNA Y MATERIALES DE CARBONO PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS (ENE2008-06516-CO3-01).**

Las entidades participantes son el Instituto de Carboquímica (ICB-CSIC), el Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC) y la Universidad de Zaragoza (Laboratorio de motores. Dpto. de Ingeniería Mecánica). El proyecto estudia la descarbonización catalítica de gas natural para la producción de nanofibras de carbono de alto valor añadido y una fracción gaseosa formada por hidrógeno y gas natural sin convertir que puede ser separada para producir hidrógeno puro o bien utilizada directamente en un motor de combustión interna modificado para el uso de mezclas de hidrógeno y metano de composiciones adecuadas.



Banco de ensayo de motores de hidrógeno alimentados con mezclas de hidrógeno y gas natural. Cortesía de la Universidad de Zaragoza (Laboratorio de motores. Dpto. de Ingeniería Mecánica).



Planta de producción de hidrógeno a escala piloto a partir de descomposición de metano. Cortesía del Instituto de Carboquímica (ICB - CSIC).

## PROYECTO CENIT SPHERA "SOLUCIONES A LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO ENERGÉTICO Y RECONVERSIÓN ASOCIADA", 2007 - 2010.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un proceso sostenible para la producción de hidrógeno y carbono de valor comercial mediante la descomposición termo-catalítica del gas natural, DTC, en ausencia de aire y/o agua al objeto de minimizar la emisión de óxidos de carbono. La actuación global se ha dividido para su ejecución en dos actuaciones, la Actuación I que comprende los procesos de DTC y la regeneración de los catalizadores, y la Actuación II que comprende la separación de las mezclas metano-hidrógeno mediante ciclos redox con óxidos metálicos basados en óxidos de hierro. La primera se ha llevado a cabo en el Instituto de Carboquímica y la segunda en el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de la Universidad de Zaragoza.



Planta piloto de producción de hidrógeno a partir de descomposición catalítica de gas natural. Cortesía del I3A de la Universidad de Zaragoza.

## 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

Además, en lo que se refiere a las capacidades y recursos en Aragón para la producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles, cabe destacar los recursos de carbón de la Comunidad Autónoma, abundantes en lignito principalmente en la provincia de Teruel, donde el sector de la minería es importante y la introducción de plantas de gasificación de carbón con producción de hidrógeno y captura y secuestro de  $\text{CO}_2$  reactivarían en el futuro un sector minero que en los últimos años ha sufrido un descenso notable del número de empleados. Aragón, a su vez, está bien posicionado en la red de gaseoductos nacionales, comunicando la zona del Mediterráneo y la del Cantábrico, y con acceso a recursos de gas natural para la obtención de hidrógeno vía reformado.

Fundación CIRCE coordina actualmente la Plataforma Tecnológica Española de  $\text{CO}_2$  y la Unidad de Innovación Internacional de  $\text{CO}_2$ , lo cual supone una fortaleza importante para la región en esta línea de actividad.

Por otro lado, las plantas químicas de la región con tecnología electrolítica de cloro - álcali pueden aportar gran cantidad de hidrógeno electrolítico de alta calidad, excedentario de sus procesos productivos, el cual podría ser utilizado para diversas aplicaciones de carácter energético.



Planta de producción de cloro con generación de hidrógeno como subproducto. Cortesía de Química del Cinca.



Detalle de la planta de Ercros en Sabiñánigo. Generación de hidrógeno electrolítico como subproducto del proceso de producción cloro – álcali.

# 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

## FORTALEZAS

- Región exportadora de electricidad.
- Existencia de una reserva estratégica de carbón.
- Existencia de formaciones salinas para almacenamiento de CO<sub>2</sub> (y, posiblemente, de hidrógeno).
- Red de gas natural ampliamente extendida necesaria para la producción de hidrógeno a partir de este gas combustible.
- Grupos de investigación punteros en uso limpio de carbón y en producción de electricidad, entre ellos CIRCE, que coordina además la Unidad de Internacionalización del CO<sub>2</sub> y la Plataforma del CO<sub>2</sub>.

## OPORTUNIDADES

- Posibilidad de ubicación de instalaciones de demostración gracias a las capacidades y recursos de Aragón para la producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles.
- Posibilidad de abrir una línea de investigación que integre la gasificación de carbón y RSU y su uso en pilas SOFC.
- Tecnologías de uso limpio de carbón ya probadas en escala comercial que podrían ampliar las oportunidades de salida del carbón regional.
- Mejores costes de producción de hidrógeno a corto plazo a partir de procesos no renovables frente a procesos con EERR.

## DEBILIDADES

- El hidrógeno producido actualmente en las instalaciones de reformado o de electrólisis de cloro-álcali ya tiene un mercado no energético suficientemente rentable, que no motiva al uso energético.
- Baja calidad del carbón nacional.
- Ausencia de tecnólogos y fabricantes de bienes de equipo para gasificación o reformado.
- La producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles libre de CO<sub>2</sub> requiere de complicar y encarecer la instalación: limpieza y separación de gases, captura y secuestro de CO<sub>2</sub>.
- Elevada inversión en sondeos para localizar sumideros naturales.

## AMENAZAS

- Rechazo social y medioambiental a la producción de hidrógeno por fuentes fósiles.
- Las centrales de producción de electricidad pueden no ver rentabilidad en la producción de hidrógeno hasta que no haya restricciones técnicas a la producción de electricidad y un mercado asentado de hidrógeno energético.
- La generalización de centrales térmicas de gasificación puede no garantizar el interés de dichas centrales en ser productoras de hidrógeno, que dependerá de los mismos factores que para las centrales convencionales.

1. Se detectan **ventajas estratégicas en cuanto a territorio, grupos de investigación y redes de conocimiento** presentes que deben ser aprovechadas a través del desarrollo de tecnologías propias en **gasificación, separación y purificación**.
2. Resulta necesario trabajar en la **transferencia de conocimientos para la aplicación de estas tecnologías en la industria**.
3. Actualmente, la mayor aceptación de la producción de hidrógeno a partir de renovables para usos energéticos desplaza al hidrógeno industrial obtenido como subproducto. Esta situación ha de interpretarse como una oportunidad de puesta en marcha de **proyectos que diversifiquen y flexibilicen la actividad de estos sectores del tejido industrial y puedan dar como resultado nuevas líneas de negocio y conocimiento**.
4. Deben aprovecharse los **recursos naturales disponibles** para la **producción y gestión de nuevos procesos de producción limpia**, teniendo en cuenta las tecnologías de captura de  $\text{CO}_2$ .



Planta de gasificación. Cortesía de TAIM WESER.

# 02. GENERACIÓN CON OTRAS ENERGÍAS

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desarrollo de tecnologías propias en procesos de gasificación, separación y purificación de hidrógeno a partir del sector del carbón, usando carbón regional para producción de hidrógeno.	LARGO PLAZO	
Implementación de resultados en el sector industrial de la investigación en gasificación, reformado o descomposición catalítica de gas natural y/o GLP.	MEDIO PLAZO	▶

Planta piloto de descomposición catalítica en continuo. Cortesía del Grupo de Conversión de Combustibles, Instituto de Carboquímica (CSIC).



ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desarrollo de tecnología y métodos de obtención de hidrógeno a partir de combustibles convencionales con captura de CO <sub>2</sub> con calizas.	MEDIO PLAZO	II
Desarrollo de ciclos termoquímicos (REDOX) para la obtención de hidrógeno a baja temperatura.	LARGO PLAZO	

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Incentivación para el desarrollo del almacenamiento de CO <sub>2</sub> en el territorio.	LARGO PLAZO	II

03.



A horizontal strip of an industrial setting, showing various pipes, valves, and mechanical components. The scene is slightly blurred, focusing on the text overlaid on it. The background is a light, neutral color.

# ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN



La mejor característica que ofrece el hidrógeno es su poder calorífico por unidad de peso, que es muy superior al de otros combustibles convencionales. Sin embargo, dada su muy baja densidad, su poder calorífico por unidad de volumen es muy bajo.

Este hecho implica dificultades físicas, y sobre todo económicas, en su almacenamiento. Por un lado, se hace necesario aumentar su densidad energética por unidad de volumen para poder ofrecer, por ejemplo en el sector transporte, las mismas autonomías que ofrecen los combustibles convencionales. Por otro lado, también es necesario aumentar este valor para llegar a unos costes aceptables de transporte y distribución final del hidrógeno.

Para incrementar su densidad energética por unidad de volumen, el hidrógeno suele almacenarse en forma de gas a presión, líquido criogénico, o sólido, en hidruros metálicos o en otros nuevos materiales que todavía están en investigación.



## SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO. ESTADO DE LA TÉCNICA

El hidrógeno gas comprimido requiere de presiones elevadas, situándose en estos momentos (año 2010) en 200 bares para el sector de la distribución y en 350 bares en el sector de la automoción. Sin embargo, en los últimos años ha habido una gran evolución, aumentando estas presiones de trabajo hasta los 700 bares en el sector de la automoción de forma segura. Esta forma de almacenar hidrógeno tiene un bajo coste energético y es una tecnología muy madura, sin embargo los sistemas son muy pesados debido a la elevada presión que soportan, estando en la actualidad estos sistemas en torno al 4% de almacenamiento por unidad de masa (4 kg de hidrógeno por 100kg del conjunto del recipiente).



Depósito de almacenamiento de hidrógeno desarrollado por la empresa Lapesa que forma parte de la estación de servicio de hidrógeno instalada en el Parque Tecnológico Walqa.

# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

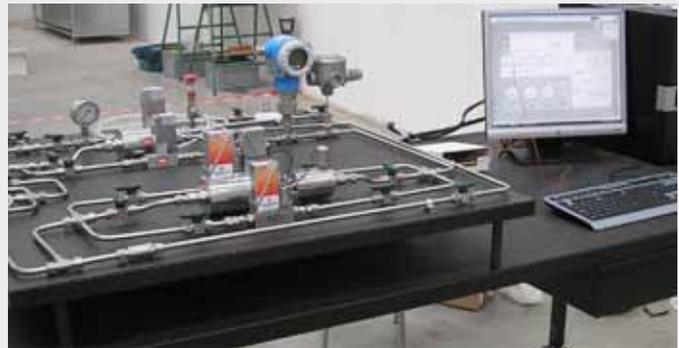
El estado de la técnica en cuanto al hidrógeno líquido criogénico (20 K) se basa en sistemas de almacenamiento de doble capa, en algunos casos incluso con aislamientos con nitrógeno líquido.

Esta tecnología de almacenamiento presenta un mayor coste energético asociado al proceso de licuefacción, sin embargo se llega al 9% de almacenamiento por unidad de masa. Dicha tecnología ha evolucionado hacia sistemas más ligeros y con menores pérdidas por evaporación. Se ha introducido un nuevo concepto, los sistemas criocomprimidos, que combinan temperaturas criogénicas en torno a 170 K y presión consiguiendo densidades similares a los sistemas de líquido comprimido, pero más eficientes energéticamente.

El método más convencional de almacenar hidrógeno en forma sólida es a través de la formación de hidruros metálicos, concretamente los basados en lantano y níquel. Sin embargo, la gran apuesta son los hidruros basados en sodio, aluminio y magnesio debido a que son muy ligeros y tienen un almacenamiento por unidad de masa mayor del 15%.

En el ámbito del almacenamiento de hidrógeno en forma sólida, la Fundación del Hidrógeno en Aragón ha ejecutado entre 2008 y 2010 el proyecto **HIDROMED** (IAP-560410-2008-30) que consiste en el desarrollo de un banco de ensayos que permite la adquisición de datos relacionados con las distintas características necesarias para el estudio de los depósitos de almacenamiento de hidrógeno en forma de hidruros metálicos.

El objetivo marcado por el DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos) para el 2010 consiste en disponer de un 6% en masa de hidrógeno en los



Banco de ensayos para investigación de sistemas de almacenamiento en forma de hidruros metálicos. Fundación del Hidrógeno en Aragón.

sistemas de almacenamiento en forma de gas comprimido de tal forma que se puedan almacenar 4 kg de hidrógeno (que suponen una autonomía de unos 400 km en un vehículo) en un volumen de 89 l y 67 kg como peso total del sistema. Este objetivo fue revisado en 2009 de acuerdo a las eficiencias de los sistemas basados en hidrógeno, y se definió que el objetivo final a alcanzar debía aumentarse hasta un 7,5% de densidad en masa.

A nivel europeo, el Multi - Anual Implementation Plan de la FCH JU marca como objetivo llegar en 2015 a un 9% en masa de hidrógeno en los sistemas de almacenamiento de hidrógeno gas comprimido.

Para conseguir todos estos objetivos, las principales líneas de investigación y desarrollo pasan por el uso de nuevos materiales, como los materiales compuestos de fibra de carbono, que permiten producir sistemas más ligeros, más seguros, y con mayor capacidad de aguantar presiones y temperaturas extremas.



Dispensador de la hidrogenera del PT Walqa.

## HIDROGENERAS Y REDES DE AUTOPISTAS DE HIDRÓGENO

En la actualidad, la producción, logística y distribución de hidrógeno la siguen llevando a cabo las grandes empresas de gases industriales. La distribución se realiza mediante hidrógeno comprimido a 200 bar en botellas de acero, siendo el objetivo a corto plazo aumentar la presión del gas de forma segura para disminuir el espacio y el peso de las botellas mediante el uso de materiales compuestos.

La distribución a través de semirremolques con botellas a 200 bar, con capacidades en torno a 300 kg de hidrógeno, es la más adecuada para unas demandas bajas como las que se están dando y se prevén a corto plazo. Cuando haya un aumento de la demanda, será necesaria una red canalizada de gas y plantas de producción de hidrógeno distribuidas de acuerdo a las demandas en los puntos de consumo.

En este sentido, se han lanzado en Europa proyectos como el **NATURALHY** (finali-

zado en noviembre de 2009) cuyo objetivo consistía en investigar acerca de la distribución de hidrógeno a través de las redes de tuberías ya existentes de gas natural, habiéndose obtenido resultados positivos para poder llevar a cabo este tipo de iniciativas con concentraciones en torno al 20% en masa de hidrógeno. Así pues, la inyección de hidrógeno en la red de gas natural puede ser una alternativa para gestionar y transportar dicho combustible. En Aragón, esta alternativa puede tener una importancia destacada en el futuro ya que en esta región coinciden geográficamente las zonas de producción de energía eólica, a partir de las cuales se podrían establecer plantas de generación de hidrógeno, con la red de tuberías de transporte de gas natural ya establecida.

# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

Por otro lado, se está empezando a crear una red de infraestructura de suministro de hidrógeno para el sector automoción, siendo la Unión Europea, Estados Unidos y Japón los que han apostado de una forma más decidida. El objetivo a corto plazo es que gracias a proyectos demostrativos con apoyo público se desarrolle la infraestructura básica para introducir esta tecnología en el mercado y para que el público en general se familiarice con ella, habituándose a observar por las calles de las ciudades vehículos propulsados por hidrógeno, silenciosos y respetuosos con el medio ambiente.



