



PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN

[2016 - 2020]



PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN

[2016-2020]

La elaboración y ejecución del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 ha sido financiado por el Departamento de Economía, Industria y Empleo del Gobierno de Aragón.

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

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

Diseño y Maquetación: Línea Diseño Industrial y Gráfico.

Imprime: Calidad Gráfica.

D.L.: HU-128-2016.

© Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente.

ÍNDICE

PREFACIO	4
INTRODUCCIÓN	11
MARCO DE ACTUACIÓN	16
LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR	30
OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	42
LÍNEAS DE TRABAJO	46
SEGUIMIENTO	108
CONCLUSIONES	114
AGRADECIMIENTOS	118
BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS	130

PREFACIO



La composición del Patronato de la Fundación del Hidrógeno refleja, en cierto modo, una buena parte del sector industrial aragonés, de sus fortalezas y características, así como también la de los organismos, instituciones, centros científicos y tecnológicos involucrados en su impulso y desarrollo.

Aunque sería posible considerar un buen número de datos y variables, hablar de la Fundación es referirse a una herramienta de desarrollo industrial y empresarial, dado que las alternativas y nuevas tecnologías relacionadas con la energía como oportunidad de desarrollo no lo son solo para el sector industrial sino que también suponen grandes oportunidades para el sector servicios.

El trabajo que desarrolla la Fundación permite comprobar cómo el mundo, y en concreto esta parte del mundo que es Aragón, lucha contra uno de los retos de la civilización y de la sostenibilidad global, investigando fórmulas, factibles tecnológicamente y económicamente, apostando por las energías renovables y buscando a través de ello un factor de diversificación y de especialización del tejido productivo y, en definitiva, de toda la sociedad.

En este entorno de conocimiento, de investigación científica, pero sobre todo de investigación aplicada, desarrollo, demostración e innovación, buscamos juntos soluciones tecnológicas reales, tangibles. Soluciones, en definitiva, que sirvan de motor a las empresas aragonesas para un auténtico cambio de modelo productivo mediante una disrupción tecnológica viable, bien administrada en el tiempo, que les proporcionará capacidades que les permitan crear empleo en años venideros, con capacidades de competencia global.

El proyecto que impulsa la Fundación no tiene en cuenta solo la empleabilidad, de la que ha hecho bandera (lleva varios años liderando proyectos europeos y formando profesionales cualificados), ni la internacionalización (Zaragoza acogió en 2005 el segundo Congreso Europeo del Hidrógeno EHEC 2005 y acogerá en el mes de junio de 2016 el Congreso Mundial del Hidrógeno WHEC 2016). El trabajo y los objetivos de la Fundación afectan y son afectados por los principales

subsectores productivos ya existentes en Aragón: energía, automoción, química, metal mecánica, logística, aparatos eléctricos y electrónica. Todos ellos en una actitud de observación de la evolución, tecnológica y del mercado. Y además ampliando estos conocimientos, aplicándolos de manera real, involucrando a los centros tecnológicos y de investigación, a los centros de formación y a subsectores como el turismo, el sector inmobiliario, el de obra civil, las entidades financieras, para que todos conozcan de antemano estas nuevas vías de desarrollo.

El trabajo que desarrolla la Fundación parte de una red que permite, mediante la colaboración de todos los patronos, un proceso de enriquecimiento que cede a la sociedad parte de su experiencia y de su enfoque, orientando, incitando a las pymes y a los profesionales y trabajadores aragoneses sobre las áreas de futuro más probable. Con más oportunidades.

El Gobierno de Aragón, desde 2003, ha hecho de catalizador, de dinamizador y ha dado respaldo económico a una Fundación que ha ido cumpliendo sus objetivos y ha sido beneficiada por la lealtad, los conocimientos, la información y la experiencia de sus patronos. Todo ello le coloca en una plataforma de salida bien posicionada pero rodeada de otros agentes con posibilidades tecnológicas y económicas más potentes que las de la propia Fundación. Sin embargo, no hay duda sobre su capacidad y el lugar que puede ocupar en la escala nacional, europea e internacional, pues está preparada para los retos que de manera inminente se presentan.

Y toda esta labor se lleva a cabo en el marco de un enfoque estratégico que queda recogido en el tercer Plan Director del Hidrógeno para Aragón. Un documento que surge fruto de una profunda reflexión, principalmente de los expertos de las sociedades que componen este Patronato y que se alinea con las previsiones de la Estrategia 2020, de la Directiva sobre Combustibles Alternativos. Este nuevo Plan Director 2016-2020 se estructura principalmente en torno a cinco líneas: producción; almacenamiento, transporte y distribución; aplicaciones; transferencia de tecnología, protección e impacto económico; formación y concienciación.

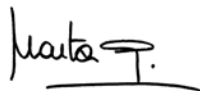
Lejos de ser un documento teórico y de mera recopilación, es una valiosa herramienta para identificar nuevas oportunidades en tecnologías del hidrógeno que permitan tomar decisiones en el ámbito institucional, empresarial y académico. También ha de servir para determinar líneas estratégicas al respecto en la Comunidad Autónoma así como para establecer planes de acción y horizontes temporales precisos con los que ponerlas en marcha.

Las cosas han cambiado mucho en estos años y el Plan Director ve la luz en un periodo en el que el sector del hidrógeno afronta nuevos retos tecnológicos, también con un considerable respaldo y desarrollo normativo. En esta nueva fase las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible están llamadas a introducirse en algunos mercados nicho para ciertas aplicaciones. Es el caso por ejemplo de una infraestructura de repostaje de hidrógeno como combustible de automoción, que la propia Comisión Europea ha apoyado aprobando una Directiva relativa a los combustibles alternativos.

A nadie escapa por otra parte que el desarrollo del hidrógeno ha de discurrir paralelo al de los requerimientos del mercado, especialmente en lo tocante a los sistemas de producción y soluciones de transporte, almacenamiento y distribución. Y es que precisamente, el acercamiento y la promoción de las tecnologías al mercado objetivo y por extensión a todos los ciudadanos es otro de los objetivos prioritarios para los próximos años.

Este es el contexto en el que desarrolla su actividad la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón junto a organismos, instituciones, empresas y centros de investigación que integran su Patronato, cada uno a su nivel y según sus dimensiones y características, pero conformando un todo dinámico, vigoroso y eficaz que cuenta con valiosas colaboraciones externas.

Hacer partícipes a todos los sectores de la sociedad –y no solo a los de naturaleza productiva, económica o científica– de los beneficios de esta revolución que no ha hecho más que empezar es la principal responsabilidad de la Fundación. Un reto apasionante que exige el concurso de todos.



Excma. Sra. D^a. Marta Gastón Menal

Consejera de Economía, Industria y Empleo del Gobierno de Aragón.
Presidenta de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

01.

INTRODUCCIÓN

01. INTRODUCCIÓN

El actual Plan Director del Hidrógeno 2016-2020 constituye la tercera revisión de una apuesta iniciada en 2007 por el hidrógeno como tecnología clave para el desarrollo industrial, que afecta y es afectado por los subsectores industriales más importantes en Aragón, y por otro lado, para la reducción de la dependencia energética.

El Patronato de la Fundación, en su reunión celebrada el 9 de diciembre de 2015, tomó por unanimidad el acuerdo de aprobar el Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020, elaborado por la Fundación, así como los compromisos de adoptarlo como documento de base para el trabajo en dicho periodo, difundirlo en la sociedad y elevarlo a las administraciones públicas y organizaciones relevantes para lograr el máximo apoyo.

En esa fecha el Plan constituyó una primera guía de actuaciones para todas las empresas y organismos que formaban parte de ella y marcó, en cierta medida, la evolución de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón (FHa) en sus primeros años, si bien nació con la vocación inequívoca de donar toda la experiencia a la totalidad del tejido empresarial aragonés, especialmente a las pymes y en sectores estratégicos. El Plan no constituía una lista rígida de proyectos sino una guía en continua revisión como así se hizo oficialmente al publicar, en 2011, el siguiente Plan 2011-2015.

Un hito importante lo constituyó la adopción por parte del Gobierno de Aragón de la estrategia dimanante de los Planes Directores realizada por la propia Fundación. Esta estrategia propia de la Comunidad Autónoma fue incluida, tras el correspondiente diálogo con agentes económicos y sociales y con el sector industrial y empresarial aragonés, en los programas y políticas del Gobierno que apoyasen los objetivos del Plan Director. Y de esta manera ha continuado correspondiéndolo desde el inicio.

Ocho años después del primero, la redacción del nuevo Plan Director surge en un periodo en que el sector del hidrógeno afronta nuevos retos tecnológicos, con un importante impulso normativo para su desarrollo.

En Europa, el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea, Horizonte 2020, ofrece un importante apoyo a través de la iniciativa Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH 2 JU), heredera del anterior FCH JU del Séptimo Programa Marco. A ello se une la apuesta nacional por las tecnologías del hidrógeno donde son ampliamente reconocidas no solo en sus planes nacionales sino también a través de la trasposición de la Directiva Europea 2014/94 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y sus Marcos de Acción, en los que se contempla al hidrógeno como un combustible a considerar.