Red de estaciones de servicio de hidrógeno en Europa, Estados Unidos y Asia Oriental. Cortesía de H2stations.org de LBST.

A nivel de estados europeos, destacan las iniciativas de Alemania y Noruega. En Alemania, dentro de su propio plan de desarrollo de las nuevas tecnologías del hidrógeno y tras el acuerdo entre las principales empresas nacionales, se va a crear una red de estaciones de servicio de hidrógeno que permita conectar en el año 2015 sus principales ciudades y crear así una red de autopistas de hidrógeno del país, objetivo similar al marcado por Noruega, que concluirá en el año 2015 con la conexión a Dinamarca.



Presentación del 'Memorandum of Understanding' por parte de las principales empresas gasistas y fabricantes de vehículos alemanas para la creación de una red nacional de estaciones de servicio de hidrógeno. Berlín, septiembre de 2009.



Red de estaciones de servicio de hidrógeno en el sur de Escandinavia. Proyecto HYNOR. Cortesía de [www.hynor.no](http://www.hynor.no)

# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

## LA PRIMERA AUTOPISTA DEL HIDRÓGENO ESPAÑOLA

En la misma línea de estas fuertes iniciativas europeas, en el ámbito de la Exposición Internacional de Zaragoza 2008 y su compromiso con el medio ambiente, se puso en marcha la primera hidrogenera pública española en el eco-barrio de Valdespartera, con el fin de alimentar a 4 autobuses que daban servicio como lanzaderas a las entradas de la exposición. En junio de 2010 se puso en marcha la segunda en Huesca, en el Parque Tecnológico Walqa, sede de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Juntas conforman la primera autopista del hidrógeno española (89,6 km) cuyo recorrido inaugural fue llevado a cabo por un HidroGen 4 de Opel.

Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López repostando el modelo HidroGen 4 de Opel durante la inauguración de la estación de servicio del Parque Tecnológico Walqa el 22 de junio de 2010. Fundación del Hidrógeno en Aragón.



Ambas instalaciones son similares. La generación de hidrógeno se realiza in situ mediante el proceso de electrólisis del agua alcanzando una capacidad de producción de unos  $10 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2/\text{h}$  con un consumo eléctrico de 70 kW. Las instalaciones disponen también de una unidad de compresión hasta 350 bar, sistemas de almacenamiento de alta presión y unidades de dispensación a 200 y 350 bar que pueden ser utilizadas tanto por turismos como por autobuses.

**F.10 Esquema de la estación de servicio de hidrógeno del Parque Tecnológico Walqa. Elaboración propia.**



La estación de servicio de Zaragoza ha mantenido unas condiciones de operación adecuadas, sin sufrir periodos de inactividad reseñables por problemas en la operación de los equipos o por mantenimiento de los mismos. Además, los repostados a los vehículos se han realizado de manera satisfactoria en todos los casos, manteniendo en todo momento las medidas de seguridad necesarias.



Estación de servicio de hidrógeno instalada en el barrio de Valdespartera de Zaragoza. Cortesía de EXPO Empresarial Zaragoza.

En cuanto a la estación de suministro de hidrógeno del Parque Tecnológico Walqa, el principal avance técnico de esta instalación reside en el proceso de producción de hidrógeno mediante energía generada a partir del parque eólico y fotovoltaico establecido en este complejo empresarial, obteniéndose así hidrógeno combustible de origen renovable.

Finalmente, se destaca una última iniciativa con fuerte actividad en la Comunidad Autónoma relativa a infraestructuras de repostado de hidrógeno y transporte sostenible. Se trata del Proyecto CENIT ECOTRANS: Tecnologías ecológicas para el transporte urbano. El objetivo de este proyecto consiste en estudiar nuevas estrategias de explotación eficiente para los servicios de transporte urbano aprovechando todo el potencial de las tecnologías del hidrógeno. El proyecto está liderado por la empresa CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, S.A., y en el cual también participa la empresa IDOM – Zaragoza, el Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza y la Fundación del Hidrógeno en Aragón.

Durante los tres meses que duró EXPO Zaragoza 2008, la flota de vehículos completó un total de 10.000 Km recorridos y 60.000 pasajeros transportados.

# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

## FORTALEZAS

- Ubicación geoestratégica favorable para el almacenamiento masivo, la distribución y logística del hidrógeno.
- Puesta en marcha y explotación de una hidrogenera en la Expo de Zaragoza en 2008 y de una segunda en el Parque Tecnológico Walqa.
- Desarrollo industrial en almacenamiento de gas a presión, inclusive hidrógeno y experiencia en la distribución de gases.
- Buen posicionamiento en tecnologías complementarias: bancos de ensayos de materiales, logística, TICs, etc.

## OPORTUNIDADES

- Oportunidades de negocio en campos como desarrollo de materiales para depósitos, diferentes componentes y trabajo a alta presión.
- Sinergias con otros campos, por ejemplo, mezclas con gas natural para automoción y otros usos. Nicho de negocio para empresas gasistas a medio/largo plazo.
- Posibilidad de incorporación del hidrógeno en estaciones de servicio que ya han mostrado su interés y que están bien distribuidas por el territorio.

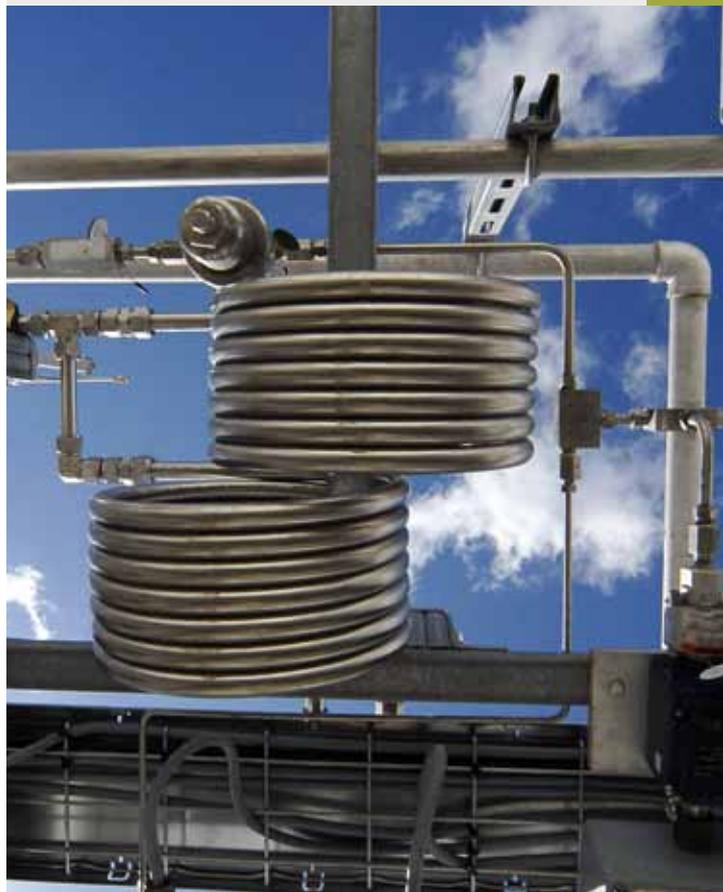
## DEBILIDADES

- Ausencia de planes globales para el desarrollo de las infraestructuras de almacenamiento y distribución de hidrógeno que cubran el territorio nacional y su conexión con Europa.
- No existe infraestructura ni experiencia en hidrógeno líquido.
- Desconocimiento general de la manipulación del hidrógeno.

## AMENAZAS

- El marco normativo y, reglamentario en las instalaciones de almacenamiento y repostado de hidrógeno, y el curricular que ha de tener el personal involucrado, debe adaptarse a estas tecnologías innovadoras para evitar un retraso en el despliegue de dichas infraestructuras.
- Un uso limitado de las infraestructuras disponibles puede reducir el impacto que se podría lograr con las inversiones realizadas.
- El desarrollo de la infraestructura necesaria (hidrogeneras) está condicionada al compromiso de los fabricantes de disponer de vehículos de hidrógeno.

1. Existe a día de hoy una falta de infraestructura a nivel general que ralentiza la puesta en marcha de una apuesta global por el hidrógeno. Desde Aragón se puede comenzar a **hacer visible la infraestructura y el conocimiento desarrollado para provocar pasos que hagan posible conjugar el desarrollo simultáneo de distribución y demanda.**
2. Se ha comprobado que las empresas del sector componentista han llevado a cabo desarrollos interesantes al respecto y que **actualmente se encuentran en fase de industrialización de producto.**
3. Tanto la **ubicación geoestratégica** de Aragón para la logística, como su **vocación de centro de red en las hojas de ruta de implantación del hidrógeno**, deben ser consolidadas a partir de la cooperación entre los clústers y centros tecnológicos.
4. Dadas las capacidades y experiencia del tejido industrial en almacenamiento y distribución de gases, debe hacerse hincapié en **adecuar el posicionamiento conseguido en tecnologías complementarias** (desarrollo de bancos de ensayos y componentes, investigación en la logística asociada, etc.) **para abordar una reconversión industrial hacia las nuevas tecnologías del hidrógeno.**
5. Deben mantenerse y potenciarse las **líneas de investigación en cuanto a mezclas de hidrógeno con gas natural y desarrollo de materiales** para almacenamiento y distribución.



# 03. ALMACENAMIENTO, LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Aplicación directa e interés de los sectores aragoneses de valvulería, reguladores, conectores, etc. en el desarrollo de depósitos y componentes auxiliares del H <sub>2</sub> .	EN REALIZACIÓN	▶
Implementación de sistemas de almacenamiento a presiones superiores a 350 bar con nuevos materiales compuestos.	MEDIO/ LARGO PLAZO	
Desarrollo de nuevas estaciones de servicio de hidrógeno aprovechando los ejes de comunicación de la Comunidad Autónoma.	MEDIO PLAZO	▶▶
Uso de la red de gas natural existente como infraestructura de distribución de H <sub>2</sub> .	LARGO PLAZO	
Desarrollo de líneas de trabajo para almacenamiento de H <sub>2</sub> producido con EERR, sobre todo a partir de eólica, en usos diferentes de la automoción como, por ejemplo, para usos domésticos.	MEDIO/ LARGO PLAZO	

ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desarrollo de nuevos materiales para almacenamiento y distribución de H <sub>2</sub> gas y líquido. Abaratamiento de costes de producción.	MEDIO PLAZO	◀
Desarrollo de nuevos materiales para almacenamiento y distribución de H <sub>2</sub> sólido.	MEDIO PLAZO	
Investigación sobre el comportamiento del H <sub>2</sub> en mezcla con gas natural y sobre materiales para almacenamiento y distribución.	MEDIO PLAZO	▶

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desarrollo de planes nacionales de logística de hidrógeno que consideren a Aragón como un centro red.	CORTO PLAZO	▶▶
Formación de personal especializado en tecnologías relacionadas (manejo de hidrógeno, mantenimiento de instalaciones, proyectos, autorizaciones, etc.)	MEDIO/ LARGO PLAZO	

04.

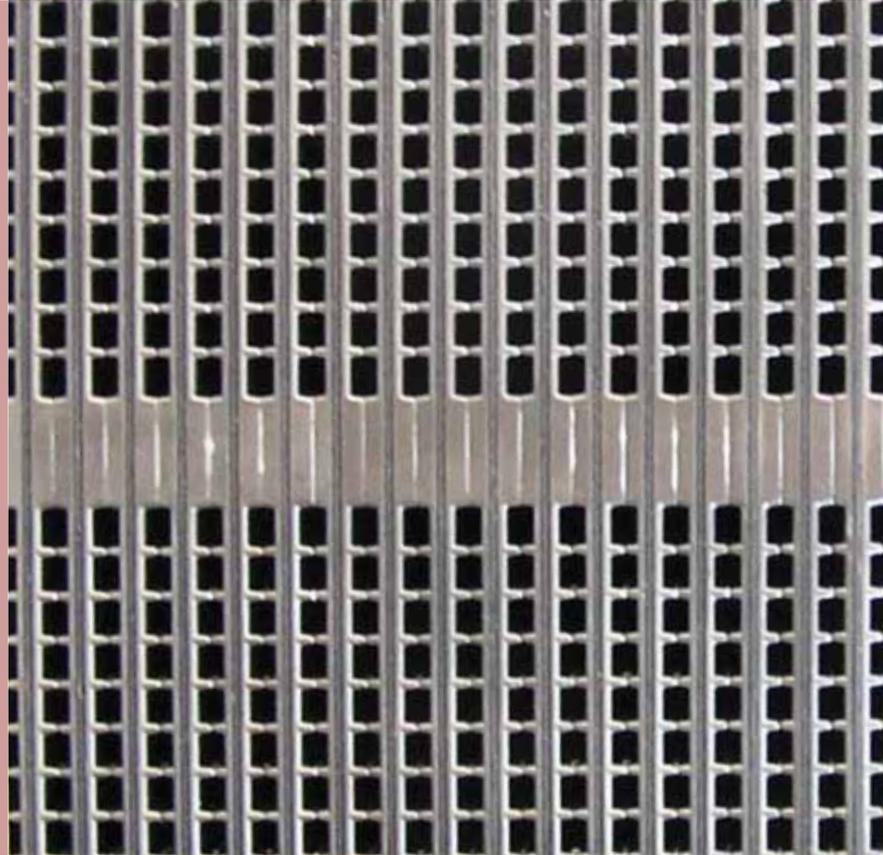


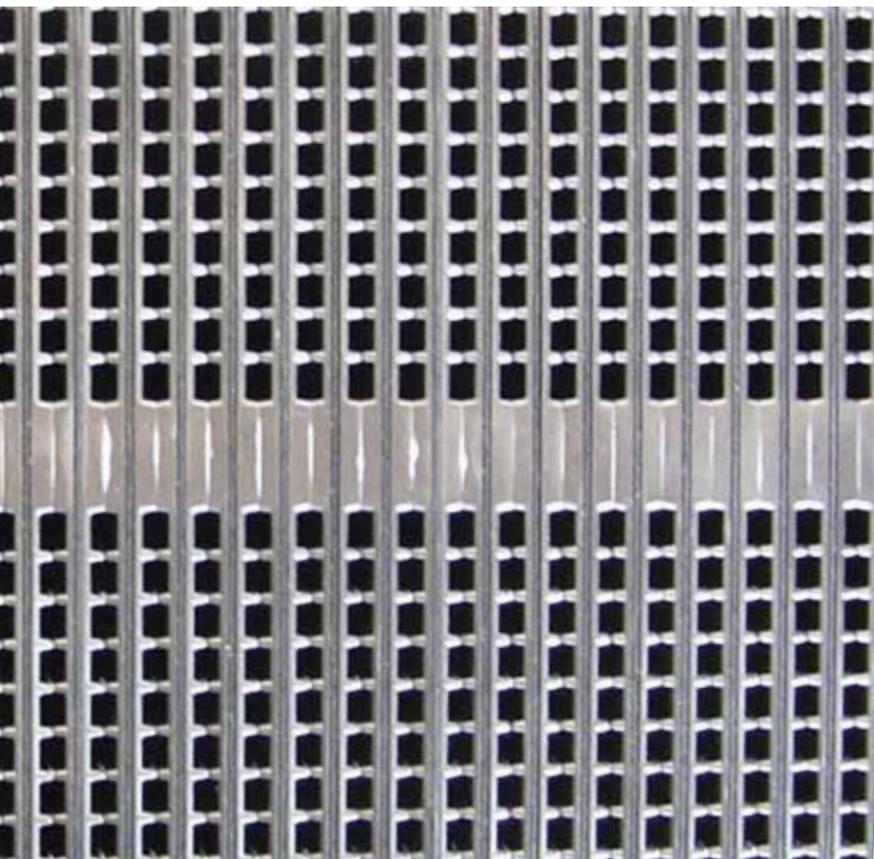
A close-up, grayscale photograph of a fuel cell stack's internal grid. The grid consists of a series of parallel metal bars forming a square pattern. The bars are dark and have a slightly textured surface. The lighting creates highlights on the edges of the bars, giving a three-dimensional appearance. The background is a uniform light gray.

# PILAS DE COMBUSTIBLE

# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

Las pilas de combustible tienen muchas características que las hacen idóneas como dispositivos de conversión de energía, entre las que destacan su eficiencia relativamente alta y su bajo impacto ambiental prácticamente sin emisiones gaseosas ni partículas sólidas. Además, tienen capacidad para amoldarse a un amplio rango de usos y potencias, englobando desde las pequeñas aplicaciones portátiles hasta las grandes estaciones de cogeneración y trigeneración, pasando por todo tipo de aplicaciones móviles.





Existe una variedad de pilas de combustible en distintas etapas de desarrollo. De las múltiples tipologías de pilas de combustible que existen en la actualidad, son las pilas de combustible poliméricas (PEMFC) las que, por su simplicidad y baja temperatura de operación, próxima a 100 °C, están centrando la mayor parte de los desarrollos. En cuanto a las pilas de alta temperatura, son las pilas de combustible de óxidos sólidos (SOFC) las que están alcanzando un mayor grado tecnológico con eficiencias eléctricas cercanas al 50%, que de aprovecharse el calor residual para cogeneración, el rendimiento del dispositivo llega a alcanzar incluso el 80%.

A nivel nacional, la actividad en pilas de combustible también se centra en estas dos tecnologías como demuestran los datos del último congreso nacional de pilas de combustible celebrado en Sevilla en junio de 2010, CONAPPICE 2010, en el que alrededor del 80% de los artículos de investigación publicados hacían referencia a ambas tipologías.

Igualmente se mantiene el desarrollo de otros tipos de pila de combustible, como son las alcalinas (AFC), de carbonato fundido (MCFC), de ácido fosfórico (PAFC) o metanol directo (DMFC).

# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

## PILAS DE COMBUSTIBLE POLIMÉRICAS

Como ya se ha comentado anteriormente, las pilas PEM ofrecen ventajas únicas en términos de alta eficiencia, alta densidad energética, emisión nula de contaminantes y operación continua siempre que dispongan de combustible. No obstante, hay que destacar el hecho de que el coste y la duración son todavía los dos hándicaps importantes para la producción masiva y su consiguiente comercialización. Ciertos componentes hacen que esta tecnología sea excesivamente cara, como los catalizadores, los cuales están constituidos por partículas de platino. El problema es que el platino es un metal muy escaso en la naturaleza (se extraen únicamente unas 150 Tm anuales) y, por tanto, tiene un coste muy elevado. Desglosando los costes de los stacks (parte principal de la pila en la que se produce la reacción electroquímica), los metales nobles de los catalizadores de las pilas PEM representa aproximadamente el 55% del coste total, lo que resulta muy superior al coste de cualquier otro componente tal como la placa bipolar (10%), la capa difusora de gas (10%) y la membrana polimérica (7%). (J.L.G. Fierro - Instituto de Catálisis y Petroleoquímica CSIC, 2009)

Por otra parte, un problema fundamental de este tipo de pilas de combustible es la carencia de elementos optimizados globalmente en su BOP (Balance of Plant), ya que, de momento, dicho BOP está formado por componentes comerciales diseñados para otras aplicaciones, que no necesariamente son las pilas de combustible. En este sentido, la relevancia es muy grande porque prácticamente la mitad del coste de una pila lo

constituye los componentes que forman el BOP, con mucho menor margen de reducción de costes que el stack por industrialización (producción en serie), pero con margen considerable por rediseño y optimización.



Primera pila de combustible (tipo PEM) fabricada en serie de Ballard Systems la cual forma parte de los equipos de la Fundación del Hidrógeno en Aragón.

Las investigaciones actuales se están enfocando al desarrollo de nuevos catalizadores con menor contenido en metales nobles, sustituyendo el platino por otros compuestos con el fin de reducir costes, y a su vez, aumentar prestaciones.



También se están enfocando al desarrollo de membranas que permitan elevar la temperatura de operación de los 50 – 80 °C actuales a 150 – 200 °C, mejorando el rendimiento de las reacciones electroquímicas de la pila de combustible, aumentando la tolerancia a la presencia de CO en el flujo de hidrógeno, simplificando la gestión de calor y de agua y aumentando la cinética de las reacciones. La razón por la que se está trabajando a las bajas temperaturas actuales es porque el material que mejores prestaciones presenta para su uso en membranas en pilas PEM es el Nafion® y éste se empieza a degradar cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 80°C debido a la poca presencia de agua a esas temperaturas.



A la temperatura de operación actual de las pilas SOFC (900 °C), el combustible se puede reformar dentro de la celda produciendo electricidad y aprovechando el calor generado.

Precisamente, la Universidad de Zaragoza cuenta con uno de los pocos grupos en España que investiga pilas de combustible cerámicas y electrolizadores de alta temperatura para la producción de hidrógeno. El grupo se encuentra en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, Instituto Mixto Universidad de Zaragoza – CSIC, que está dirigido por el doctor Víctor Orera. El grupo colabora con grandes compañías y centros de investigación en los campos de las pilas de combustible y de la producción de hidrógeno. Fruto de estas investigaciones es la fabricación de micro-celdas tubulares con ánodo de LSM-YSZ, electrolito de circonia (YSZ) y cátodo de circonia estabilizada con níquel (Ni-YSZ), las cuales han sido objeto del proyecto **EVIDOS** (ECC-590000-2008-100), de la Fundación del Hidrógeno en Aragón, de desarrollo de pilas de combustible de óxidos sólidos para aplicaciones portátiles de muy baja potencia (<50W).



Stack de celdas tubulares desarrollado para el proyecto EVIDOS. Cortesía del Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA).

El principal problema de estas pilas de combustible es que precisan de materiales costosos (similares a los que se precisan para las turbinas de los aviones) debido a su alta temperatura de operación, cercanas a 900°C. Esto representa una dificultad para lograr que este tipo de tecnología se generalice. De ahí, que uno de los objetivos en las investigaciones en este campo sea, sin duda, reducir dicha temperatura (en torno a los 600°C) para poder utilizar materiales más económicos.

# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

## DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA. PROYECTOS DE REFERENCIA

A continuación, se describen brevemente algunos proyectos europeos, nacionales y regionales de referencia relacionados con las tecnologías de pilas de combustible (investigación básica, aplicaciones portátiles y aplicaciones estacionarias) desarrollados en los últimos años:

### A NIVEL EUROPEO:

- **Proyecto FCANODE, "Non-noble catalysts for PEMFC anodes"**, haciendo especial hincapié en la obtención de nuevos catalizadores con tamaños de partícula controlados en la nanoescala (sin participación española).
- **Proyecto ZEOCELL , "Nanostructured electrolyte membranes based on polymer/ionic liquids/zeolite composites for high temperature PEM fuel cells"**, coordinado por el Instituto de Nanociencia de Aragón, cuyo principal objetivo consiste en desarrollar membranas nanoestructuradas basadas en un material compuesto nuevo y multifuncional que se obtendrá gracias a la combinación sinérgica de líquidos iónicos, polímeros y de zeolitas.

### A NIVEL NACIONAL:

- **Proyecto CENIT DEIMOS: "Desarrollo e Innovación en Pilas de Combustible de Membrana y Óxido Sólido"**, con un presupuesto cercano a los 30 millones de euros, en el que participan 31 entidades entre empresas, centros tecnológicos e institutos de investigación, que entre otras actividades, contempla la investigación tecnológica en catalizadores y membranas para PEMFC nanoestructurados. Entre los participantes de este proyecto se encuentra el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, ICMA.
- **Proyecto SOFCMETAL**, cuyo objetivo consiste en investigar acerca de la optimización de la tecnología que permita en el futuro el desarrollo de cogeneradores de electricidad y calor basados en pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) con tecnología propiamente española.



Detalle de la instalación de hidrógeno correspondiente al proyecto H2FC – Security. Cortesía de GESAN.

#### A NIVEL REGIONAL:

- **Proyecto SHERA – FEZAR**, realizado en colaboración entre la empresa FEZAR y la Fundación del Hidrógeno en Aragón sobre suministro eléctrico mediante pilas de combustible asociadas a redes de distribución eléctrica débiles.
- **Proyecto H2FC – SECURITY** desarrollado por la empresa GESAN y VEA QUALITAS, con la colaboración de la Fundación del Hidrógeno en Aragón, para la integración de pilas de combustible en instalaciones estacionarias de vigilancia y seguridad.
- **Proyecto denominado “Optimización del diseño fluidodinámico y mecánico de un sistema de pila PEM de alta temperatura”** coordinado por el Laboratorio de Investigación en Tecnologías de Combustión (LITEC).

# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

## COMERCIALIZACIÓN DE PILAS DE COMBUSTIBLE

El número de empresas fabricantes de pilas de combustible para diferentes aplicaciones estacionarias (generación eléctrica distribuida, cogeneración, sistemas de back - up, sistemas autónomos), aplicaciones portátiles (fuentes de alimentación para electrónica portátil, grupos electrógenos) y aplicaciones móviles va aumentando paulatinamente acumulándose principalmente en EE.UU, Europa y Asia Oriental (Japón, China y Corea del Sur).

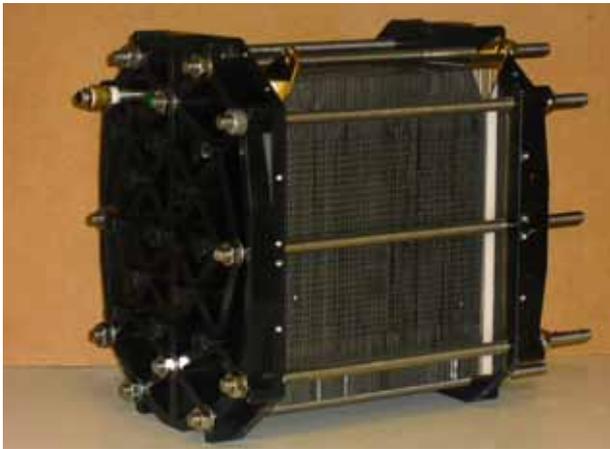
En España, actualmente existen dos compañías fabricantes de pilas de combustible tipo PEM:



Pila PEM de 10 kW en comercialización. Cortesía de AJUSA.

- AJUSA es una empresa situada en Albacete, con capital nacional, que ha estado principalmente dedicada, durante treinta y siete años, al diseño, la fabricación y la distribución de componentes para el sector de automoción. También dispone de un departamento de Tecnologías del Hidrógeno. La sinergia lograda entre el departamento de Tecnologías del Hidrógeno y los múltiples departamentos de fabricación ha conseguido que, dentro de las instalaciones de AJUSA, se puedan desarrollar y fabricar de manera autónoma todos los componentes necesarios para una pila de combustible PEM. De hecho, en su último catálogo ofrece pilas de combustible de hasta 10kW, unidades de potencia de hasta 5kW con función SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) y la posibilidad de fabricar placas bipolares metálicas bajo plano del cliente.
- CEGASA, con el apoyo de Cidetec (Centro de Tecnologías Electroquímicas, ubicado en el Parque Tecnológico de San Sebastián con amplio conocimiento en el funcionamiento de pilas de combustible de membrana polimérica, su caracterización y la determinación de los algoritmos de control), también ofrecen stacks y pilas de combustible PEM de entre 50W y 10kW de potencia.

A nivel regional existe una empresa spin-off del LITEC (Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión), centro adscrito al CSIC y a la Universidad Zaragoza, que se encuentra actualmente inmersa en el proceso de desarrollo de pilas de combustible PEM en un rango de potencia de 500 a 2000W. En la actualidad, esta compañía se encuentra en fase de optimización del diseño fluidomecánico de las placas bipolares y terminales que se emplearán como elementos en una pila de tipo PEM de 2 kW de potencia eléctrica incluyendo los canales de distribución de los gases reactantes para todas las placas de la pila, las geometrías de flujo y el método más eficiente para la extracción del agua generada en los cátodos. También está trabajando en el método óptimo de refrigeración en función de la cantidad de calor a extraer y en el desarrollo de diferentes procesos y herramientas que maximicen las prestaciones de la pila, garanticen su correcta estanqueidad y faciliten los diferentes procesos de montaje.



Stack de pila de combustible PEM desarrollada por el Laboratorio de Investigación en Tecnologías de Combustión (LITEC).



Banco de ensayos de pilas de combustible PEM desarrollado por el Laboratorio de Investigación en Tecnologías de Combustión (LITEC).

# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

## FORTALEZAS

- Grupos de investigación en Aragón con desarrollo de pilas PEM y SOFC.
- Buena relación de los centros de investigación aragoneses con otros españoles y europeos y participación en varios proyectos relevantes de I+D de pilas.
- Características especiales de las pilas frente a los sistemas convencionales: amplio rango de potencia, bajo nivel de ruido, sin emisiones, sin necesidad de recarga y tecnología modular que permite incrementar la potencia asociando unidades.
- Experiencia en integración de pilas para diferentes aplicaciones.
- Disponibilidad de instalaciones de laboratorio para los desarrollos de pilas y bancos de pruebas de las mismas.

## OPORTUNIDADES

- Mercado todavía por establecer y con posibilidad de alto crecimiento real tanto en aplicaciones estacionarias como portátiles.
- Las empresas aragonesas tienen capacidades para fabricar componentes de las pilas de combustible.
- Existencia de tejido industrial capaz de integrar las pilas en su producto final.
- Capacidades en la automatización de procesos de la fabricación de pilas.

## DEBILIDADES

- Falta de demanda que permita reducir costes a nivel de producción industrial.
- Carencia de elementos optimizados globalmente en el BOP (balance de planta) de la pila de combustible.
- La fiabilidad de las pilas de combustible comerciales debe mejorar para aumentar la confianza del usuario en esta tecnología.
- Las pilas de combustible de alta temperatura para aplicaciones estacionarias presentan una reducción significativa de su vida útil si se ven sometidas a un número elevado de ciclos de arranque y parada.