En este ámbito, y como ya se ha indicado, Aragón ha adoptado desde sus inicios una posición de liderazgo en la materia con una clara apuesta por parte de las diferentes instituciones de la región, especialmente su Gobierno y sus Cortes, refrendada por importantes actores económicos y sociales a través del Patronato de la Fundación del Hidrógeno.

Por todo ello, este nuevo Plan supone un paso más, decidido como consecuencia de la seguridad que aporta la experiencia en la apuesta de la Comunidad Autónoma por las tecnologías del hidrógeno a través del desarrollo de cinco líneas de trabajo: producción; almacenamiento, transporte y distribución; aplicaciones; transferencia de tecnología, protección e impacto económico y formación y sensibilización. Estas líneas incluyen acciones y actuaciones con una clara orientación a resultados. Su desarrollo ha sido fruto de un intenso proceso participativo en el que se ha abierto el debate no solo a los patronos, sino también a nuevas empresas y organismos que puedan estar interesados.

01. INTRODUCCIÓN

Como resultado del trabajo desarrollado en los últimos meses, el Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 se estructura en los siguientes apartados:



- **Marco de actuación:** descripción del desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en sus tres ámbitos: europeo, nacional y regional. Se ha establecido un breve análisis en cada uno de ellos acerca de los principales planes y programas sobre los que se desarrollará el nuevo Plan, así como los aspectos normativos más significativos.
- **Logros obtenidos en el Plan Director anterior:** principales proyectos desarrollados por la FHa y sus patronos así como los premios, acuerdos y colaboraciones más destacadas durante el periodo 2011-2015.
- **Objetivos y metodología:** presentación de los objetivos generales y específicos que nacen con el nuevo Plan así como la metodología de trabajo aplicada para la elaboración de la nueva estrategia de planificación.
- **Líneas de trabajo:** presentación de las cinco líneas de trabajo seleccionadas. Por cada una de ellas se ha realizado una breve presentación del estado del arte en materia tecnológica y normativa así como la identificación de oportunidades para el nuevo periodo 2016-2020. Finalmente, en cada línea se incluye una descripción de las acciones y actuaciones más significativas con una cuantificación en 2018 y 2020 de resultados a alcanzar.
- **Seguimiento:** descripción del sistema de seguimiento propuesto para analizar el cumplimiento de los objetivos presentados y clasificado en indicadores de seguimiento, resultado y gestión.
- Finalmente, se presenta una breve exposición de las **conclusiones** del presente Plan.

En definitiva, el presente Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020 nace con el objetivo de ser de nuevo una **herramienta útil de apoyo al servicio de la sociedad aragonesa y, en especial, del tejido empresarial aragonés** para continuar impulsando las tecnologías del hidrógeno en la Comunidad Autónoma, así como los importantes cambios en otras materias asociadas a ellas.



02.

MARCO DE ACTUACIÓN

02. MARCO DE ACTUACIÓN

La seguridad de suministro energético y la sostenibilidad en el uso de los recursos se han convertido en un claro reto para la UE en este comienzo de siglo XXI y, especialmente, durante la última década.



Foto: Xavier Håpe

2.1. ÁMBITO EUROPEO

A día de hoy, el sistema energético de la Unión Europea es todavía altamente dependiente de los combustibles fósiles. En 2013, el 53,2 % de la energía primaria consumida en la UE provino de recursos energéticos de importación¹ a lo que se une la casuística medioambiental: en ese mismo año únicamente el 53 % de la energía primaria generada se basó en tecnologías de baja emisión de carbono proveniente de energía nuclear (28,7 %) y energías renovables (24,3 %, siendo la hidroeléctrica la principal fuente de recursos con casi el 50 % de la producción de energías renovables)². La seguridad de suministro energético y la sostenibilidad en el uso de los recursos se han convertido en un claro reto para la UE en este comienzo de siglo XXI y, especialmente, durante la última década.

Ante esta situación, la UE se enfrenta a un cambio sustancial en su sistema energético, pasando de una generación eléctrica basada en combustibles fósiles y energía nuclear a un sistema donde cada vez más se busca incrementar la penetración de energías renovables intermitentes, como la eólica y la solar, y donde se pretende descarbonizar otros sectores como el transporte y el de producción de calor. Ante estos nuevos retos la UE ha establecido una serie de prioridades en el desarrollo de infraestructuras energéticas para 2020 y los años sucesivos en los que se quiere actualizar y modernizar las redes energéticas europeas, desarrollando corredores eléctricos que aseguren a medio plazo (2020) la integración de energías renovables a lo largo de toda Europa. Corredores de gas y de petróleo también se contemplan en los requerimientos de futuras infraestructuras a medio plazo, así como el desarrollo de las tecnologías de smart grids y energía distribuida, que requerirán de **sistemas de almacenamiento de energía como puede ser el hidrógeno**³. El objetivo final de estas medidas es avanzar sobre los objetivos fijados en materia de energía por la UE en 2020, con la conocida Estrategia Energética 2020, o Programa 20-20-20, con el cual

se pretende incrementar el porcentaje de energías renovables sobre el consumo de energía primaria hasta el 20 %, obtener una reducción del 20 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con respecto a los valores de 1990 y alcanzar ahorros energéticos del 20 % o superiores⁴.

A largo plazo, en un horizonte 2050, la Unión Europea propone un sistema eléctrico descarbonizado basado en los recursos renovables de los Estados miembros con una gestión de estos recursos renovables intermitentes en su mayoría mediante redes de transporte eléctrico de larga distancia y alta tensión y **sistemas de almacenamiento de energía a gran escala, entre los que se contemplan las tecnologías del hidrógeno**. Este marco de actuación se presenta en el *Energy Roadmap 2050* de la UE⁵. De acuerdo a este plan, en el periodo de transición hacia un modelo energético basado en energías renovables en 2050, el gas natural tendrá un importante papel sustituyendo las tecnologías de carbón y petróleo en el corto y medio plazo, hasta 2030-2035, de ahí la importancia de tecnologías como el **Power-to-gas**, una de las líneas de actuación previstas en este Plan que consiste en el enriquecimiento de las redes de gas natural con hidrógeno verde procedente de fuentes renovables para aprovechar la infraestructura de gas natural ya existente.

En lo referente al sector transporte, **la movilidad eléctrica con baterías electroquímicas e hidrógeno y pilas de combustible se plantea**

¹ European Commission, Eurostat, Energy, "Energy dependence" <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/main-tables>, 2015.

² European Commission, Eurostat, Energy, "Energy dependence" <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/main-tables>, 2015.

³ Energy infrastructure priorities for 2020 and beyond - A Blueprint for integrated European energy network (EIP). European Commission, COM(2010) 677 final, 2010.

⁴ Energy 2020. A strategy for competitive, sustainable and secure energy. European Commission, COM(2010) 639 final, 2010.

⁵ Energy Roadmap 2050 (ER2050). European Commission, COM(2011) 885/2, 2011.

02. MARCO DE ACTUACIÓN

como la principal opción de futuro para reemplazar las actuales de combustibles fósiles, donde de nuevo, aquellos como el Gas Natural Comprimido (GNC) y otros combustibles sintéticos, se presentan como clave durante el periodo de transición. Es importante destacar, como acción a corto plazo, la iniciativa europea de promoción de combustibles alternativos. En concreto la Directiva 2014/94/UE relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, entre los que se contemplan la electricidad, los biocarburantes, los combustibles sintéticos y parafínicos, el gas natural (incluyendo GNC y Gas Natural Licuado GNL), el Gas Licuado del Petróleo (GLP) y el hidrógeno⁶.

En definitiva, se puede resumir que el hidrógeno se contempla como una de las soluciones de almacenamiento de energía a escala de red de distribución y gran escala para gestionar sistemas energéticos con alta penetración de energías renovables intermitentes, como la energía eólica y la energía fotovoltaica, siendo ambas las tecnologías renovables de las que se espera un mayor crecimiento en la UE durante los próximos años. El hidrógeno almacenado será usado posteriormente en diferentes aplicaciones como la industria, el sector residencial, la gestión de redes eléctricas, sistemas como el Power-to-gas comentado y, principalmente, como combustible para el transporte. En este último caso, la etapa de despliegue a corto y medio plazo se prevé hasta 2025 para, posteriormente, establecerse en el mercado de los combustibles para el transporte, una vez desarrollada la infraestructura requerida en Europa en el marco de la Directiva 2014/94/UE.