## AMENAZAS

- El grado de desarrollo de las baterías avanzadas puede condicionar el número y el alcance de los nichos de mercado de las pilas de combustible.
- Mercado oriental con precios muy bajos, pero con calidades inferiores en el producto suministrado.
- Al no existir un mercado asentado de pilas de combustible, la influencia desde los grandes programas internacionales de fomento de dicha tecnología (JTI-FCH, Departamento de Energía de EE.UU, etc.) pueden condicionar en gran medida las líneas de desarrollo correspondientes.

- 
1. La **tecnología** de las pilas de combustible es, por el momento, **pre-comercial**. Esto significa que, aunque es posible su utilización con rendimientos competitivos, para su implantación final **son todavía necesarias varias etapas de desarrollo**, fundamentalmente dirigidas a la **fabricación en serie** y al **aumento de la demanda de aplicaciones que requieran hidrógeno**, para potenciar la comercialización de las mismas.

---

  2. Los esfuerzos de investigación deben dirigirse hacia el **incremento de la durabilidad, fiabilidad y disminución de costes** de los sistemas de pilas de combustible. Para ello, resulta fundamental optimizar componentes y sistemas de control, automatizar los procesos de fabricación de stacks, desarrollar la electrónica de potencia asociada o investigar en nuevos materiales de bajo coste que permitan sustituir a los actuales.

---

  3. Las empresas aragonesas poseen **capacidades y experiencia** tanto en la **integración de pilas de combustible en producto final**, como en el **desarrollo de sus componentes asociados** (valvulería, electrónica de control y potencia, etc.). En este sentido, resulta fundamental fomentar el uso y desarrollo de instalaciones de caracterización y ensayo.

---

  4. Se cuenta con **grupos de investigación bien posicionados internacionalmente** relacionados con la investigación en pilas de combustible PEM y SOFC. La actividad de dichos grupos debería repercutir próximamente en la mejora de las características, de la vida útil, de la reducción de costes y de la puesta en marcha de nuevas spin-off a través del fomento de la transferencia tecnológica.
- 



# 04. PILAS DE COMBUSTIBLE

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Aparición de un nicho de desarrollo en la industria de componentes auxiliares (valvulería y electrónica de control y potencia) en pilas de combustible, requiriendo una innovación en los productos en cuanto a miniaturización.	CORTO PLAZO	
Aparición de empresas (o formación específica de existentes) con actividad en el montaje y mantenimiento de pilas de combustible.	MEDIO PLAZO	
Aparición de empresas para la automatización de procesos de fabricación de pilas o componentes de éstas.	LARGO PLAZO	



ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Investigación en componentes de pilas PEM, con proyectos de mejora de los electrolizadores.	CORTO PLAZO	▶
Resultados y transferencia de los mismos en nuevos componentes de pilas SOFC y PEMFC (catalizador y soporte).	MEDIO PLAZO	▶
Disminución de la temperatura de operación de las SOFC y testeo de nuevos materiales en componentes.	LARGO PLAZO	▶
Aumento de la temperatura de operación de las pilas PEM.	MEDIO PLAZO	

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Creación de laboratorios de test de componentes de PC desarrollados por empresas o grupos de investigación.	EN REALIZACIÓN	▶▶
Desarrollo de un Plan de Fomento del uso de pilas en el sector residencial y terciario en zonas aisladas, y promoción del uso de pilas de mayor potencia en municipios o pequeñas empresas.	MEDIO PLAZO	
Activación del mercado demandante de hidrógeno que genere la necesidad de aumentar la producción de pilas de combustible.	CORTO PLAZO	

05.





AUTOMOCIÓN

# 05. AUTOMOCIÓN



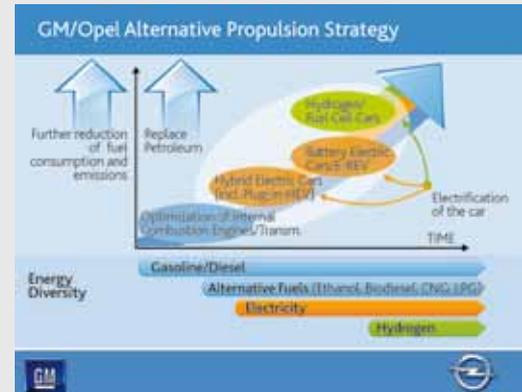
El desarrollo actual de la movilidad está evolucionando desde la mejora de un sistema establecido hacia la búsqueda de modelos complementarios y coexistentes

El sector transporte, como consumidor masivo de petróleo, tiene un elevado peso en el total de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación atmosférica (31% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en España), además de requerir cerca del 15% de la energía nacional (frente a la media europea situada en el 10%).

De mantenerse las condiciones y modelos actuales, las emisiones por transporte superarán en un 157% los máximos asumidos por España para 2020 a los que se comprometió con la firma de Kioto. Sin embargo, el sector de la automoción factura el 3,5% del PIB nacional empleando al 8,7% de la población activa. Para combatir este problema y otros a futuro como la seguridad energética, los diferentes actores implicados (sociales, políticos, tecnológicos,...) entienden que es preciso que se propicien medidas tendentes a reducir el consumo de combustibles fósiles.

Para estabilizar y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin actuar sobre el crecimiento industrial, parece existir cierto consenso internacional en cuanto a que la solución viene en parte de la mano de los vehículos con motor eléctrico, ya que su eficiencia es cuatro veces superior a la del motor de combustión interna y se reducen

## F.12 Estrategia de propulsión alternativa de GM/Opel. Cortesía de General Motors Europa.



de forma importante las emisiones al pasar de en torno a 300 g CO<sub>2</sub>/km a unos 75 g CO<sub>2</sub>/km con el uso de un vehículo eléctrico puro recargado mediante el mix actual de la red eléctrica española.

La tendencia marcada en los planes de desarrollo de todos los fabricantes de vehículos es la de la reducción de emisiones mediante la descarbonización progresiva de sus tecnologías hasta llegar al vehículo eléctrico alimentado con fuentes renovables. La tecnología existe y las limitaciones serían la autonomía y los tiempos de recarga. Por otra parte, otro inconveniente derivado sería la dificultad en la gestionabilidad de una red eléctrica con alta penetración de renovables. Es, en estas cuestiones clave, donde las tecnologías del hidrógeno juegan un importante papel.



# 05. AUTOMOCIÓN

La mayoría de los fabricantes de automóviles ya cuentan con varios modelos y prototipos de vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV), al que posicionan como el escalón final de la automoción sostenible y eficiente. Las pilas de combustible empleadas en automoción son de tipo PEM debido a su baja temperatura de operación, lo que facilita el período de arranque, y a su rápida cinética, necesaria para proporcionar aceleración.



Vehículo de Opel HydroGen4.

Los fabricantes mantienen las perspectivas sobre la descarbonización de tecnologías. El coche eléctrico es una realidad, pero la limitación de los primeros conceptos es la autonomía y los tiempos de recarga de las baterías

Por número de modelos desarrollados destacan las compañías Daimler y GM. Por producción debe señalarse a la compañía Honda con el FCX Clarity, con una capacidad de recarga de menos de 4 minutos que proporciona una autonomía de 460 km y una velocidad máxima de 160 km/h, encontrándose ya en leasing como vehículo certificado y de línea de producción. Igualmente el HidroGen4 de Opel, un crossover con la misma velocidad máxima y 360 km de autonomía, es la trasposición a la pila de combustible del Equinox de Chevrolet y, actualmente en Europa, el más avanzado en su fase de implantación. Hoy en día, se estima un parque en activo de al menos 1100 turismos con pila de combustible (108 modelos) y en torno a 120 autobuses (18 modelos). (Fuente: Fuel Cells 2000 y US Fuel Cell Council, Octubre 2009 y Enero 2010, respectivamente).

Este contexto hace del hidrógeno y de las pilas de combustible una solución al problema del transporte de cara al desarrollo de un modelo medioambiental y económicamente sostenible.



## EUROPA

En la Unión Europea se acometió desde 2006 y hasta 2009 el proyecto **HyFleet: CUTE**, continuación al proyecto **CUTE** del VI Programa Marco de la Unión Europea, el cual consistía en la construcción, puesta en marcha y análisis del comportamiento de 33 autobuses urbanos eléctricos híbridos alimentados por pila de combustible de hidrógeno y baterías de ión – litio y 14 autobuses con motor de combustión interna alimentados con hidrógeno (estos últimos operando únicamente en la ciudad de Berlín). El proyecto HyFleet: CUTE fue liderado por Daimler AG y se desarrolló en ocho ciudades europeas (Ámsterdam, Londres, Madrid, Barcelona, Berlín, Luxemburgo, Hamburgo y Reykjavik) además de la ciudad australiana de Perth y Pekín. El éxito de este proyecto se resume en algunos datos como los más de 2,5 millones de kilómetros recorridos y las más de 170.000 horas de funcionamiento de dicha flota de autobuses.

Aunque en los últimos meses las noticias de automoción eficiente giran en torno a inversiones y desarrollos en proyectos de automóviles eléctricos puros enchufables, cabe destacar que en Europa no se ha detenido la inversión para el FCEV. Por ejemplo, en los años 2009 y 2010 la

# 05. AUTOMOCIÓN

Unión Europea, a través de la correspondiente JTI en hidrógeno y pilas de combustible, ha invertido alrededor de 120 millones de euros para fomentar el desarrollo de proyectos demostrativos de flotas de vehículos de hidrógeno, entre los que destacan el proyecto **H2 Moves Scandinavia** y el proyecto **CHIC** relativos a turismos y autobuses de pila de combustible respectivamente. A esta cantidad habría que añadirle las inversiones realizadas por los diferentes países que disponen de programas propios para el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible, como es Alemania, con un presupuesto anual de unos 50 millones de €, de los cuales, una cantidad importante va dirigida al desarrollo de este tipo de vehículos. Además, se deben considerar las inversiones privadas de las principales compañías fabricantes de vehículos que continúan, pese a la delicada situación actual del sector automoción en particular y de la economía mundial en general, con la fabricación de sus respectivos prototipos de vehículos de pila de combustible alimentados con hidrógeno. De hecho, se ha firmado recientemente una Carta de Entendimiento (Letter of Understanding, LoU) conjuntamente entre Daimler AG con Ford Motor Company, General Motors Corporation, Honda Motor Co, Hyundai Motor Company, KIA Motors Corporation, Renault SA, Nissan Motor Corporation y Toyota Motor Corporation con el objetivo de formar un grupo de presión para instar a las compañías distribuidoras y a los gobiernos a que lleven a cabo acciones orientadas a la creación de una red de distribución de hidrógeno estandarizada en los diferentes países de la Unión Europea. La expectativa de este grupo de empresas consiste en contar con la suficiente capacidad para acelerar el proceso de desarrollo, de tal forma que a partir del año 2015 podría comercializarse una cantidad bastante significativa de vehículos eléctricos con pila de combustible.

Por otro lado, en cuanto a flotas de vehículos para transporte público, se debe destacar que recientemente se ha creado la Hydrogen Bus Alliance, formada por 10 ciudades y regiones europeas con un compromiso financiero y político fuerte para fomentar la comercialización de la tecnología de los autobuses de hidrógeno para el año 2015.



## ESPAÑA

A nivel nacional hay que destacar en primer lugar el proyecto singular y estratégico **Hércules**, con un presupuesto de unos 10 millones de euros, coordinado por la empresa andaluza Hynergreen. En este proyecto se aprovecha la energía del sol para la producción del hidrógeno mediante paneles fotovoltaicos y un sistema Stirling que generan la energía eléctrica empleada por el sistema electrolizador. El hidrógeno renovable producido se dispensa en una estación de servicio a vehículos eléctricos que tengan la capacidad de propulsarse mediante este gas.

Otro proyecto de referencia con participación española es el proyecto **HyChain MINITRANS** formado por un consorcio de 24 entidades europeas cuyo objetivo es desplegar varias flotas de vehículos accionados mediante pilas de combustible en cuatro regiones de Europa, entre las que se encuentra la ciudad de Soria, operando con hidrógeno como fuente alternativa de combustible. Finalmente, también se debe comentar el proyecto **Don Qhyxote Car 07** llevado a cabo por la empresa AJUSA, que consistió en desarrollar un vehículo de seis plazas de pila de combustible. Además, esta empresa ha aplicado su tecnología de pilas PEM a otros vehículos tales como scooters y carros de golf.

Por otro lado, a nivel nacional las instituciones públicas están apostando de forma decidida por fomentar el desarrollo del vehículo eléctrico enchufable mediante la puesta en marcha de iniciativas tales como el proyecto **MOVELE** o el proyecto **REVE** que pretende reducir los 75 g CO<sub>2</sub>/km emitidos por un vehículo eléctrico puro a 0 empleando únicamente electricidad procedente de energías renovables a la vez que trata de aumentar su gestionabilidad. Desde el sector de las nuevas tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible se cree que el impulso al coche eléctrico enchufable puede ser un fenómeno tractor para el vehículo de hidrógeno de pila de combustible, que de forma natural, debería ser el siguiente paso.

## ARAGÓN

La Fundación del Hidrógeno en Aragón ha trabajado en la solución conjunta de los factores limitantes tanto del vehículo como de la infraestructura asociada (autonomía, recarga y gestión de la fuente) mediante el uso de las

tecnologías del hidrógeno.

Por un lado, se desarrolló el proyecto IHER (Infraestructura Tecnológica del Hidrógeno y Energías Renovables, PCT-A22266217-2005) basado en la producción de hidrógeno mediante EERR para posteriormente usarlo en automoción, consiguiendo así una gestión óptima de estas energías (inyectando la electricidad renovable a red cuando hay demanda y produciendo y almacenando hidrógeno cuando no la hay, de este modo se aprovecha al 100% la electricidad procedente de recursos renovables). Fruto de este proyecto, surge la hidrogenera puesta en servicio en el Parque Tecnológico Walqa en junio de 2010 anteriormente comentada. Paralelamente, tanto la Fundación del Hidrógeno en Aragón, como diferentes universidades, centros tecnológicos y empresas de la Comunidad Autónoma de Aragón han trabajado en el diseño, dimensionado y construcción de un prototipo de kart eléctrico basado en pila de combustible de hidrógeno, con el fin de investigar el comportamiento de dicha tecnología a escala real.

El kart compitió en 2008 y 2009 contra equipos de todo el mundo en la competición internacional **Formula Zero**, cuyo objetivo era demostrar que podía conjugarse la competición automovilística con el respeto al medio ambiente. Este campeonato ha dado la oportunidad de poner al límite la tecnología de pila de combustible, mejorar los sistemas involucrados y demostrar al público presente en las carreras que es una tecnología potente, limpia y, sobre todo, segura.

Este vehículo, el primer kart de hidrógeno made-in-spain, consiguió llevar al público general sus características gracias al marcado interés de los medios de comunicación sirviendo tanto de laboratorio de pruebas como de foco de difusión.