Ante este escenario, la UE decidió establecer las bases para el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible. **En 2003 se crea la European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform (HFP)**, que en 2005 publicó la *Strategic Research Agenda and Deployment Strategy*, a partir de la cual se estableció en 2007 un Plan de Implementación para el desarrollo y la introducción en el mercado de estas tecnologías en el largo plazo. Así es como, en **2007, la Comisión Europea (CE) propone crear en relación con el 7º Programa Marco de la CE la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking** (de aquí en adelante FCH JU). La FCH JU se define como una iniciativa público-privada formada por un consorcio donde se encontraba la UE a través de la propia Comisión, la industria europea vinculada al sector

⁶ Directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Comisión Europea. Diario Oficial de la Unión Europea, L307/1, Octubre 2014.

del hidrógeno a través del *European Industry Grouping* y un *Research Grouping* formado por el sector académico y centros de investigación. El principal objetivo de la FCH JU fue acelerar el desarrollo y despliegue de las tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible mediante la ejecución de un programa integrado de actividades de I+D. Los objetivos del programa se definieron en un *Multi-Annual Implementation Plan (MAIP)* para el periodo 2008-2013, que se centró en 4 áreas principales de actividad: infraestructura de transporte y repostaje de hidrógeno, producción y distribución de hidrógeno, sistemas de generación estacionaria y sistemas de cogeneración y mercados nichos, además de otras actividades transversales. El objetivo claro de la FCH JU fue fomentar la I+D para llegar a unos objetivos específicos de desarrollo para cada una de las áreas contando con un presupuesto de 450 millones de euros.

Ante el éxito en el anterior programa, la UE decidió continuar apoyando las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible en el nuevo programa de I+D+i para el periodo 2014-2020, el conocido Horizonte 2020. Para ello se crea la **segunda fase de la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH 2 JU) establecida para el periodo 2014-2020 y con un presupuesto de 1,33 billones de euros, de los cuales la propia Comisión aporta 665 millones de euros.** La estructura del consorcio público - privado se mantiene en la actualidad de igual forma que en la FCH JU, con la presencia de la CE, un grupo industrial Hydrogen Europe (inicialmente denominado *New Energy World Industrial Grouping (NEW-IG)*) y el grupo académico y de investigación denominado *New European Research Grouping for Hydrogen and Fuel Cells (N.ERGHY)*. El objetivo de la FCH 2 JU, siendo similar al de su programa predecesor (FCH JU) -la implementación de un programa de I+D+i- tiene su principal diferencia en el reto de desarrollar tecnología disponible para penetrar en el mercado al final de su vigencia, en 2020, asegurando una industria europea del hidrógeno y las pilas de combustible competitiva a nivel mundial. El programa se estructura en dos pilares principales dedicados al transporte

y a la energía, junto con acciones de investigación transversales. Además, su principal novedad consiste en la presencia de los *Overarching Project*, en los cuales, estos dos pilares se unen en el desarrollo de grandes proyectos demostrativos.

Otra diferencia entre el actual programa europeo de promoción de las tecnologías del hidrógeno, la FCH 2 JU (2014-2020) y el anterior programa, FCH JU (2007-2013) es la apuesta a nivel europeo por valorizar la inversión realizada en I+D durante periodos anteriores con la promoción de proyectos de demostración y de acercamiento de la tecnología al mercado, haciéndose énfasis directamente en la reducción de los costes y en aumentos en el rendimiento y la eficiencia de los sistemas y equipos. En este nuevo periodo de la FCH 2 JU las tecnologías por las que se quiere apostar a nivel europeo ya han sido identificadas y las opciones para I+D básica se reducen a aplicaciones muy específicas que todavía pudiesen necesitar este tipo de apoyo.

A nivel internacional, la preocupación por el medio ambiente y el cambio climático es una realidad desde la firma del Protocolo de Kioto por buena parte de las primeras potencias mundiales. Las actuaciones y objetivos fijados en Kioto han tenido un importante seguimiento durante años posteriores con eventos como el COP 15 o Cumbre de Copenhague de 2009 y el COP 21 de París de 2015. En ellos, el hidrógeno ya cobra un papel destacado incluyendo entre las acciones del evento la inauguración de hidrogeneras en París y discusiones sobre las bondades de las tecnologías del hidrógeno para la protección del medio ambiente.

02.

MARCO DE ACTUACIÓN

2.2. ÁMBITO NACIONAL

En España, las tecnologías del hidrógeno también son ampliamente reconocidas y aceptadas como un instrumento con gran potencial para conseguir los objetivos de sostenibilidad en los sectores de la energía y el transporte. En 2007, como parte de la **Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia 2007-2013-2020**⁷, ya se indicaba, como parte del área de actuación en energías renovables, la generación de biohidrógeno en la parte de energía, y la del incentivo de las tecnologías del hidrógeno (como las de pila de combustible) para dar soluciones en el terreno de la movilidad empleándolo como combustible limpio generado a partir de energías renovables. Así pues, se ha ido reconociendo su importancia en las diferentes estrategias y planes de acción nacionales relacionados con energías renovables por su versatilidad y flexibilidad en su uso en diferentes aplicaciones.

También se mencionan de modo preliminar en el Plan de Energías Renovables 2005-2010⁸ o en el Plan de Acción 2008-2012 de la **Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España**⁹, documentos de referencia para acciones relacionadas con energías renovables y eficiencia energética respectivamente. Ambos documentos se han actualizado y se está aplicando su segunda fase, quedando las tecnologías del hidrógeno ampliamente descritas y caracterizadas.

Recientemente, el **Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011- 2020**¹⁰ se basa en los mandatos de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, que establecía que cada Estado miembro debía elaborar un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables, y actualiza al Plan de Energías Renovables 2005-2010. Para el caso del hidrógeno, el papel en el Plan es el de apoyo a la generación renovable para almacenar los excedentes generados de modo que puedan ser empleados para diferentes aplicaciones, como entrega a la red de gas, movilidad sostenible, usos en la industria química o re-electrificación mediante pila de combustible. Por lo tanto, se establecieron unos objetivos de generación de hidrógeno mediante energías renovables que, a pesar de establecer unas cotas muy bajas para el año 2020, dejaban intuir que el hidrógeno limpio generado mediante energías renovables debía empezar a ser considerado a corto y medio plazo en España. En este escenario, la Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, decidió profundizar en el PANER 2011-2020. El objetivo de este análisis consistía en considerar la evolución de la economía mundial y española y los trabajos de análisis de la estrategia energética española para los próximos 25 años realizados en 2011. En ellos se recomendaba una participación de las renovables del 20,8 % en 2020, dando respuesta a la Ley 2/2011 de Economía Sostenible que exigía la redacción de todos los planes que fuesen necesarios para cumplir con los objetivos de la Directiva 2009/28/CE. De este modo, se lanzó el **Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020**¹¹ partiendo del PANER 2011-2020 y profundizando aún más en sus objetivos, realizando además un análisis sectorial detallado. El PER 2011-2020, por su amplitud, reconoce el potencial de las tecnologías del hidrógeno en los siguientes ámbitos:

⁷ "Estrategia de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2007-2012-2020", pp 48, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de España, 2007.

⁸ "Plan de Energías Renovables en España 2005-2010", Ministerio de Industria, Turismo y Medio Ambiente, IDAE, 2005.

⁹ "Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España", Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, 2007.

¹⁰ "Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020", Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, 2010.

¹¹ "Plan de Energías Renovables 2011-2020", IDAE, 2011.



- Generación de biocombustibles limpios como biodiésel.
- Generación de biogás limpio a partir de biomasa.
- Propulsión de motores de combustión.
- Gasificación, fermentación y pirólisis para obtener hidrógeno a partir de biomasa.
- Almacenamiento electroquímico de hidrógeno generado a partir de electrólisis a gran escala para emplearse en la industria química, entregarse a la red de gas o en aplicaciones con pila de combustible como pueden ser los vehículos de hidrógeno.

En este Plan se reconoce al hidrógeno como la mejor alternativa para almacenar energía a largo plazo y en grandes cantidades del excedente de energía eólica con respecto a sistemas como el almacenamiento adiabático de energía en aire comprimido o las baterías electroquímicas.

Además, en el análisis sectorial, el hidrógeno se menciona de manera explícita en las diferentes líneas de I+D+i del PER 2011-2020 destacando:

- Sector del biogás: siguiendo la comunicación de la Comisión Europea "Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (hacia un futuro con baja emisión de carbono)", se reconoce el potencial de la conversión de biogás en hidrógeno.
- Sector eólico: para las áreas de trabajo que el PER 2011-2020 reconoce (área de trabajo 3, aplicaciones), se establece la posibilidad de buscar el desarrollo de proyectos de almacenamiento energético para su aplicación en horas valle, mediante la utilización de sistemas de producción de hidrógeno y pilas de combustible.
- Sector horizontal: sistemas de acumulación del sistema eléctrico. El almacenamiento de hidrógeno aparece descrito como prometedor en un futuro, para lo cual son fundamentales las demostraciones a gran escala, el aumento de la eficiencia y la búsqueda, adaptación o construcción de sistemas convenientes para almacenarlo.

Por otro lado, el **Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE)**¹² se ha actualizado para el periodo 2011-2020 y de nuevo para el periodo 2014-2020 con motivo de la aprobación de la Directiva 2012/72/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la Eficiencia Energética y que está encaminada a la reducción de un 20 % en los consumos para el conjunto de los estados miembros.

En la versión fundamental, desarrollada para el periodo 2011-2020 y que será objeto de adaptación conforme a los mandatos y directivas europeas para cumplir los objetivos de 2020, se mencionan las tecnologías del hidrógeno aplicadas al sector transporte. Específicamente, se reconoce la importancia de comenzar a renovar flotas de vehículos convencionales por los propulsados mediante hidrógeno y pila de combustible. En concreto, para conseguir este objetivo, se proponen ayudas económicas para la adquisición de vehículos que empleen hidrógeno como combustible compensando el coste extra que supone su compra.

En este sentido el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), como organismo oficial encargado de transponer la Directiva Europea 2014/94 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, ha incluido dentro de su Estrategia del Vehículo de Energías Alternativas (VEA) al hidrógeno como uno de combustibles a considerar. En esta actuación queda patente la apuesta de MINETUR por estas tecnologías dado que la transposición de la Directiva a los países miembros en lo referente al hidrógeno era opcional y no obligatoria.

¹² "Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020", IDAE, 2011.

02.

MARCO DE ACTUACIÓN

F.01 Propuesta de nº de vehículos e infraestructura de la estrategia del Vehículo de Energías Alternativas (VEA) actual y estimación 2020

	Parque (Nº Vehículos)		Infraestructura (Nº Estaciones suministro/recarga acceso público)	
	Actual	Estimado 2020	Actual	Mínimo en 2020 según criterio Directiva
GLP	40.000	250.000	450	1.200
GNL	300	800	17 global	14 en TEN-T
GNC	4.290	17.200	25 global	119 urbano+17 en TEN-T
Vehículo Eléctrico	10.000	150.000	Aprox. 1.000 en funcionamiento	1.190 urbanos
Hidrógeno	Proyectos demostración	2.800	6	21

Fuente: MINETUR

Por otro lado el informe Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas en España, elaborado por la Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas (ALINNE), describe a las tecnologías de hidrógeno y las pilas de combustible como una de las que van a contribuir a un desarrollo extraordinario de nuevas tecnologías energéticas en los próximos 10 años.

En definitiva, tal y como se observa en los diferentes planes en vigor descritos, queda claro que España reconoce el potencial de las tecnologías del hidrógeno para conseguir los objetivos de los planes y estrategias relacionadas con energías renovables, eficiencia energética y sostenibilidad. Sin embargo, es necesario primero lograr un aumento de eficiencia y una reducción del coste de componentes y sistemas para alcanzar la competi-

tividad de las tecnologías del hidrógeno con respecto a las existentes en el estado del arte, para lo cual es necesario un apoyo desde los planes nacionales de I+D+i. No hay que obviar que las autoridades públicas, con honrosas y destacadas excepciones, pueden hacer más por la penetración y avance de estas tecnologías. Una posible causa de este hecho puede estribar en que su conocimiento aún no está suficientemente extendido en la sociedad.

En España, el **Plan Nacional de I+D+i** se ha ido actualizando periódicamente desde 1988. Durante el periodo 2005-2013, el porcentaje de financiación destinado a proyectos relacionados con pilas de combustible e hidrógeno bajo las principales convocatorias de iniciativas en colaboración (Proyectos Singulares Estratégicos 2005-2011 y convocatoria INNPACTO 2010-2013), supuso alrededor del 6,25 % con respecto a otras líneas temáticas del Plan como energía eólica y bioenergía.



Actualmente, el Plan Nacional 2013-2016 reconoce¹³ una serie de retos entre los cuales se encuentran las tecnologías del hidrógeno. En concreto, en el reto correspondiente a energía segura, eficiente y limpia se busca una generación sostenible y una distribución de la energía respetuosa con el medio ambiente y socioeconómicamente aceptable. Para ello, se promueve la transición hacia un modelo energético que permita la reducción de la dependencia de los carburantes fósiles en un momento en el que son escasos y su demanda crece, a la par que su impacto medioambiental es significativo. Dentro de este reto, la quinta prioridad científico-técnica y empresarial es hidrógeno y pilas de combustible, incluyendo: (1) producción de hidrógeno; (2) investigación y desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible; (3) almacenamiento y distribución de hidrógeno, y (4) usos de hidrógeno portátiles y estacionarios.

En España existen entidades como la Asociación Española del Hidrógeno (AeH_2), el Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH_2), la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTEHPC) y la Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE), que son muy activas en la promoción y desarrollo de proyectos relacionados con las tecnologías del hidrógeno.

En cuanto a las regiones españolas, prácticamente todas ellas promueven el uso de la tecnología y se muestran activas en el plano nacional y europeo, especialmente Andalucía, Canarias, Cataluña, Comunidad Autónoma de Madrid, Comunidad Foral de Navarra, Galicia, País Vasco, Valencia y también Castilla La Mancha.

Cabe destacar que en 2016, como un hito nacional importante, el Congreso Mundial de Hidrógeno (World Hydrogen Energy Conference WHEC 2016) se celebra en España y en concreto en Zaragoza, del 13 al 16 de junio. El congreso representa una gran oportunidad para posicionar a los actores de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible de España en el ámbito internacional. El logro y posible éxito en su celebración tendrá como punto clave la colaboración entre FHa, apoyada por sus patronos, y las principales entidades activas en el sector del hidrógeno y las pilas de combustible a nivel nacional, lideradas por la AeH_2 .

¹³ "Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2016", Ministerio de Economía y Competitividad, 2012.

02.

MARCO DE ACTUACIÓN

2.3 ÁMBITO AUTONÓMICO

En el ámbito regional el apoyo al desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón viene siendo una realidad desde la legislatura 2007-2011 y fue recogido en los planes estratégicos vigentes en aquellos momentos. Esta realidad continuó patente en la Estrategia Aragonesa de Competitividad y Crecimiento, elaborada por el Gobierno de Aragón en 2012, que contemplaba entre sus proyectos la promoción y dinamización de las actuaciones de la FHa, y en especial de su Plan Estratégico anterior, el Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2011-2015.

Actualmente el apoyo sigue estando patente y recogido a su vez en las principales estrategias vigentes, de fomento empresarial e industrial de la región así como en el Plan Energético de Aragón 2013-2020.

Entre ellas destaca la **Estrategia Aragonesa de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente RIS3 Aragón**. La especialización inteligente significa identificar las características y activos exclusivos de cada país y región, subrayar las ventajas competitivas de cada una de ellas y reunir a los participantes y recursos regionales en torno a una visión de su futuro que tienda a la excelencia. También significa reforzar los sistemas de innovación regional, maximizar los flujos de conocimiento y divulgar los beneficios de la innovación para toda la economía regional. Estos principios son los que han marcado el desarrollo de RIS3 Aragón con el objetivo de que las inversiones en investigación e innovación sean realmente eficaces. Esta estrategia supone la puesta en práctica por parte de la Comisión Europea en el ámbito regional del diseño de una estrategia de investigación e innovación a través de una visión consensuada de la transformación de la economía regional.

En este marco de trabajo, RIS3 Aragón incluye un apoyo explícito al hidrógeno que se refleja en dos de las tres prioridades estratégicas seleccionadas: *conectividad y eficiencia de los recursos*. En cada una de las prioridades estratégicas se definen líneas estratégicas en las cuales se esbozan tipologías de proyectos específicos que puedan ser apoyados con programas de financiación europea (FEDER, FSE, Horizonte 2020) así como con cargo a los presupuestos regionales.

La prioridad estratégica de *conectividad* incluye actividades referentes a los sectores de logística y material de transporte, destacando la línea estratégica 4, Desarrollo de vehículos más eficientes, que incluye tipologías de proyectos específicas asociadas al hidrógeno.

F.02 Línea estratégica 4

Línea estratégica	Tipología de proyectos
L4.- Desarrollo de vehículos más eficientes	Atención especial al Desarrollo de las Tecnologías del hidrógeno
	Infraestructura de repostaje: electrolíseras e hidrogeneras

En lo que respecta a la prioridad estratégica de *eficiencia de recursos* destaca la línea estratégica 4, Almacenamiento e integración de sistemas energéticos, en la que mediante el uso de redes inteligentes en espacios propios o mediante el aprovechamiento de las condiciones geográficas de la región, se prevé el desarrollo de actuaciones aplicadas al hidrógeno.

F.03 Línea estratégica 5

Línea estratégica	Tipología de proyectos
L5.- Almacenamiento e integración de sistemas energéticos	Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía (MWh) pilas de combustible, baterías
	Desarrollo de redes inteligentes



Como elemento fundamental de planificación regional financiada con fondos FEDER para el nuevo periodo de programación de la Unión Europea 2014-2020 destaca el **Programa operativo FEDER Aragón 2014-2020**.

Entre la selección de objetivos temáticos incluidos en el programa aragonés se encuentra el *"Eje 4: Favorecer la transición a una economía baja en carbono en todos los sectores"*. Este eje incluye actuaciones vinculadas a la transición hacia una economía baja en carbono en el marco del Programa, centrado en la promoción de la eficiencia energética en los diferentes sectores (hogares, empresas y Administración Pública) y el fomento de la implantación, producción, almacenamiento y uso de energías renovables.