# 05. AUTOMOCIÓN

Diferentes fotografías del kart de hidrógeno. En la fotografía de abajo el Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López bebe el agua generada por la pila de combustible que aporta la potencia necesaria al vehículo. Presentación del proyecto Formula Zero en la Ciudad del Motor de Alcañiz, abril de 2008.



El campeonato Formula Zero ha dado la oportunidad de poner al límite la tecnología de pila de combustible, mejorar los sistemas involucrados y demostrar al público que es una tecnología potente, limpia y, sobre todo, segura.



Todos los conocimientos adquiridos en el Proyecto Formula Zero son válidos para la automoción en general, muestra de ello es el actual proyecto nacional "Vehículo-herramienta multipropósito teleoperado con tracción integral y sistema de propulsión basado en pila de combustible" (Ministerio de Ciencia e Innovación CIT-370000-2008-11), el cual pone en valor dichos conocimientos tecnológicos y da todas sus ventajas al ámbito industrial, o el proyecto **LIFE + ZeroHyTechPark** en el que se van a reconvertir dos vehículos eléctricos de baterías cedidos por la empresa Endesa en dos vehículos de pila de combustible alimentados por hidrógeno.

Por lo tanto, se ve que en la actualidad ya existen muchos proyectos de demostración, que aunque lejos de la comercialización debido a los costes de fabricación, pretenden identificar los problemas técnicos en el uso diario de esta tecnología. En este sentido, los programas de investigación y desarrollo internacionales se enfocan en el transporte colectivo urbano, pues sus características de flota permiten aminorar algunos de los problemas, especialmente el del suministro de hidrógeno, lo cual facilita en gran medida su introducción en la sociedad actual en un periodo de tiempo más cercano.

Vehículos eléctricos de baterías que serán reconvertidos a FCEVs bajo el proyecto LIFE+ ZeroHyTechPark.



# 05. AUTOMOCIÓN

## FORTALEZAS

- Buena aceptación pública de vehículos propulsados con combustibles alternativos.
- Sector de automoción con un fuerte arraigo en la región cuyo principal exponente continúa apostando de forma decidida por la línea del vehículo de hidrógeno.
- Aragón como centro estratégico en la autopista del hidrógeno. Es la única región española que tiene una hidrogenera en sus dos ciudades principales.
- Sólida proyección de la imagen de Aragón respecto al hidrógeno y al sector automoción gracias a la Fundación del Hidrógeno en Aragón y su Patronato, la infraestructura de repostado puesta en servicio y el proyecto del kart de hidrógeno, que ha sido una iniciativa de reconocido impacto sobre integración de pilas de combustible en aplicaciones de movilidad sostenible.

## OPORTUNIDADES

- La automoción sigue siendo potencialmente el gran consumidor de hidrógeno a medio y largo plazo.
- El impulso al coche eléctrico enchufable puede provocar de forma natural la adopción de la pila de combustible en un segundo paso.
- Concepto "range extender": en ciudad funcionar con baterías recargables e hidrógeno para una mayor autonomía en carretera.
- El fenómeno tractor de la automoción en relación con la tecnología de las PC puede conllevar un abaratamiento global de su precio cuando el FCEV logre alcanzar una cuota de mercado relevante.
- Nichos de negocio en aplicaciones especiales: vehículos industriales, motos, caravanas, APUs (unidades auxiliares de energía).
- El vehículo eléctrico de pila de combustible alimentado con hidrógeno surge como un elemento regulador de la red eléctrica.

## DEBILIDADES

- Las decisiones de inversión en desarrollo y de comercialización del vehículo de pila de combustible corresponde a los fabricantes de coches, grandes corporaciones globales.
- El sector auxiliar del automóvil está supeditado, en el caso del vehículo de pila de combustible, a la decisión de los fabricantes de coches de proceder a la fabricación en serie, por lo que les resulta difícil justificar esfuerzos prematuros en desarrollo de producto en estas tecnologías.
- El vehículo eléctrico en general conlleva unos costes de adquisición mayores que los vehículos convencionales.
- La comercialización del vehículo eléctrico en general requiere previamente de la inversión en una red suficiente de repostaje, y de formación de técnicos.

## AMENAZAS

- Los plazos previstos para la primera comercialización se establecen como pronto en 2015, con rampas de crecimiento suaves, hecho que puede desmotivar la inversión previa y la preparación de la infraestructura.
- Los grandes proyectos de la JTI-FCH en movilidad (hasta 2015) beneficiarán a los países, regiones y ciudades que hayan establecido estrategias claras y a largo plazo sobre el vehículo de pila de combustible.
- Dada la percepción de incertidumbre sobre el retorno de las inversiones en I+D para la industria auxiliar, existe riesgo de quedarse fuera del mercado para las empresas componentes que no se hayan posicionado y no reaccionen en el momento adecuado.

1. Todavía queda cierto camino por recorrer para disponer de vehículos eléctricos de pila de combustible en nuestras calles, en nuestras industrias, en nuestra vida cotidiana. Para ello, habrá que superar retos tales como la **reducción de costes** hasta niveles de 100€/kW, **aumento de la vida útil de las pilas de combustible en automoción** hasta las 8000 horas de funcionamiento o la creación de una **infraestructura de repostaje** sólida en paralelo al desarrollo de los vehículos.
2. Existe un volumen de producción importante en cuanto a proveedores del sector de automoción aragonés cuya **diversificación concreta hacia vehículo eléctrico con pila de combustible** a través de I+D e infraestructura supone una importante oportunidad.
3. El desarrollo del **coche eléctrico supone un fenómeno tractor al modelo con pila de combustible**, con buena aceptación gracias a la imagen proyectada estos últimos años.
4. El sector de automoción es uno de los sectores de actividad industrial más importantes en la región. En términos de infraestructuras, se dispone de la **primera autopista del hidrógeno española** (Zaragoza - Huesca) y de **circuitos de pruebas** (Parque Tecnológico del Motor) que proporcionan condiciones óptimas para situar a Aragón en un **lugar de referencia del mapa nacional y europeo del automóvil de hidrógeno**. A su vez, se debe fomentar la creación de **flotas cautivas de transporte urbano** demostrativas para lograr una mayor repercusión y popularización de estas tecnologías.
5. **Capacidad real para la creación de nichos de negocio** relacionados con el desarrollo de **aplicaciones especiales** en términos de vehículos industriales, motos, caravanas o APUs.



# 05. AUTOMOCIÓN

ACCIONES INDUSTRIALES	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Fabricación de vehículos especiales (industriales, de limpieza, etc.) y puesta en marcha de flotas de estos vehículos.	CORTO PLAZO	▶▶
Aplicación de pilas de combustible como APUs (unidades auxiliares de energía) para diferentes aplicaciones como calefacción de contenedores, camiones frigoríficos, sistema de autocaravanas, etc.	MEDIO PLAZO	▶
Especialización de los proveedores de automoción en fabricación y/o desarrollo de componentes para vehículos de hidrógeno que abaraten los precios de los mismos.	LARGO PLAZO	



ACCIONES DE INVESTIGACIÓN	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desarrollo de electrónica de potencia avanzada adaptada a tecnologías del hidrógeno.	MEDIO PLAZO	

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Acciones para la creación de flotas de transporte urbano demostrativas, con objetivo de lograr una repercusión social y el fomento de estas tecnologías.	MEDIO PLAZO	▶
Formación de personal especializado en tecnologías relacionadas.	CORTO PLAZO	
Potenciación de estructuras transversales especializadas en el testeado y mantenimiento de componentes y sistemas relacionados.	MEDIO PLAZO	

06.





IMPACTO  
SOCIOECONÓMICO

# 06. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Para potenciar las nuevas tecnologías del hidrógeno resultan necesarias acciones transversales que sirvan de soporte a las acciones de carácter eminentemente industrial e investigador apuntadas en los capítulos anteriores.





Resulta indispensable promover la concienciación social y aumentar el grado de conocimiento en estas tecnologías, así como la definición de reglamentos, normas y requisitos de seguridad para equipos e instalaciones, e impulsar políticas que ayuden a financiar proyectos relacionados o aquellas actividades que favorezcan la transferencia de tecnología entre el conjunto empresa – centro de investigación – universidad. Todos estos factores son claves para la implantación y el despliegue de estas tecnologías.

## CONCIENCIACIÓN SOCIAL Y FORMACIÓN

El éxito socioeconómico de un proceso innovador no sólo depende de la propia innovación tecnológica, sino que también depende de la aceptación pública de dicha innovación, que de no ser la adecuada puede suponer un obstáculo para el desarrollo e introducción de una nueva idea. En especial, el conocimiento, la confianza y la familiaridad juegan un papel importante para la percepción del riesgo y con ello para la aceptación pública de nuevas tecnologías.

Expandir el uso del hidrógeno como vector energético requiere un esfuerzo en concienciación y formación importante en todos los sentidos. Los niveles actuales de conocimiento y concienciación en tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible son bajos. Además, los habituales malentendidos existentes sobre las propiedades del hidrógeno tienen un efecto negativo en la opinión global que se tiene acerca del uso seguro del mismo.

En Europa se han desarrollado proyectos en los últimos años cuyo fin era mejorar el grado de concienciación social y formación de sectores de público claves en tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible:

Claro ejemplo es el proyecto **Hytrust** alemán, que pretende mejorar la aceptación de las tecnologías del hidrógeno por parte del consumidor, así como la confianza en los principales agentes que desarrollan productos basados en tecnologías del hidrógeno.

La Fundación del Hidrógeno en Aragón pertenece desde 2007 a la red de Unidades de Cultura Científica (UCC) impulsada por el Ministerio de Ciencia e

# 06. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Innovación, a través de FECYT, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Como UCC persigue apoyar la difusión, la comunicación y la divulgación de los resultados de las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico que se generan en el seno de la entidad. En este sentido, lleva a cabo actividades como la realización de visitas guiadas a sus instalaciones para todo tipo de público, la participación en ferias para la promoción de la cultura científica, así como la organización de eventos y actividades formativas.

Además, la Fundación del Hidrógeno en Aragón lidera el Grupo de Formación, Sensibilización y Percepción Social de la Plataforma Tecnológica Española de Hidrógeno y Pilas de Combustible.

A través del proyecto **H2-Training** (ES/06/B/F/PP-149461), del que tanto la Fundación del Hidrógeno en Aragón como la Fundación San Valero formaron parte, se realizó entre 2006 y 2008 un diseño curricular para formar a técnicos europeos en hidrógeno y pilas de combustible, llevando a cabo una acción piloto e-learning con más de 150 alumnos de empresas europeas. Como continuación, el proyecto **HYPROFESSIONALS** (Nº 256758) de la FCH JTI, coordinado por la Fundación del Hidrógeno en Aragón y contando de nuevo con la participación de Fundación San Valero, desarrollará las acciones y el programa curricular ampliando el rango de niveles para asegurar la capacidad de respuesta de un sector en desarrollo.



Reunión de trabajo del proyecto H2 - training. Zaragoza, 2007.



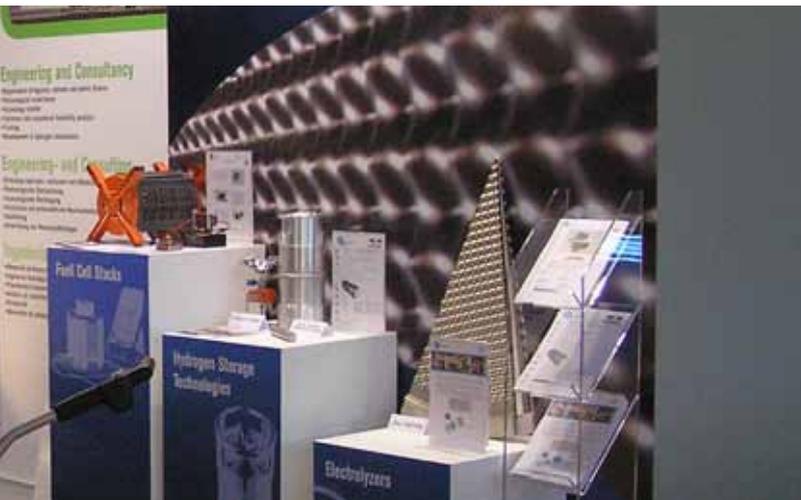


Día del Hidrógeno en la Tribuna del Agua (Expo 2008), y entrega del diploma de Patrono de Honor a Don Víctor Orera, septiembre de 2008.



Personal de la Fundación del Hidrógeno en Aragón impartiendo una clase práctica sobre energía fotovoltaica.

En Aragón, en el ámbito de formación, la Fundación del Hidrógeno en Aragón organiza un curso de verano anual en tecnologías del hidrógeno, del que se han cumplido este año ya seis ediciones, dos de ellas bajo los auspicios de la UNED de Barbastro (2005 y 2007), otras dos en la Universidad de Verano de Teruel (2006 y 2008) y dos en la Sede Pirineos de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (2009 y 2010), con casi 200 alumnos en total. Desde el curso académico 2009-2010 se imparte en la Universidad de Zaragoza un título oficial de Máster de Iniciación a la Investigación en Energías Renovable, que incluye 5 créditos (50 horas lectivas) en tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.



Stand de la Fundación del Hidrógeno en Aragón durante el "Group Exhibit Hydrogen and Fuel Cells" de la Feria de Hannover del año 2009.

# 06. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Visitas realizadas a las instalaciones de la Fundación del Hidrógeno en Aragón en el Parque Tecnológico Walqa.



Por otra parte, la Universidad de Zaragoza, imparte año a año el Máster de Energías Renovables y el Diploma de Especialización en Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible (de 2005 a 2009, posteriormente fusionado con el Máster de Energías Renovables), gestionado por Fundación CIRCE, y con el patrocinio y colaboración de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Un total de 70 alumnos cursaron este Diploma en sus cuatro ediciones. Además, en colaboración con SEAS, Plataforma de formación a distancia de Fundación San Valero, dispone de un curso on-line por el que han pasado más de 300 alumnos españoles y latinoamericanos.

En abril de 2010, personal de la Fundación del Hidrógeno en Aragón impartió para el Instituto Aragonés de Administración Pública un curso de formación, muy probablemente el primero a nivel europeo dirigido a funcionarios de las Administraciones Públicas que deban intervenir en la tramitación administrativa de instalaciones asociadas a las tecnologías del hidrógeno. Veinticinco personas recibieron esta formación.

Con respecto a actividades de concienciación social, a lo largo de los últimos 4 años, varios miles de personas provenientes de colegios e institutos, universidades, centros de investigación, asociaciones de diferentes ámbitos, empresas, delegaciones políticas o público en general, han visitado las instalaciones de la Fundación del Hidrógeno en Aragón teniendo la oportunidad de conocer un poco mejor estas tecnologías innovadoras. En el año 2009, el número de visitantes superó la cifra del millar de personas.