02. MARCO DE ACTUACIÓN

El Programa recoge explícitamente el impulso al hidrógeno en la región destacando iniciativas con una clara vocación de colaboración público-privada, respaldadas y promovidas por el Gobierno de Aragón, como es el caso de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón. El Programa destaca de la FHa *“su carácter claramente orientado al desarrollo industrial, como un factor para la cooperación empresarial de carácter intersectorial atendiendo a toda la cadena de valor en el campo energético-industrial, en el ámbito de la utilización de energías renovables y tecnologías del hidrógeno en edificación, descarbonización del combustible, movilidad sostenible, implantación de infraestructuras para los combustibles alternativos, gestión e integración de recursos renovables, realizando actuaciones de investigación, desarrollo, innovación, formación, divulgación y sensibilización”*.

En la distribución presupuestaria prevista para el periodo de programación 2014-2020 se incluye una partida general dedicada al apoyo de *“Otras energías renovables (incluida la hidroeléctrica, geotérmica y marina) e integración de energías renovables (incluido el almacenamiento, la conversión de electricidad en gas y las infraestructuras de hidrógeno renovable)”*.

Por otro lado, la **Estrategia de Ordenación Territorial de Aragón**, aprobada por Decreto 202/2014, de 2 de diciembre, del Gobierno de Aragón, establece como ejes, entre otros, el aumento del esfuerzo público en I+D+i y promover la innovación, entre otros ámbitos, en tecnologías basadas en el hidrógeno, y el desarrollo de la investigación en las tecnologías del hidrógeno como combustible para aplicar a los sistemas de transporte.

Finalmente, como programa sectorial en el que se contempla las tecnologías del hidrógeno destaca el **Plan Energético de Aragón (PLEAR 2013-2020)**. Su apoyo incluye tanto las aplicaciones en materia de transporte como el desarrollo de un epígrafe propio dentro del apartado de I+D+i señalando al hidrógeno como una de las líneas prioritarias de actuación en este ámbito. El Plan asume como propios las líneas estratégicas descritas en el Plan Director del Hidrógeno de Aragón 2011-2015.

Fruto de las medidas de fomento específico de las tecnologías del hidrógeno, la FHa, que es el mayor instrumento del Gobierno de Aragón para manifestar ese apoyo, ha seguido aumentando el número de empresas y organismos que se han implicado.

Actualmente el Patronato está formado por más de 70 miembros, claves para la economía aragonesa: empresas, entidades de todos los sectores y centros de investigación.

Para consultar el listado de los miembros del Patronato de la Fundación: Anexo I



Patronato de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón (2016)

03.

LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR

03.

LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR

Durante este periodo de 2011 a 2015, las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible han continuado su desarrollo y asentamiento en los principales sectores empresariales, industriales y científicos de Aragón.

La Comunidad Autónoma se ha posicionado activamente en el principal foco de la actividad de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) en Europa, como es la iniciativa público - privada de apoyo a la investigación, el desarrollo tecnológico y las actividades de demostración de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible, *"Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking*, FCH JU, promovida por el Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo y continuada en el Horizonte 2020. Este posicionamiento ha sido propiciado principalmente gracias a la participación de la FHa en sus grupos de trabajo relativos a los pilares de energía, transporte y actividades de cross-cutting. En este último ámbito se incluyen tareas transversales como la formación, sensibilización y análisis de mercado y normativo. Dentro de esta iniciativa la FHa ha participado, junto a varias entidades aragonesas, en seis proyectos del





programa en su periodo 2007-2014, ejerciendo de coordinador en tres de ellos y dando muestra del liderazgo alcanzado en Europa.

En este sentido, gracias al apoyo, en la primera parte del Plan, del Departamento de Industria e Innovación, y del Departamento de Economía, Industria y Empleo del Gobierno de Aragón, en la segunda, y a entidades y empresas aragonesas, la Comunidad Autónoma ha estado presente en los principales foros del sector en Europa y España. Adicionalmente, en el ámbito europeo destaca la presencia de la actualmente denominada Dirección General de Industria y Pymes, inicialmente, y del Director General de Industria, Pymes, Comercio y Artesanía del Gobierno de Aragón en la Asociación de Regiones Europeas para la Electromovilidad, Hidrógeno y Pilas de Combustible (HyER), anteriormente denominada HyRaMP, ostentando una de las vicepresidencias durante toda la vigencia del Plan Director.

En España, el Gobierno de Aragón y la FHa son miembros activos de la Asociación Española de Pilas de Combustible, (APPICE), de la Asociación Española del Hidrógeno (AeH₂) y de la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (PTEHPC), participando en sus órganos de gobierno. Adicionalmente la FHa está presente en uno de los tres órganos de gobierno que componen la FCH JU, como es el grupo de investigación N.ERGHY.

En lo referente al desarrollo tecnológico, a lo largo del desarrollo del Plan Director anterior (2011-2015), Aragón ha continuado muy activa durante todo el periodo en varias líneas destacando de manera especial la producción, el almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno y las aplicaciones con pilas de combustible.

03. LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR



- En el campo de la **producción de hidrógeno** con tecnología de electrólisis alcalina se han conseguido grandes avances en materia de innovación, principalmente a través del proyecto ELYGRID. Las tareas iniciadas continúan a través del proyecto ELYntegration, que comenzó en septiembre de 2015.
- En el área de **almacenamiento** se ha profundizado en el conocimiento de los diferentes sistemas, alcanzándose hitos tan importantes como el de registrar patentes o coordinar uno de los proyectos europeos más importantes sobre almacenamiento de hidrógeno en cavernas salinas, como fue el proyecto HyUnder.
- Las actuaciones en la línea de **pila de combustibles** se han centrado no sólo en la etapa de I+D para el desarrollo de tecnología a escala regional de pilas PEM y SOFC, sino también en una serie de proyectos de innovación tecnológica para llevar soluciones basadas en pila de combustible al mercado. Esto último se ha llevado a cabo a través del desarrollo de prototipos y simulación por parte de la FHa de soluciones accesibles a nichos de mercado, como Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) alimentados con hidrógeno, vehículos especiales y del sector logístico y sistemas de potencia. En este ámbito destaca el proyecto ZeroHyTechPark, que fue reconocido por el Programa LIFE+ como uno de los mejores proyectos en su categoría de medio ambiente.
- Otras actuaciones llevadas a cabo han incluido el desarrollo de sistemas innovadores de compresión de hidrógeno mediante hidruros metálicos, nuevos diseños para procesos de purificación de hidrógeno, sistemas de almacenamiento de energía con baterías de flujo o estudios de análisis tecno-económico de almacenamiento de energía a gran escala mediante hidrógeno, entre otros.

Aragón también se ha mostrado muy activa en materia de formación y sensibilización. En el primer ámbito, la FHa ha coordinado y participado en varios proyectos europeos de formación a profesionales con el fin de facilitar la accesibilidad de las nuevas tecnologías del hidrógeno al mercado con la preparación de técnicos formados. Igualmente en materia de educación universitaria, la Universidad de Zaragoza incluye en su Máster de Energías Renovables y Eficiencia Energética una asignatura de hidrógeno y pilas de combustible que da acceso a estudios de doctorado en la materia. Como resultado de estas actividades, varias tesis se han presentado en Aragón relacionadas con el hidrógeno. Adicionalmente, la FHa participa a su vez junto con el Grupo San Valero, a través de SEAS Estudios Abiertos, en la realización de cursos online de hidrógeno que se imparten en todos los países de habla hispana, formando a más de 1.000 alumnos durante este periodo.

En el ámbito de la sensibilización en la materia, la FHa ha continuado acercando las tecnologías del hidrógeno a estudiantes, empresas y público en general a través de la realización de diferentes eventos demostrativos en el marco de los proyectos en los que participa. Además, reforzando estas actividades, la FHa desarrolla, a partir de iniciativas propias, actividades específicas cuyo objetivo se centra en la concien-

ciación de los ciudadanos europeos sobre las virtudes de las tecnologías del hidrógeno. Con este espíritu la FHa participa en los proyectos europeos financiados por la FCH JU, como son KnowHy y Hy4All, lanzados en 2014 y 2015 respectivamente, así como colaborando con empresas y entidades europeas de primer nivel.

Además de los proyectos señalados en los que la FHa ha estado directamente involucrada, numerosas entidades aragonesas han participado en diferentes programas de cooperación regionales, nacionales y europeos, posibilitando realizar avances significativos en sus desarrollos relacionados con proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible. La tasa de retorno obtenida de la región respecto sus esfuerzos y recursos invertidos ha sido superior al 250% durante el periodo 2011 a 2015 gracias, principalmente, a la financiación obtenida en programas europeos de financiación de I+D+i en convocatorias de pública concurrencia.



03.

LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR

El cuadro adjunto detalla los proyectos en los que la Fundación y sus patronos han participado en este periodo:

F.04 Proyectos en los que la Fundación y sus patronos han participado en este periodo

Título del proyecto / contrato	Participantes en Aragón	Entidad financiadora	Periodo	Presupuesto del proyecto
Improvements to Integrate High Pressure Alkaline Electrolysers for Electricity/H2 production from Renewable Energies to Balance the Grid (Proyecto ELYGRID)	FHa - Instrumentación y Componentes (INYCOM) - Lapesa Grupo Empresarial	FCH JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking	2011 - 2014	3.701.178 €
Assessment of the potential, the actors and relevant business cases for large scale and seasonal storage of renewable electricity by hydrogen underground storage in Europe (Proyecto HyUnder)	FHa	FCH JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking	2012 - 2014	1.766.516 €
Grid Integrated Multi Megawatt High Pressure Alkaline Electrolysers for Energy Applications (Proyecto ELYntegration)	FHa - Instrumentación y Componentes (INYCOM)	FCH 2 JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2	2015 - 2018	3.301.391 €
Hydrogen for all of Europe (Proyecto Hy4All)	FHa	FCH 2 JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2	2015 - 2018	1.998.339 €
Sistemas inteligentes de optimización y autogestión de micro-redes eléctricas aplicados a áreas industriales en la zona SUDOE (Proyecto Optimagrid)	FHa - Universidad San Jorge – CIRCE	SUDOE – Interreg IV	2011 - 2014	1.190.271 €
Zero emissions using renewable energies and hydrogen technologies in building and sustainable mobility in Technology Parks (Proyecto ZeroHyTechPark)	FHa - Parque Tecnológico Walqa	FCH JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking	2010 - 2014	1.408.110 €
Fluid Management component improvement for Back up fuel cell systems (Proyecto FluMaBack)	FHa	FCH JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking	2012 - 2015	3.747.213 €
Improving the Knowledge in Hydrogen and Fuel Cell Technology for Technicians and Workers (Proyecto KnowHy)	FHa - Fundación San Valero	FCH JU - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking	2014 - 2017	1.080.417 €

(continuación)

Network for Vocational Education and Training in Renewable Energy (Proyecto NetVET-RE)	FHa - Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide	Lifelong Learning Programme, Leonardo Da Vinci	2013 - 2015	99.000 €
Desarrollo de sistemas de simulación de almacenamiento energético basado en baterías de flujo asociados a parques eólicos	Grupo Jorge - FHa	Proyecto Interno	2011 - 2013	Confidencial
Desarrollo de sistema de emergencia basado en Pila de Combustible e hidrógeno para velero clase IMOCA en Vendée Globe 2012	FHa	Proyecto a cliente (Acciona)	2011 - 2012	Confidencial
Pila de Hidrógeno para AUNAV.NEXT (Robot desactivador explosivos)	Proytecna – Fha	EEA Grants	2015	Confidencial
Tecnología Power-to-gas en el pirineo aragonés. Innovación y eficiencia energética en destinos de montaña	CIRCE – Cluster Turismo Montaña – FHa	Programa AEI – Ministerio de Industria, Energía y Turismo	2014	56.379 €
Desarrollo de un nuevo sistema de generación de vapor de aplicación industrial mediante concentradores De energía solar (Vacos)	SATEL- Vea Global-Tafyesa- FHa	Programa AEI – Ministerio de Industria, Energía y Turismo	2014	80.094 €
Desarrollo de un modelo de bloques de soluciones para suministro eléctrico (Model-Block)	SATEL- Vea Global-Tafyesa- FHa	Programa AEI – Ministerio de Industria, Energía y Turismo	2014	77.189 €
Optimización del diseño fluidodinámico y mecánico de un sistema de pila PEM de alta temperatura	LIFTEC (CSIC)	Ministerio de Ciencia e Innovación	2010-2012	449.164 €
Diseño y fabricación de una pila PEM ultraligera de media potencia para unidad de energía de un UAV	LIFTEC (CSIC)	Ministerio de Economía y Competitividad	2013-2015	59.560 €
Profitable Small Scale Renewable Energy System in Agrifood Industry and Rural Areas: Demonstration in the Wine Sector (LIFE+REWIND)	LIFTEC (CSIC)- Viñas del Vero – Universidad de Zaragoza – INTERGIA Energía sostenible	Programa LIFE	2014-2017	1.562.994 €

03. LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR

(continuación)

PROQUIPOL: Procesos químicos de residuos poliméricos complejos en recursos	CIRCE	Ministerio de Ciencia e Innovación	2009-2011	629.753 €
Producción sostenible de hidrógeno a partir de residuos de origen biológico mediante el proceso Steam-Iron	Universidad de Zaragoza I3A	Ministerio de Ciencia e Innovación	2011-2014	181.500 €
Reformado Seco de biogás: Intensificación del proceso con fines energéticos	Universidad de Zaragoza I3A	Ministerio de Economía y Competitividad	2014-2016	364.300 €
Formación profesional para el uso del hidrógeno	CPIFP- Pirámide	Gobierno de Aragón. Proyectos de Innovación en FP	2015	2.000 €

Reunión proyecto Elygrid.



La evolución experimentada por el incremento de actuaciones asociadas al hidrógeno en Aragón, se refleja en diferentes indicadores, todos ellos positivos y que muestran la decidida apuesta de la Comunidad Autónoma en esta materia:

- En lo que respecta al número de proyectos financiados, asciende a 96 para el periodo 2011-2015, con una media anual de 20 proyectos relacionados con el hidrógeno y pilas de combustible.
- En materia de recursos humanos, el número de personas formadas ha ascendido a 184 personas, cifra más elevada en el caso de profesionales dedicados a estas tecnologías que asciende a 250.
- En materia de formación, destacan un total de 8 tesis realizadas en el ámbito del hidrógeno en el periodo.
- Como resultado de ello, las cifras de actividad económica del periodo asociado a las tecnologías del hidrógeno ascienden a casi 6 millones de euros.



F.05 Indicadores de seguimiento del Plan Director del Hidrógeno de Aragón (2011-2015)

	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	TOTAL
Nº de proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	24	20	17	19	16	96
Nº de tesis en el ámbito del hidrógeno en Aragón	2	1	1	1	3	8
Nº de personas formadas en tecnologías del hidrógeno en su entidad en Aragón	45	31	30	39	39	184
Nº de profesionales dedicados a tecnologías del hidrógeno en su entidad en Aragón	49	50	49	50	52	250
Actividad económica en tecnologías del hidrógeno en Aragón	1.519.126 €	1.186.298 €	908.329 €	1.183.259 €	1.167.733 €	5.964.745 €

03.

LOGROS OBTENIDOS EN EL PLAN DIRECTOR ANTERIOR

A lo largo de los 5 años de vigencia del Plan Director 2011-2015, el trabajo y buen hacer de las entidades aragonesas del sector del hidrógeno se ha visto reconocido con diferentes premios.

La FHa recibió los siguientes:

- Año 2013: Premio a la Gestión Institucional por parte de la Revista Ejecutivos.
- Año 2014: Premio Medio Ambiente Aragón en el ámbito de entidades sin ánimo de lucro por parte del Departamento de Agricultura, Ganadería, y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.
- Año 2014: Diploma en reconocimiento como Caso de Éxito en la Eco-Innovación Empresarial por parte de Fundación CIRCE.
- Año 2015: Best LIFE Project al Proyecto ZeroHyTechPark por parte de la Comisión Europea, a través de su programa de medio ambiente LIFE+.

Mención especial merece durante este periodo 2011-2015 la celebración de los diez primeros años de vida de la Fundación, con un acto celebrado en el Parque Tecnológico Walqa en el que tiene su sede que sirvió para repasar el camino recorrido hasta la fecha y fijar nuevos retos de futuro. A este acto asistieron más de cien representantes institucionales y de empresas, algunos de ámbito internacional.



Durante el periodo de vigencia del Plan Director 2011-2015, Aragón, con el objetivo de fomentar el despliegue de las tecnologías del hidrógeno, **ha intensificado su actividad con otras regiones y municipalidades** muy activas. La labor que desarrolla el Gobierno de Aragón en HyER facilita que entidades y organizaciones aragonesas puedan abrirse camino en nuevos mercados, así como el establecimiento de sólidas colaboraciones y alianzas. Tal es el caso de la establecida por la FHa con la Scottish Hydrogen and Fuel Cells Association (SHFCA), que permitirá estrechar relaciones entre los patronos de la Fundación y los miembros de la Asociación con el objetivo de identificar oportunidades y establecer nuevos proyectos.

Igualmente Aragón, a través de la propia Fundación, se ha posicionado activamente para conseguir el despliegue de una red de hidrogeneras de forma que se defina el primer corredor de hidrógeno que cruce los Pirineos conectando Francia y el centro de Europa con la Península Ibérica.

Por último, aunque no menos importante, desde la Fundación se han fomentado **las acciones de asociacionismo**. La Fundación continúa desarrollando una labor muy activa en este ámbito. Además de su presencia en las asociaciones citadas anteriormente, AeH₂, APPICE, PTEPC y N.ERGHY, está presente, a nivel nacional, en el Comité AEN/CTN 181: Tecnologías del hidrógeno de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y, en el contexto internacional, colabora con el grupo de trabajo en materia de hidrógeno del Comité Europeo de Normalisation Electrotechnique (CENELEC). En este periodo la FHa en Aragón ha continuado su vinculación a International Energy Agency (IEA) a través de sus grupos de trabajo de Hydrogen Implementing Agreement (HIA).