## NORMATIVA, REGLAMENTACIÓN Y SEGURIDAD

Desarrollar y publicar reglamentos y normas es esencial para establecer un ambiente receptivo de cara a la comercialización de productos y sistemas seguros.

En lo que respecta a las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, en los últimos cuatro años se han finalizado dos de los proyectos europeos más importantes ejecutados hasta el momento sobre normativa, reglamentación y seguridad en tecnologías del hidrógeno.

A través del proyecto **HySafe** se ha conseguido crear una red de excelencia sobre seguridad del hidrógeno como vector energético. Dicho proyecto está teniendo continuación a través de la creación en el año 2009 de la Asociación Internacional HySafe, la cual está abierta a entidades de todo el mundo, y que determina el estado del arte de la seguridad con hidrógeno desarrollando de forma continua programas de investigación estratégicos en la materia.

Como resultado del proyecto **HyApproval** se ha publicado un manual que pretende servir de base para la legalización de estaciones de servicio de hidrógeno en Europa. Una recomendación clave que se incluye en este manual consiste en que a corto plazo se debería desarrollar un marco regulatorio eu-

ropeo único para estaciones de servicio de hidrógeno permitiendo así un diseño de "estación tipo" que fuera aprobado en todos los países de la Unión Europea. En este sentido, se cree que el método más eficiente sería a través del desarrollo y publicación de un Reglamento Europeo.

En términos de reglamentación europea específica en tecnologías del hidrógeno, se debe comentar que a principios del año 2009 se publicó el Reglamento N° 79/2009 relativo a la homologación de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno. La publicación de este Reglamento se considera un primer paso dado muy importante para lograr el objetivo de establecer un mercado global de vehículos de hidrógeno en Europa, al tiempo que se proporciona un alto nivel de seguridad pública y protección medioambiental.

A nivel regional también existe actividad importante en el ámbito de la reglamentación, normativa y seguridad con hidrógeno. En este sentido, el Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón, la Fundación del Hidrógeno en Aragón y el CSIC forman parte del Plenario del Comité Técnico de Normalización 181 de AENOR cuyo campo de actividad es la normalización de los aspectos relacionados con sistemas y dispositivos para la producción, almacenamiento, transporte, medición y utilización del hidrógeno. Este Comité también realiza actividades de seguimiento y participación en los trabajos de normalización del Comité de Normalización internacional ISO/TC 197, elabora documentos normativos netamente nacionales de interés para el desarrollo del sector y además supone un foro de encuentro nacional para los diferentes agentes interesados.

# 06. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

## TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Llevar a cabo proyectos que fomenten la transferencia tecnológica de hidrógeno resulta de vital importancia para impulsar la competencia y los beneficios económicos de las instituciones y organizaciones participantes en los mismos.

El proyecto **HYTETRA** (INN7/ 030625), financiado por la Comisión Europea a través del 6º Programa Marco, fue desarrollado entre 2006 y 2008 con el fin de apoyar a las pymes europeas a la hora de enfrentarse a las tecnologías del hidrógeno mediante la realización de actividades de transferencia tecnológica.

El consorcio estuvo compuesto por referentes en la transferencia de conocimiento en hidrógeno de Suecia, Reino Unido, Alemania, Italia y España (Fundación del Hidrógeno en Aragón), cooperando a su vez con una bolsa de 'Proveedores Tecnológicos' europeos para monitorizar las ofertas y demandas tecnológicas definidas por éstos y las pymes participantes.

El proyecto **HYRREG** (SOE1/P1/E100, Programa Interreg SUDOE IVB), del que la Fundación del Hidrógeno en Aragón es coordinador, plantea entre 2009 y 2011 la creación de una plataforma donde universidades, empresas y centros de investigación puedan encontrar sinergias para lanzar proyectos en cooperación. Otra de las acciones de este proyecto consiste en diseñar una hoja de ruta para el desarrollo de la economía del hidrógeno en las regiones del sudoeste europeo.



Reunión de seguimiento del proyecto Hyrreg celebrada en la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Junio de 2010.



Presentación del proyecto Hyrreg el 30 de noviembre de 2009 en Zaragoza.

# 06. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

## FINANCIACIÓN Y ASOCIACIONISMO

La financiación del desarrollo y despliegue del hidrógeno y pilas de combustible es un aspecto crítico para el asentamiento de la infraestructura mínima necesaria. Tal es así, que la Plataforma Tecnológica Española de Hidrógeno y de las Pilas de Combustible ha seleccionado como la acción con el mayor grado de prioridad, tanto a corto como medio plazo, en la que deberían centrarse los mayores esfuerzos para desarrollar el sector del hidrógeno en España, al hecho de revisar, adaptar y continuar con los incentivos en inversiones relacionadas con el hidrógeno y las pilas de combustible, los procesos de fabricación de pilas, y con las políticas marco de energía, transporte y medioambiente que primen la utilización de hidrógeno y pilas, con asignación presupuestaria específica, como un motor importante en el desarrollo de infraestructuras en España.

Europa ha identificado las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible como un sector estratégico dentro de la I+D+i, y ha constituido una de las 5 Iniciativas Tecnológicas Conjuntas en este tema. Esta Iniciativa Tecnológica Conjunta en Hidrógeno y Pilas de Combustible (FCH JTI, en sus siglas inglesas) tiene el objetivo de gestionar los presupuestos del VII Programa Marco destinados a hidrógeno y pilas de combustible y está formada por macroconsorcios público-privados con un programa determinado de investigación aplicada y de desarrollo de tecnología.

Regiones y municipios europeos que forman parte de la Asociación HyRaMP.



Para el periodo temporal 2007 – 2013 que cubre el VII Programa Marco, el presupuesto global de la JTI asciende a 940 millones de euros, de los cuales el 50% lo aporta la Unión Europea (Comisión Europea, Estados Miembros y Regiones) y el otro 50% debe ser aportado por las empresas que participen en los proyectos fomentando así la inversión privada y la integración de empresas de carácter innovador.

Esta JTI está formada por un Grupo Industrial (Industry Grouping) y un Grupo Investigador (Research Grouping). De este último, forma parte la Fundación del Hidrógeno en Aragón desde octubre de 2008, y desde 2010 de su Consejo de Gobierno.



Por otro lado, en abril de 2008 se fundó HyRaMP, la Asociación Europea de Regiones y Municipios con interés en Hidrógeno y las Pilas de Combustible, cuyo principal objetivo consiste en proveer a las regiones y municipios de personalidad jurídica distinguible y con capacidad de influir en la Iniciativa Tecnológica Conjunta del Hidrógeno. En estos momentos (año 2010), la región de Aragón, a través del Ilmo. Sr. Javier Navarro Espada, Director General de Industria y de la PYME del Gobierno de Aragón, asume una de las vicepresidencias de la Asociación. Las regiones que forman parte de HyRaMP suponen un nivel inversor en estas tecnologías del mismo orden de magnitud que la propia FCH JTI.

Otra iniciativa lanzada en la Comunidad que tiene como objetivo aumentar el número de proyectos europeos financiados, y con ello, el consiguiente retorno económico para la I+D en Aragón, es la constitución de la Red Aragón 7PM.

Esta Red pretende favorecer el diseño e implementación de una estrategia común regional que refuerce la participación de los distintos actores del sistema científico - tecnológico aragonés en el 7º Programa Marco de I+D de la Unión Europea.

La Fundación del Hidrógeno en Aragón participa en esta Red (coordinada por la Universidad de Zaragoza) con el fin de potenciar la financiación de proyectos aragoneses sobre tecnologías del hidrogeno a nivel europeo.

Por último, se quiere destacar que desde Aragón en estos momentos se está en el proceso de creación de una Agrupación de Empresas Innovadoras en Nuevas Tecnologías del Hidrógeno (AEI NTH) con el fin de aprovechar las oportunidades de dichas tecnologías para diversificar y fortalecer la actividad tecnológica e industrial a nivel regional y constituir un "centro red" que se presente al exterior como una unidad potente en tecnologías del hidrógeno, con un grupo adscrito tanto de empresas como de investigadores que desarrollen acciones conjuntas y líneas estratégicas de I+D+i comunes al clúster.



Miembros de la Red Aragón 7PM.

# 06.

## IMPACTO SOCIOECONÓMICO

### FORTALEZAS

- Compromiso del Gobierno de Aragón para apoyar al hidrógeno como una estrategia regional a medio y largo plazo.
- Mantenimiento de la línea estratégica del hidrógeno a nivel europeo (JT).
- Interés industrial en Aragón y existencia de la Fundación del Hidrógeno en Aragón como herramienta de apoyo a las empresas y agente articulador de cara al exterior. Ampliación del Patronato de la Fundación hasta 64 patronos.
- Establecimiento de una extensa red de contactos, articulados desde la Fundación del Hidrógeno en Aragón, con otras empresas y entidades del sector a nivel nacional e internacional.
- Existencia de iniciativas formativas oficiales a nivel universitario.

### OPORTUNIDADES

- Mercado emergente y con posibilidad de alto crecimiento.
- Desarrollo de normas: todos los protocolos que existen ahora se pueden transformar en normas sobre el uso de hidrógeno y sus aplicaciones.
- Existencia de otras iniciativas a nivel regional que pueden establecer sinergias e impulsar el desarrollo de las nuevas tecnologías del hidrógeno (Tecnoebro, institutos universitarios, Red Aragón 7PM, AEI NTH, etc.).
- Realización en Zaragoza de grandes eventos relacionados con el hidrógeno como el Congreso Mundial del hidrógeno, WHEC 2016, entre otros.

### DEBILIDADES

- Dado que las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible precisan todavía de una fase de investigación antes de su comercialización, las debilidades del sistema nacional de ciencia y tecnología no nos favorecen frente a terceros países, como en el caso de la relación ciencia - tecnología - empresa, la estabilidad del personal de I+D o la necesidad de mayor coordinación entre los agentes de I+D.
- Los instrumentos de financiación de la I+D favorecen a tecnologías con plazos de retorno más cortos.
- Dado que los mercados en estas tecnologías van a ser globales, las PYMES aragonesas deberían fomentar más su internacionalización.
- El desconocimiento general crea una percepción sobredimensionada de peligrosidad del hidrógeno, que puede dificultar la aceptación de su uso.

### AMENAZAS

- La carencia de formación en estas tecnologías en el nivel de técnico especialista puede suponer falta de personal cualificado en el momento de expansión del mercado.
- La adopción de estándares y elaboración de normas sin participación de las empresas interesadas, puede hacer que éstas se queden fuera del mercado.
- Otros países de nuestro entorno han elaborado programas en hidrógeno y pilas de combustible a nivel nacional que les permiten la obtención de la masa crítica necesaria para lograr la competitividad.

1. **Existen condiciones favorables de asociacionismo** en un sector emergente capaz de formular oportunidades de negocio y disminuir el periodo de retorno de las inversiones gracias al apoyo de programas públicos.
2. En cuanto al apoyo de las diferentes instituciones, se percibe un **compromiso firme y favorable tanto a nivel europeo como regional**. A destacar es el **fortalecimiento de la Fundación del Hidrógeno en Aragón como mecanismo de articulación** e impulsión de proyectos a todos estos niveles, mediante la formación de un grupo adscrito de empresas e investigadores que desarrollan conjuntamente las acciones enmarcadas en el Plan Director del Hidrógeno en Aragón.
3. Resulta necesario continuar **poniendo en marcha y consolidar herramientas de transferencia y formatos de difusión de resultados**, tanto para la sociedad en general como para las empresas implicadas. Dichas herramientas y formatos **rellenan los huecos de conocimiento en la percepción del público más general** respecto a estas tecnologías, y por otra parte **apoyan tecnológicamente** a los sectores industriales involucrados.
4. Aunque ya existe especialización universitaria en tecnologías del hidrógeno a nivel posgrado y máster, faltan **planes formativos para personal técnico medio y profesionales cualificados en manejo y operación de equipos de hidrógeno**.
5. Para el fortalecimiento de la capacidad de desarrollo de proyectos faro de las empresas aragonesas se ve necesaria la inversión de esfuerzos en la **relación con la universidad**, la **estabilización del personal investigador**, así como en el conocimiento y en la **participación en las principales iniciativas europeas** que fomentan la I + D en estas tecnologías.



Acto de inauguración del edificio de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. PT Walqa, 6 de mayo de 2008.

# 06.

## IMPACTO SOCIOECONÓMICO

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
Desconocimiento general por parte de la sociedad en usos, ventajas e inconvenientes de las nuevas tecnologías del hidrógeno. Realización de conferencias, cursos divulgativos y acciones de comunicación a varios niveles que puedan cubrir sectores amplios de la sociedad.	CONTINUO	▶
Desconocimiento empresarial de oportunidades relacionadas con el hidrógeno. Creación de un formato de difusión de resultados del estado del arte o estudio tecnológico dirigido a empresas.	CORTO PLAZO	▶
Mayor difusión de las herramientas de cooperación empresarial en el ámbito del hidrógeno. Creación de foros de innovación donde se lleve a cabo transferencia tecnológica.	CORTO PLAZO	▶
Inversión de instituciones financieras y empresas de capital riesgo en proyectos de innovación con hidrógeno. Aparición de instituciones y/o mecanismos de financiación a nivel nacional y europeo.	LARGO PLAZO	
Mantenimiento de una base de datos sobre normativa y legislación relacionada con el hidrógeno.	CONTINUO	▶
Falta de regulación sobre hidrógeno, factor que influye negativamente en el desarrollo de nuevos productos. Fomento de la participación de empresas y organismos aragoneses en los comités normalizadores.	CORTO PLAZO	▶
Establecimiento de requerimientos en investigación necesarios fuera de la Comunidad Autónoma y consolidación de relaciones con los centros tecnológicos y de investigación pertinentes.	CONTINUO	▶

ACCIONES DE SOPORTE	HORIZONTE TEMPORAL	GRADO DE AVANCE
<p>Aunque ya existe especialización universitaria en hidrógeno a nivel post grado y máster, son necesarios programas de capacitación para personal técnico medio y profesionales cualificados en manejo y operación de equipos de hidrógeno.</p>	CORTO PLAZO	
<p>Difícil acceso que tienen las empresas aragonesas para lograr visibilidad internacional. Realización de actividades relacionadas con el fomento comercial a nivel internacional.</p>	CONTINUO	
<p>Creación de una Agrupación de Empresas Innovadoras en Nuevas Tecnologías del Hidrógeno (AEI NTH) con el fin de aprovechar las oportunidades de dichas tecnologías para diversificar y fortalecer la actividad tecnológica e industrial a nivel regional con un grupo adscrito tanto de empresas como de investigadores que desarrollen acciones conjuntas y líneas estratégicas de I+D+i comunes al clúster.</p>	CORTO PLAZO	

07.