Como es habitual en las actividades de la Fundación y con el objeto de aumentar su visibilidad, y por extensión de la marca Aragón, destaca su participación en los principales foros, ponencias y congresos nacionales, europeos y mundiales. A modo de ejemplo cabe citar la presencia de la Fundación en las ediciones del Congreso Iberoamericano de hidrógeno y pilas de combustible (IBERCONAPPICE), en el European Hydrogen Energy Conference (EHEC) o en el World Hydrogen Energy Conference (WHEC). En este último caso, tanto la Fundación como el Gobierno de Aragón han participado para conseguir entre otros objetivos que la celebración de su vigésima edición (WHEC 2016) tuviera lugar en Zaragoza.



04.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

04.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN

- Disponer de una herramienta para la identificación de oportunidades en tecnologías del hidrógeno detectadas en Aragón que permita tomar decisiones institucionales, empresariales y académicas.
- Identificar las líneas estratégicas para la Comunidad Autónoma y establecer los planes de actuación y horizonte temporal para el despliegue de las líneas.
- Involucrar al tejido económico aragonés en la adopción de nuevas tecnologías como factor diferenciador y de posicionamiento competitivo en el medio y largo plazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PLAN

- Revisar el estado del arte de la tecnología, desarrollos actuales, proyectos, empresas de referencia en el sector, potencial de la región en la materia, mercados incipientes e identificación de oportunidades.
- Identificar líneas estratégicas de trabajo para los próximos años y oportunidades de desarrollo específico para el sector empresarial aragonés.
- Concretar actuaciones transversales y de soporte como formación, sensibilización, transferencia de tecnología, protección e impacto que permita apoyar con éxito el despliegue del resto de líneas de trabajo: producción, almacenamiento, transporte, distribución y aplicaciones.
- Definir acciones orientadas a resultados mediante el establecimiento de indicadores de seguimiento que permitan monitorizar de manera eficaz los objetivos propuestos.
- Realizar una proyección a horizontes temporales más largos como 2020-2050, definiendo la continuidad de las líneas estratégicas trazadas y asentando las bases para alcanzar esos horizontes.
- 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.



METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el desarrollo del Plan Director del hidrógeno 2016-2020 se ha llevado a cabo mediante la definición de un doble enfoque: interno (a través de la revisión del Plan anterior, el estado del arte y las experiencia aportada desde la FHa y sus patronos), y externo, a través del desarrollo de un intenso proceso participativo que ha incluido tanto a los patronos como a nuevas empresas, así como a organismos que pueden estar interesados en estos desarrollos.

ANÁLISIS INTERNO

- Revisión del Plan Director 2011-2015. Valoración de los resultados alcanzados en el Plan 2011-2015 a través de sus indicadores de seguimiento y el análisis de las seis áreas temáticas definidas en dicho Plan. En cada uno de ellos se ha realizado un análisis de las causas de su evolución con el objetivo de establecer en el nuevo Plan aquellas áreas que cuenten con mayores posibilidades de desarrollo y aquellas que desde un punto de vista estratégico sea necesario potenciar.
- Revisión del estado del arte actual del hidrógeno. Análisis de la evolución del estado de la técnica en las tecnologías del hidrógeno así como la evolución de los planes, estrategias y programas a nivel nacional e internacional.
- Identificación de líneas de trabajo para el nuevo Plan 2016-2020. Se han definido las líneas de trabajo como resultado de la revisión anterior y las tendencias del sector, estableciendo las siguientes líneas en cinco áreas:
 - A. Producción.
 - B. Almacenamiento, transporte y distribución.
 - C. Aplicaciones.
 - D. Transferencia de tecnología, protección e impacto económico.
 - E. Formación y sensibilización.

ANÁLISIS EXTERNO

- **Proceso participativo.** Como complemento al análisis interno realizado, en la fase de redacción del Plan, se ha procedido a realizar un intenso proceso participativo centrado en las cinco líneas de trabajo identificadas. Para ello se han establecido dos rondas de mesas de trabajo en las que han intervenido tanto los patronos de la Fundación como empresas y entidades relevantes en el ámbito de la temática abordada.

El objetivo de la primera ronda de mesas de trabajo, realizada durante el mes de julio de 2015, ha consistido en presentar el grado de ejecución del Plan Director 2011-2015 y debatir las nuevas líneas estratégicas y nuevas propuestas de acción. Se ha propuesto una primera predefinición de actuaciones estableciendo un periodo de recepción de sugerencias sobre las temáticas analizadas.

En la segunda ronda de mesas realizada durante el mes de septiembre de 2015, se ha procedido a revisar las propuestas recibidas, además de concretar y completar aquellas presentadas en la primera fase. Esto ha permitido poner en común el interés de los participantes sobre nuevos proyectos.

Como resultado de ambos enfoques de trabajo, el nuevo Plan Director 2016-2020 establece un **sistema de seguimiento orientado a resultados**. Para ello, se ha propuesto una batería de indicadores de seguimiento, resultado y de gestión que permitirá monitorizar las actuaciones propuestas.

05.

LÍNEAS DE TRABAJO

05. LÍNEAS DE TRABAJO

El Plan Director 2016-2020 se estructura en cinco líneas de trabajo:

A. Producción.

B. Almacenamiento, transporte y distribución.

C. Aplicaciones del hidrógeno.

D. Transferencia de tecnología, protección e impacto económico.

E. Formación y concienciación.

En la descripción de cada una de las líneas de trabajo se ha establecido la siguiente secuencia para su presentación:

- **Estado del arte:** en cada una de las líneas de trabajo se ha realizado una breve exposición del grado de avance de la tecnología así como los avances y proyectos más relevantes en cada uno de los casos. El objetivo es obtener una visión global de las tendencias del sector en esa línea de trabajo.
- **Oportunidades:** se ha procedido a identificar las principales oportunidades en cada línea de trabajo que anticipan en muchos casos las acciones que se van a llevar a cabo en el ámbito del presente Plan.
- **Acciones previstas:** por cada línea de trabajo se han identificado las acciones y principales actuaciones previstas estableciendo el nivel de prioridad de la acción (Alto, Medio, Bajo). Además, por cada acción, se identifica en términos de modificación del TRL la evolución prevista para cada uno de ellos.





Con el objetivo de establecer un Plan orientado a resultados, se han establecido dos hitos de desarrollo en 2018 y 2020 para valorar el grado de avance del Plan.

En el caso de la electrólisis (incluida en la línea de trabajo de “producción”), al tratarse de una acción que cuenta con abundante recorrido, el nivel de detalle de las acciones y líneas de actuación es superior al resto. Para ello se identifican modificaciones en el TRL por línea de actuación y objetivos con mayor grado de detalle.

El TRL (Technology Readiness Level-Nivel de Madurez Tecnológica) es un sistema de medida que estima la madurez o preparación de un desarrollo en particular a partir de una clasificación en 9 niveles distintos, con posibilidad de adaptación a casos concretos. Dicho sistema tiene un papel relevante dentro de Horizonte 2020, y por ello se ha optado por incluirlo dentro del sistema de seguimiento de las líneas de trabajo del Plan.

TRL-0	Idea.
TRL-1	Investigación básica.
TRL-2	Formulación de la tecnología.
TRL-3	Investigación aplicada.
TRL-4	Prototipo pequeña escala.
TRL-5	Prototipo gran escala.
TRL-6	Sistema prototipo.
TRL-7	Sistema de demostración.
TRL-8	Primer sistema de tipo comercial.
TRL-9	Aplicación comercial completa.

Por otro lado en el caso de las líneas de trabajo de “transferencia de tecnología, protección e impacto económico” y “formación y sensibilización”, dada la tipología de acciones, no se aplica la clasificación TRL y se ha optado por indicadores en relación a la participación y el grado de aceptación.

A.





PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

A. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO





Los principales procesos de obtención de hidrógeno a día de hoy se pueden diferenciar de forma general entre aquellos que recurren a hidrocarburos y los que lo generan mediante la separación de la molécula del agua, además de otros procesos más innovadores.

La **electrólisis** es uno de los métodos de producción de hidrógeno más prometedores, con él se consigue la disociación de la molécula del agua en H_2 y O_2 mediante la utilización de energía eléctrica en forma de corriente continua. Las emisiones contaminantes durante esta reacción son nulas, y si además la energía utilizada proviene de fuentes renovables se considera que el proceso global de obtención de hidrógeno es limpio ("Green H_2 "). El dispositivo usado para estos procesos se denomina electrolizador, para cuya configuración existen varias tecnologías en diferentes grados de desarrollo industrial. Los electrolizadores de tecnología **alcalina** son los que cuentan con una mayor presencia industrial en la actualidad, dado que cuentan con una mayor madurez tecnológica y una mejor rentabilidad económica. Por otro lado, los electrolizadores de **Proton Exchange Membrane** (PEM) se han desarrollado durante los últimos años, y si bien también es preciso que sean más competitivos en coste,

empiezan a competir con electrolizadores alcalinos en nichos de mercado donde se requieren elevadas producciones de hidrógeno. La electrólisis de **óxido sólido, que se puede realizar a elevadas temperaturas (500°C-800°C)**, se encuentra también en constante desarrollo y promete mejoras en cuanto al rendimiento global del proceso.