# CONCLUSIONES

# 07. CONCLUSIONES

Durante el análisis del anterior Plan Director 2007-2010, el proceso de evaluación revela que ninguna de las conclusiones a las que llegó éste ha perdido validez, siendo verificadas tanto a través de las encuestas enviadas a las entidades potencialmente vinculadas con el sector de las nuevas tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, como a través de las mesas de trabajo temáticas celebradas, ajustándose las perspectivas formuladas a la realidad actual. Asimismo, y de acuerdo con la metodología planteada, han quedado por debajo del 9% las líneas planteadas sin avances o cuyas previsiones formuladas no han alcanzado finalmente el objetivo esperado en 2007. Por el contrario, **más del 50% de las líneas planteadas han conseguido avances**, en algunos casos de forma destacada cumpliendo la línea o avanzando por encima de las expectativas.

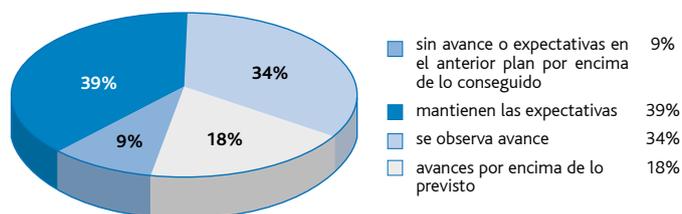


---

### F.13 Grado de avance de las líneas estratégicas definidas en el Plan Director anterior.

---

#### Avance de las líneas estratégicas



---

En general, la participación de **70 expertos de más de 45 empresas y organismos diferentes** en las mesas de trabajo temáticas organizadas demuestra la consolidación de un núcleo permanente de actores con interés real en el desarrollo de estas tecnologías en la Comunidad Autónoma de Aragón. Se mantienen igualmente las ideas base, señal de su validez bajo la expectativa de su orientación final al mercado y la aplicación industrial, y se introducen nuevas líneas de trabajo, lo que indica la evolución continua del sector.

Por otro lado, durante el periodo de vigencia del anterior Plan Director (2007 – 2010) se han invertido en Aragón alrededor de **20 millones de €** para fomentar el despliegue de las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible mediante el lanzamiento y ejecución de **más de 75 proyectos**. Además, han sido **varios miles** las personas formadas en este ámbito a través de conferencias, seminarios, jornadas divulgativas, cursos o módulos de formación universitarios poniendo de manifiesto el creciente interés por este sector en la región.

Se percibe también el establecimiento de estrategias de consolidación del conocimiento adquirido años atrás, asociacionismo (y lobby) y el trabajo de I+D de base, de acuerdo con la actual coyuntura económica que no favorece la realización de proyectos de riesgo técnico y financiero alto, como maniobra orientada al posicionamiento y a la espera del momento de irrupción de estas tecnologías. Debe clarificarse por ello el papel de las alternativas en competencia con el hidrógeno para ver las aplicaciones en las que éste va a tomar un papel relevante y descartar las que no.

En esta línea, se perciben como una oportunidad y representan un indicador de confianza de cara a la iniciativa empresarial, los apoyos y galardones institucionales recibidos por los proyectos de desarrollo en hidrógeno de la Comunidad, a la espera de su trasposición en acciones y apoyo a este sector emergente desde el ámbito nacional.

Se considera necesario crear una demanda de hidrógeno real en la sociedad que active los desarrollos y el mercado del mismo, a raíz del cual, y en base de las estrategias de posicionamiento de los actores, Aragón se muestre capaz de constituir un tejido que sustente el desarrollo del hidrógeno como vector energético y que a su vez realmente las oportunidades.

En este sentido, se espera para 2015 el inicio de las rupturas de mercado y el comienzo de la cotidianidad de estas tecnologías a través, por ejemplo, de los primeros modelos de vehículo eléctrico con pila de combustible circulando por las calles. En el periodo de vigencia de este Plan, Aragón puede y debe desplegar su potencial para albergar en Zaragoza, en 2016, el **21er Congreso Mundial del Hidrógeno** como un anfitrión a la vanguardia de estas tecnologías.

# 07. CONCLUSIONES

## SEGUIMIENTO

Al igual que en el primer Plan Director del Hidrógeno en Aragón, una fase destacada de este segundo Plan va a consistir en el seguimiento de su evolución.

Dicho seguimiento se fundamenta en conocer la evolución de las líneas estratégicas del Plan y en definir y recopilar una serie de indicadores que midan la eficacia y el grado de cumplimiento de las acciones determinadas en dicho Plan Director.

Los indicadores que se proponen para el Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2011 – 2015 son los siguientes:

Mesas de trabajo para la elaboración del presente Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2011-2015. Zaragoza, mayo de 2010.



INDICADOR	PERIODICIDAD	FUENTE PRINCIPAL	USO
Nº de proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	ANUAL	Gobierno de Aragón / Ministerios nacionales / Comisión Europea	DIVULGACIÓN
Inversión global realizada en Aragón en tecnologías del hidrógeno	ANUAL	Gobierno de Aragón / Ministerios nacionales / Comisión Europea	DIVULGACIÓN
Nº de tesis en el ámbito del hidrógeno en Aragón	ANUAL	Universidad de Zaragoza	DIVULGACIÓN
Nº de personas formadas en tecnologías del hidrógeno	ANUAL	Fundación del Hidrógeno en Aragón	DIVULGACIÓN
Nº de empresas involucradas en tecnologías del hidrógeno en Aragón	ANUAL	Fundación del Hidrógeno en Aragón	DIVULGACIÓN
Nº de profesionales dedicados a tecnologías del hidrógeno en Aragón	ANUAL	Fundación del Hidrógeno en Aragón	DIVULGACIÓN
Retorno global obtenido en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible en Aragón	ANUAL	Gobierno de Aragón / Ministerios nacionales / Comisión Europea / Fundación del Hidrógeno en Aragón / Red Aragón 7PM	DIVULGACIÓN
Retorno obtenido por empresas en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible en Aragón	ANUAL	Gobierno de Aragón / Ministerios nacionales / Comisión Europea / Fundación del Hidrógeno en Aragón / Red Aragón 7PM	DIVULGACIÓN
Grado de avance o cumplimiento de las líneas estratégicas del Plan Director	ANUAL	Fundación del Hidrógeno en Aragón	DIVULGACIÓN

08.

# AGRADECIMIENTOS

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

Una vez más, y tras casi cuatro años desde que se presentara el primer Plan Director del Hidrógeno en Aragón (2007-2010), la Fundación del Hidrógeno en Aragón quiere manifestar su agradecimiento a todos aquellos que han contribuido con su conocimiento y dedicación a la revisión de las líneas estratégicas del Plan del hidrógeno aragonés.

La Fundación quiere expresar su gratitud a todos los participantes en las mesas de trabajo que, aportando su punto de vista, han hecho posible la reconversión del Plan anterior en un nuevo Plan Director del Hidrógeno (2011-2015) para su región adaptado a la realidad de hoy, así como a IHT, SRE y AJUSA por la colaboración aportando material gráfico. Quiere agradecer también a los miembros del Patronato todo su apoyo durante los seis años y medio de andadura de la entidad.

Y quiere dar las gracias a todo el equipo de la Fundación, especialmente a Luís, Carmen, Ismael, Jesús, Leire, Joaquín, Arturo y Jorge, por su colaboración y participación, aportando sus conocimientos y experiencia, además de por su inestimable esfuerzo y dedicación para hacer realidad esta publicación.

---

• **Excmo. Sr. D. Arturo Aliaga López**

Presidente de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Consejero de Industria, Comercio y Turismo.  
GOBIERNO DE ARAGON, Departamento de Industria, Comercio y Turismo.

---

• **Ilmo. Sr. D. Carlos Javier Navarro Espada**

Vicepresidente de la Fundación del Hidrógeno en Aragón. Director General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa  
GOBIERNO DE ARAGON, Departamento de Industria, Comercio y Turismo.

---

• **Ilma. Sra. Dña. Pilar Molinero García**

Directora General de Energía y Minas  
GOBIERNO DE ARAGON, Departamento de Industria, Comercio y Turismo.

---

• **Ilma. Sra. D<sup>a</sup>. Eva Pardos Martínez**

Directora General de Política Económica  
GOBIERNO DE ARAGÓN, Departamento de Economía, Hacienda y Empleo.

---

• **Ilmo. Sr. D. José Luis Serrano Ostáriz**

Director General de Investigación, Innovación y Desarrollo.  
GOBIERNO DE ARAGÓN, Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad.

---

D. Alberto Sancho Carbó	Representante en el Patronato por parte de Grupo Empresarial Horcona, S.L. Director General.
D. Alejandro Aliaga	MAETEL, S.A.
D. Alejandro Latapia	Team Elías, S.L.
D <sup>a</sup> . Ana Martínez del Amo	Veá Qualitas, S.L.
Dr. Andrés Llombart Estopiñán	Representante en el Patronato por parte de FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos. Director División Eléctrica.
D. Ángel Alberto Virto Medina	Colegio Oficial de Físicos de Aragón.
Dr. Angel Larrea Arbaizar	Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA).
D <sup>a</sup> . Ángela Laguna Abad	Representante en el Patronato por parte de Veá Qualitas, S.L. Directora General.
D. Antonio Gasió Aguilar	Representante en el Patronato por parte de IAF, Instituto Aragonés de Fomento. Director Gerente.
Dr. Antonio Lozano Fantoba	Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión, LITEC.
Dr. Antonio Monzón Bescós	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnologías el Medio Ambiente.
D. Antonio Pérez	IDOM Zaragoza, S.A.
D. Antonio Soldevilla Santamaría	Diputación General de Aragón. Departamento de Industria, Comercio y Turismo.
D. Augusto Fernández Guaza	Representante en el Patronato por parte de GEA, General Eólica Aragonesa, S.A. Presidente y Consejero Delegado.
D. Bruno Catalán Sebastián	Representante en el Patronato por parte de CAJALÓN, Caja Rural de Aragón. Presidente.
D. Carlos Caamaño	SIRASA, Sociedad de Infraestructuras Rurales Aragonesa, S.A.
D. Carlos Delgado	Química del Cinca, S.A.
D. Carlos Martín Lafuente	Representante en el Patronato por parte de Lecitrailer, S.A. Director de Operaciones.
D. Carlos Millán Ibor	Instituto Tecnológico de Aragón (ITA).

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Carlos Oehling Durán	Representante en el Patronato por parte de Going Investment, S.A. Presidente.
D. César Gracia Ortego	Representante en el Patronato por parte de CAI, Caja de Ahorros de la Inmaculada. Responsable análisis.
D. César Romero Tierno	Representante en el Patronato por parte de Fundación San Valero. Subdirector General.
D. David Briceño Viviente	Representante en el Patronato por parte de Zarsol, S.L. Consejero.
D. David Miras Salamanca	Representante en el Patronato por parte de Renovalia 2005 (SYDER), S.L. Director de Proyectos de SYDER.
D. David Puértolas	ZYTEL Automoción, S.A.
D. David Romeral	Clúster de Automoción de Aragón (Caar).
D. Eduardo Gálvez Lisón	Representante en el Patronato por parte de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), S.A. Jefe de Ingeniería y Proyectos CAF - Factoría de Zaragoza.
D <sup>a</sup> . Elvira Pérez Arnedo	Representante en el Patronato por parte de Grupo Empresarial Lapesa, S.L. Presidente del Consejo de Administración.
Dr. Emilio Larrodé Pellicer	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Mecánica. Ingeniería e Infraestructura de los Transportes.
D. Enric Catala Roig	Representante en el Patronato por parte de Vestas Eólica, S.A.U. Sales & Marketing Director.
D. Enrique López Domínguez	Representante en el Patronato por parte de la Asociación de Promotores de Energía Eólica de Aragón. Presidente.
Dr. Félix Barreras Toledo	Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión, LITEC.
D. Félix Casas Fanlo	Representante en el Patronato por parte de Gala Sol, S.A. Director de Fábrica y Apoderado.
D. Fernando Liesa	Zaragoza Logistics Center (ZLC).
D. Fernando Rodiño González	Representante en el Patronato por parte de Grupo Itevelesa S.A. Director General.

D. Francisco Bono Ríos	Representante en el Patronato por parte de ARAMON, Montañas de Aragón, S.A. Presidente.
D. Francisco Dobón	Dobon's Technology, S.L.
D. Francisco Gracia	Ercros, S.A.
D. Francisco J. Vidal Cavero	Representante en el Patronato por parte de Vidal Obras y Servicios S.A. Gerente.
D. Francisco Javier García Domingo	Representante en el Patronato por parte de Hispano Carrocera, S.A. Director de Relaciones Institucionales.
D. Gerardo Concheso Fernández	Grupo Empresarial Lapesa, S.L.
D. Gerardo Escobedo	Red Aragón 7PM (ZLC).
D. Gonzalo de Miguel Redondo	Representante en el Patronato por parte de Gonzalo de Miguel Redondo, S.L. Gerente y Administrador Único.
D. Ignacio Zabalza Bribián	Centro de Investigación de Recursos y Consumo Energéticos, CIRCE.
D <sup>a</sup> . Irene López	Brial.
Dra. Isabel Suelves Laiglesia	Instituto de Carboquímica (ICB) - CSIC.
D. Iván Lalaguna	INYCOM. Instrumentación y Componentes, S.A.
D. Jaime Latapia	Team Elias, S.L.
D. Javier Del Pico Aznar	Representante en el Patronato por parte de S.A. Minera Catalano Aragonesa (SAMCA) - Grupo SAMCA. Director de Energía.
D. Javier García Domingo	TATA HISPANO MOTORS CARROCERA, S.A.
D. Javier L'Hotellier Hernández	Diputación General de Aragón. Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral.
D. Javier Lampreave	TAIM WESER, S.A.
D. Javier Martínez Villafaina	Representante en el Patronato por parte de Gesan Grupos Electrógenos, S.A. Director de Operaciones.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Javier Rubio	SETIMETRASA ARAGÓN, S.L.
D. Jeremy Rifkin	Foundation on Economic Trends, Presidente. <b>Patrono de Honor de la Fundación Hidrógeno Aragón.</b>
D. Jesús Beltrán.	Particular.
D. Jesús Collantes Vivancos	Representante en el Patronato por parte de Ercros, S.A. Director General.
D. Jesús Gállego Navarro	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Mecánica. Ingeniería e Infraestructura de los Transportes.
D. Jesús Lasierra Asín	Representante en el Patronato por parte del Ayuntamiento de Sabiñánigo. Alcalde.
D. Jesús Montero Escuder	Representante en el Patronato por parte de IMS Calefacción, S.L. Gerente.
D. Jesús Oliveros Esco	Representante en el Patronato por parte de ECA, Entidad Colaboradora de la Administración, S.A.U. Director delegación ECA en Aragón.
D. Joaquín Gómez Espinosa	Instituto Tecnológico de Aragón (ITA).
D. Jordi Domenech Zamareño	Representante en el Patronato por parte de Abelló Linde, S.A. Director de Investigación y Desarrollo.
D. Jorge Molina	Red Aragón 7PM (CIRCE).
D. José Angel Arbiol Tena	Representante en el Patronato por parte de TRADIME-ARAGÓN. Presidente.
Dr. José Ángel Peña Llorente	Instituto de Investigación en Ingeniería en Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza.
Dr. José Antonio Domínguez	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Eléctrica.
D. José Enrique Barranco	Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión, LITEC.
D. José Lana	Enagás, S.A.
D. José Longás Pellicena	Representante en el Patronato por parte de la Confederación de Empresarios de Zaragoza - CEZ. Miembro Comité Ejecutivo.

D. José Luis Celorrio García	Representante en el Patronato por parte de MAETEL, S.A. Director General.
D. José Luis Latorre Martínez	Representante en el Patronato por parte del Parque Tecnológico WALQA, S.A. Director.
D. José Luis López Garcés	Representante en el Patronato por parte de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA). Presidente de CEOS CEPYME Huesca y Vicepresidente de CREA.
D. José Luis Millán	Entabán Ecoenergéticas, S.A.
Dr. José María Yusta Loyo	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Eléctrica.
D. José Manuel González Martín	Representante en el Patronato por parte de Sky Global Solar, S.A. Ingeniero de Proyectos, Dpto. Técnico.
D. José Manuel Martín	INYCOM. Instrumentación y Componentes, S.A.
D. José María Garrido Vallejo	Representante en el Patronato por parte de General Motors España, S.L.U. Gerente de Relaciones Institucionales.
D. José Miguel Guinda García	Representante en el Patronato por parte de Airtex Products, S.A. Consejero Delegado.
D. José Ramón Largo Seisdedos	Representante en el Patronato por parte de Gamesa Energía, S.A. Gerente Delegación Nordeste.
D. Juan Antonio Peña Herrero	Representante en el Patronato por parte de Grupo Empresarial ENHOL, S.L. Director Técnico.
D. Juan Ignacio Garcés Gregorio	TecnoEbro, S.L.
D. Juan Ignacio Larraz Plo	Representante en el Patronato por parte del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón. Decano.
D. Juan José Romeo	Gonzalo de Miguel Redondo, S.L.
D. Juan Manuel López Zurita	Enagás, S.A.
D. Juan Ramón López Laborda	Representante en el Patronato por parte de IDOM Zaragoza, S.A. Director Gerente.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Juan Ramón Ochoa Hortelano	Diputación General de Aragón. Departamento de Industria, Comercio y Turismo.
D. Leoncio Benedicto Corbatón	Representante en el Patronato por parte de Caja Rural de Teruel. Presidente del Consejo Rector.
Dra. Lucía García Nieto	Instituto de Investigación en Ingeniería en Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza.
D. Luis García Pastor	Representante en el Patronato por parte de CEEIARAGON, Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón, S.A. Consejero Delegado.
D. Luis Monge Güiz	Representante en el Patronato por parte de TAIM WESER, S.A. Director Energías Renovables.
Dr. Luis Pardos Castillo	Escuela Politécnica Superior de Huesca. Dpto. de Agricultura y Economía Agraria.
D. Manuel Arangüena Michavila	Vea Qualitas, S.L.
D. Manuel Cerqueira	Electrónica Cerler, S.A.
Excmo. Sr. D. Manuel José López Pérez	Representante en el Patronato por parte de la Universidad de Zaragoza. Rector Magnífico.
Ilmo. Sr. D. Manuel Muniesa Alfonso	Representante en el Patronato por parte del Instituto Tecnológico de Aragón, ITA. Director Gerente.
D. Manuel Rodríguez Chesa	Representante en el Patronato por parte del Consejo Aragonés de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria. Presidente.
D. Marcos Rubio Redondo	INYCOM. Instrumentación y Componentes, S.A.
D <sup>a</sup> . María del Mar Arxer Ribas	Representante en el Patronato por parte de Carburos Metálicos, S.A. Responsable de Desarrollo de Negocio de Sistemas de Energía de Hidrógeno.
Dra. María Jesús Lázaro	Instituto de Carboquímica (ICB) - CSIC.
D <sup>a</sup> . María López Motlló	Representante en el Patronato por parte de Intecsa-Inarsa, S.A. Directora de Medio Ambiente en Aragón.
D <sup>a</sup> . Marian Arilla Herrero	IDOM Zaragoza, S.A.

Dr. Mariano Muñoz Rodríguez	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Mecánica. Máquinas y Motores Térmicos.
D <sup>a</sup> . Marisa Miedes Arnal	Representante en el Patronato por parte de Valeo Térmico S.A. Directora I+D.
D <sup>a</sup> . Marta Alejandre Antonio	TUZSA, Transportes Urbanos de Zaragoza, S.A.U.
D. Miguel Ángel Sisamón Barranco	Representante en el Patronato por parte de Oerlikon Soldadura, S.A. (Air Liquide). Director General.
D. Pascual Garcés Pérez	Representante en el Patronato por parte de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina. Presidente del Organismo Autónomo Local.
D. Pedro Díaz	Solar Planet Industries, S.L.
D. Pedro Laín Alonso	Representante en el Patronato por parte de Class Management, S.L. Presidente.
D. Pedro Larraz	Universidad San Jorge.
D. Pedro Montaner Izcué	IDOM Zaragoza, S.A.
Dr. Rafael Bilbao Duñabeitia	Instituto de Investigación en Ingeniería en Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza.
D. Rafael Calvera Larriba	Representante en el Patronato por parte de Soldadura Calvera, S.L. Apoderado.
D. Rafael Fernández de Alarcón Herrero	Representante en el Patronato por parte de TUZSA, Transportes Urbanos de Zaragoza, S.A.U. Consejero Delegado.
Dr. Rafael Moliner Álvarez	Instituto de Carboquímica (ICB) - CSIC.
D. Rafael Rodrigo Montero	Representante en el Patronato por parte de CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Presidente.
D. Raúl Marco Molia	Gesan Grupos Electrónicos, S.A.
Dr. Rodolfo Dufo López	Universidad de Zaragoza. Dpto. de Ingeniería Eléctrica.
D. Salvador Domingo Comeche	Representante en el Patronato por parte del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja. Decano.

# 08.

## AGRADECIMIENTOS

D. Santiago Gregorio Les	Representante en el Patronato por parte de CEASA, Compañía Eólica Aragonesa, S.A. Apoderado-Director.
D. Santiago Vicente	Endesa Distribución Eléctrica, S.L.
D. Sergio Bascones	Electrónica Cerler, S.A.
D. Sergio Samper Rivas	Representante en el Patronato por parte de Grupo Jorge, S.L. Miembro del Consejo de Administración.
D. Tomás Álvarez Tejedor	Representante en el Patronato por parte de Endesa Generación, S.A.U. Subdirección General de producción, Ciclos Combinados.
D. Víctor Manuel Cañadas	SEAS, S.A.
D. Víctor Manuel Rodríguez Ruiz	Representante en el Patronato por parte de Iberdrola Renovables Aragón S.A. Director Nacional de Iberdrola Renovables España.
Dr. Víctor Orera	Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA). <b>Patrono de Honor de la Fundación Hidrógeno Aragón.</b>
D. Zoilo Ríos Torre	Representante en el Patronato por parte de Zoilo Ríos, S.A. Director General.



09.

# BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

# 09. BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

1. Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2007-2010. Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, 2007.
2. Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL). Gobierno de Aragón, 2009.
3. Plan Energético de Aragón 2005-2012. Gobierno de Aragón, 2005.
4. Plan Nacional de I+D+i 2008 – 2011: Energía y cambio climático. Ministerio de Ciencia e Innovación, 2008.
5. Estudio de prospectiva de la OPTI "Hidrógeno y Pilas de Combustible". Fundación OPTI, 2005.
6. Multi - Annual Implementation Plan 2008 – 2013. Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU), 2009.
7. Amitava Roy, Simon Watson, David Infield. "Comparison of electrical energy efficiency of atmospheric and high-pressure electrolyzers. Int JJ Hydrogen Energy 2006: 1964-1979.
8. José Luis Bernal Agustin, Rodolfo Dufo, "Hourly energy management for grid-connected wind-hydrogen system" Int JJ Hydrogen Energy 2008: 6401-6413.
9. J. Linnemann, R. Steinberger. "Realistic cost of wind-hydrogen vehicle fuel production . Int JJ Hydrogen Energy 2007: 1492-1499.
10. Olga Álvarez, Ismael Aso Aguarta "Determinación de la estrategia de producción de Hidrógeno en un parque eólico real. III Congreso nacional de Pilas de Combustible Septiembre 2008 Zaragoza (Spain).
11. Claus Jorgensen, Stephanie Ropenus. "Production price of hydrogen from grid connected electrolysis in a power market with high wind penetration. Int JJ Hydrogen Energy 2008: 5335-5344.
12. Genevieve Saur "Wind-to-Hydrogen Project: Electrolyzer Capital Cost Study. Technical Report NREL/TP-660-44103 December 2008.
13. Economical assessment of a wind-hydrogen energy system using WindHyGen® software, M. Aguado, E. Ayerbe, C. Azcárate, R. Blanco, R. Garde, F. Mallor, D. M. Rivas, International Journal of Hydrogen Energy, 34, 2009.
14. Fuel Cell Technology Handbook. Gregor Hoogers. CRC Press, 2003.
15. Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón ([www.hidrogenoaragon.org](http://www.hidrogenoaragon.org))
16. Red Aragón 7PM (<http://www.redaragon7pm.eu/>)
17. Asociación Española del Hidrógeno (<http://www.aeh2.org/>)
18. Asociación Española de Pilas de Combustible (<http://www.appice.es/>)
19. Plataforma Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (<http://www.ptehpc.org/>)
20. Centro Nacional de Experimentación en Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible (<http://www.cnehtpc.es/>)
21. DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos) (<http://www.energy.gov/>)
22. Iniciativa Tecnológica Conjunta de hidrógeno y pilas de combustible ([http://ec.europa.eu/research/fch/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/research/fch/index_en.cfm))
23. Asociación New Energy World Industry Grouping (NEW-IG) de la JTI de hidrógeno y pilas de combustible (<http://www.fchindustryjti.eu/>)

24. Asociación N.ERGHY de la JTI de hidrógeno y pilas de combustible (<http://www.nerghy.eu/>)
25. HyRamp, Asociación Europea de Regiones y Municipios con interés en Hidrógeno y las Pilas de Combustible (<http://www.hy-ramp.eu/category/home>)
26. International Energy Agency, Task 24. Wind Energy and Hydrogen Integration (<http://task24.hidrogenoaragon.org/>)
27. International Energy Agency, Task 18b. Integrated Systems Evaluation. Subtask B: Demonstration Project Evaluations (<http://task18b.hidrogenoaragon.org/>)
28. International Energy Agency, Hydrogen Implementation Agreement (<http://www.ieahia.org/>)
29. Energy policy for a competitive Europe ([http://ec.europa.eu/energy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm))
30. Hydrogen Bus Alliance (<http://www.hydrogenbusalliance.org>)
31. Hydrogen Filling Stations Worldwide (<http://www.h2stations.org/>)
32. Proyecto Formula Zero (<http://www.formulazero.nl/>)
33. Proyecto H2 – training (<http://www.h2training.eu/>)
34. Proyecto Hércules (<http://www.proyectohercules.es/>)
35. Proyecto HyApproval (<http://www.hyapproval.org>)
36. Proyecto HyChain (<http://www.hychain.org/>)
37. Proyecto HyFLEET: CUTE (<http://www.global-hydrogen-bus-platform.com/>)
38. Proyecto HyNor (<http://www.hynor.no/>)
39. Proyecto Hyrreg (<http://www.hyrreg.eu>)
40. Proyecto HySafe (<http://www.hysafe.org>)
41. Proyecto HyTetra (<http://www.hytetra.eu/h2/hytetra/>)
42. Proyecto HyTrust (<http://www.hytrust.de/>)
43. The European Hydrogen Energy Roadmap. Proyecto HyWays. (<http://www.hyways.de/>)
44. Proyecto LIFE+ ZeroHyTechPark (<http://www.zerohytechpark.eu/>)
45. Proyecto NATURALHY (<http://www.naturalhy.net/>)
46. Proyecto Roads2HyCom (<http://www.roads2hy.com/>)
47. Proyecto SPHERA (<http://www.cenitsphera.com/>)

# 09. BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

7° PM, 7PM o FP7	Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea.
AFC	Pila de combustible alcalina.
AEI NTH	Agrupación de Empresas Innovadoras en Nuevas Tecnologías del Hidrógeno.
APU	Unidad auxiliar de potencia.
BOP	Balance de planta (Balance of Plant).
CHP	Cogeneración de calor y electricidad.
DAFO	Análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades empleado como herramienta para este Plan Director.
DMFC	Pila de combustible de metanol directo.
DTC	Proceso de descomposición termocatalítica.
EACCEL	Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias.
EERR	Energías renovables.
FCEV	Vehículo eléctrico con pila de combustible (Fuel Cell Electric Vehicle).
FCH JTI o FCH JU	Joint Technology Initiative for Fuel Cells and Hydrogen (Iniciativa Tecnológica Conjunta en Hidrógeno y Pilas de Combustible). Ver "JTI". FCH JU, Fuel Cells Hydrogen Joint Undertaking. Alianza público-privada creada para la implementación de la FCH JTI. La forman los países de la Unión Europea, representados por la Comisión Europea, el grupo europeo de la industria para el hidrógeno y las pilas de combustible de la JTI, y el grupo de investigación, que se pasó a ser miembro tras el establecimiento oficial de la FCH JU.
GICC	Proceso de gasificación integrada en ciclo combinado.
GLP	Gas licuado de petróleo.
GN	Gas natural.

HFP	European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform, Plataforma Europea del Hidrógeno y las Pilas de Combustible, ya extinta, que dio lugar a la FCH JTI.
HyRaMP	Asociación Europea de Regiones y Municipios con interés en Hidrógeno y las Pilas de Combustible.
I+D (+i)	Investigación, desarrollo e innovación.
JTI	Joint Technology Initiative (Iniciativa Tecnológica Conjunta). Instrumento creado dentro del Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea para el fomento de la investigación en áreas específicas y prioritarias para la competitividad industrial y asuntos de alta relevancia social.
MAIP	Multi Annual Implementation Plan, Plan de Implementación Multianual aprobado por la JTI.
MCFC	Pila de combustible de carbonatos fundidos.
PAFC	Pila de combustible de ácido fosfórico.
PC o FC	Pila de combustible o Fuel Cell.
PEMFC o pila PEM	Pila de combustible de membrana polimérica.
PT Walqa	Parque Tecnológico Walqa.
PYME	Pequeña y mediana empresa.
RCS	Siglas de 'Regulations, Codes and Standards': Normativa, Códigos y Estándares.
RSU	Residuos sólidos urbanos.
SAI	Sistema de alimentación ininterrumpida.
SOFC	Pila de combustible de óxido sólido.
TICs	Tecnologías de la información y la comunicación.
UCC	Unidad de Cultura Científica perteneciente a la Red de la FECYT, Fundación Española para la Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia e Innovación.

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