Como alternativa a la electrólisis tradicional, existen otros procesos como la **fotoelectrólisis**, en los cuales el electrodo absorbe directamente luz solar y genera el potencial eléctrico necesario para disociar la molécula de agua mediante una corriente continua. La fotoelectrólisis es una tecnología con un futuro prometedor en cuanto a costes y eficiencia, cuyo objetivo más próximo es el de encontrar materiales más adecuados para su desarrollo.

También, utilizando como punto de partida el agua, los **procesos termoquímicos** consiguen la disociación de la misma en hidrógeno y oxígeno mediante la aplicación de grandes dosis de calor en dos ciclos térmicos (azufre-yodo) que actúan como procesos intermedios consiguiendo una transformación completa del agua a hidrógeno y oxígeno. Tienen la simplicidad de operación como principal ventaja, no obstante cuentan también con inconvenientes como la necesidad de muy altas temperaturas para que se produzca la totalidad del proceso. La puesta en práctica de algunos de estas técnicas de producción se plantea en combinación con otros procesos en los que se generan grandes cantidades de calor residual, como es el caso de generación eléctrica a partir de energía nuclear, cuyo aprovechamiento para la obtención de hidrógeno incrementaría el rendimiento global de ambos y una reducción considerable de costes de operación en lo que se produce.



A. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Para obtener hidrógeno de forma limpia existen otros métodos además de los expuestos, aunque se encuentran a niveles más experimentales. Especialmente interesantes resultan los relacionados con vías biológicas de obtención de hidrógeno, como la **fermentación oscura**, mediante algas o bacterias capaces de producir hidrógeno.

El **reformado** de combustibles fósiles constituye la mayor parte de la producción mundial de hidrógeno¹⁴, debido principalmente a sus muy bajos costes de operación y a su alto rendimiento de operación (70-85%). El proceso consiste en la reacción que se produce cuando un hidrocarburo concreto (generalmente gas natural) entra en contacto con vapor de agua en un reactor a muy altas temperaturas obteniéndose como producto de dicha reacción, hidrógeno así como monóxido y dióxido de carbono (CO y CO_2). La implementación de una segunda etapa permite incrementar el rendimiento del proceso puesto que se incrementa la generación de hidrógeno al mismo tiempo que se consume el CO producido en la primera etapa. Sin embargo, las grandes cantidades de CO_2 liberado (7 kg CO_2 por cada kg de H_2 producido) lo alejan de ser un proceso que pueda considerarse, en términos generales, limpio y sostenible. De forma similar, existen otros procesos para generar hidrógeno como el denominado **oxidación parcial** en el cual la reacción del hidrocarburo se efectúa con oxígeno a muy alta temperatura (1.300°C - 1.500°C). Son también procesos con un alto rendimiento, pero con dificultades de seguridad asociadas que obstaculizan su uso en aplicaciones

¹⁴ State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union, European Commission, DG MOVE - Expert group on future transport fuels.





portátiles o compactas. Los métodos de producción anteriores se pueden combinar en el llamado **reformado autotérmico**, que consiste en añadir a un proceso por oxidación parcial una corriente de vapor de agua, provocando la reacción de reformado por vapor. El resultado es un proceso más sencillo en cuanto al necesario control de la temperatura de la reacción. Además cuenta con otras ventajas como bajos costes de operación y un alto rendimiento de operación, así como la posibilidad de usar reactores de tamaño compacto. En la línea de estos procesos de reformado, cabe destacar también el **reformado por plasma**, que ha sido desarrollado para permitir producir mezclas muy ricas en hidrógeno pudiéndose aplicar una gran variedad de combustibles, con altos rendimientos y sin necesidad de catalizadores, con las desventajas de tener una alta dependencia de electricidad y las altas presiones del proceso.

Otro de los procesos más importantes para la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos es el de **gasificación**, que consiste en una oxidación parcial de la materia prima, siendo ésta normalmente carbón o biomasa, de forma similar a los procesos anteriormente explicados. El resultado es una mezcla de H_2 , CH_4 , hidrocarburos, CO y N_2 . Los mayores problemas se derivan del gran volumen de biomasa que es necesario transportar a la planta de producción, el contenido de humedad de la materia prima, así como de los recursos que deben usarse para eliminar las impurezas del gas resultante. Finalmente, un proceso similar aún en fase de desarrollo es el de **reformado de fase líquida**, el cual utiliza hidrocarburos oxigenados o carbohidratos para la generación de hidrógeno. Se caracteriza por su desarrollo a temperaturas bajas y presiones muy elevadas (hasta 30 MPa), y cuenta con importantes ventajas como que no es necesario vaporizar o transformar la materia prima a fase gaseosa.

Los procesos de obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos están implantados a escala industrial, ya que han estado íntimamente relacionados con el desarrollo de la industria petroquímica. En la actualidad, la investigación e innovación se orientan a aplicar y adaptar de forma satisfactoria estos procesos a la utilización de hidrocarburos que puedan obtenerse a partir de fuentes de origen renovable o de una revalorización y/o reutilización de residuos. Este es el caso de la biomasa, el biogás o el biometano que se obtienen, por ejemplo, en el tratamiento de residuos.

En Aragón, y desde la FHa, los principales desarrollos hasta la fecha se han realizado en el campo de la **electrólisis alcalina**. La electrólisis a partir de energías renovables se contempla en Europa como una vía prioritaria para la producción limpia de hidrógeno, bien mediante electrólisis alcalina o bien por electrólisis PEM. En este sentido la FHa ha participado como coordinador del proyecto ELYGRID, cuyo principal objetivo fue la implementación de mejoras a un sistema tradicional de electrólisis alcalina para poder ofertar servicios de red o sistemas de gestión de la energía en redes eléctricas con alta penetración de energías renovables. Las tareas iniciadas con el proyecto ELYGRID, concluido en 2014, continúan en la actualidad con el proyecto ELYntegration, que se realizará entre 2015 y 2018. A continuación se expone el estado del arte de los proyectos liderados por la FHa y los objetivos a corto y medio plazo de desarrollo europeo.

A.

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

F.06 Estado del arte y objetivos futuros para producción de hidrógeno a partir de energías renovables como sistema de almacenamiento de energía y gestión de red eléctrica ^{15 16 17 18}

		Estado del arte		2017 - 2018		2020	
		FCH 2 JU (Objetivos 2012)	ELYGRID - FHa coordinador del proyecto (resultados 2014)	FCH 2 JU (Objetivos 2017)	ELYntegra- tion - FHa coordinador del proyecto (Objetivos 2018)	MAWP FCH 2 JU (publicado en 2014)	Electro- lysis Study (publicado en 2014)
KPI1	H ₂ producción electrolítica, consumo de energía (kWh/kg) @ producción nominal	57-60 @100 kg/d	51,2@100 kg/d	55 @ 500kg/d	52 @500 kg/d	52 @500 kg/d	52 @500 kg/d
KPI2	H ₂ producción electrolítica, CÁPEX @ potencia nominal incluyendo equipos adicionales y comisioning	8,0 M€/t/d)	1,58 M€/t/d)	3,7 M€/t/d)	< 1,30 M€/t/d)	2 M€/t/d)	-
KPI3	H ₂ producción electrolítica, pérdida de eficiencia por degradación @ potencia nominal y considerando 8000 horas de operación al año	2% - 4%/año	No incluido como objetivo del proyecto	2%/año	1,5%/año	1,5%/año	-
KPI4	H ₂ producción electrolítica, flexibilidad con una degradación < 2% año (en referencia al KPI 3)	5% - 100% de la potencia nominal	No incluido como objetivo del proyecto	5% - 150% de la potencia nominal	15% - 130% of de la potencia nominal	0% - 200% de la potencia nominal	-
KPI5	H ₂ producción electrolítica, arranque en caliente desde mínima a máxima potencia (en referencia al KPI 4)	1 minuto	No incluido como objetivo del proyecto	10 segundos	2 segundos	2 segundos	-
	H ₂ producción electrolítica, arranque en frío	5 minutos	No incluido como objetivo del proyecto	2 minutos	20-180 minutos	30 segundos	20-≥20 minutos

Fuente: FCH 2 JU

¹⁵ Multi - Annual Work Plan 2014-2020, Fuel Cells And Hydrogen Joint Undertaking (FCH 2 JU), June 2014.

¹⁶ Elygrid Project, FCH JU Programme Review Days 2014, Project Report.

¹⁷ ELYntegration Project, Description of Actions (DoA), 2015.

¹⁸ Study on development of water electrolysis in the European Union, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, February 2014.

Las principales oportunidades detectadas en el ámbito de la producción del hidrógeno y que se pretende explorar en el marco del siguiente Plan son las siguientes:

- **Desarrollo de una industria local productora de equipos y sistemas de generación de hidrógeno basados en electrólisis o integradora de soluciones de producción de hidrógeno por electrólisis.**

Actualmente existe un amplio know-how por parte del sector científico de la región y parte del sector empresarial e industrial por lo que resulta interesante establecer las acciones necesarias para un posicionamiento internacional y las alianzas estratégicas de la FHA con empresas europeas del sector.

- **Estimación de alta penetración de energías renovables intermitentes (eólica y solar fotovoltaica) en las redes eléctricas en el corto - medio plazo.**

Se aprecia la necesidad de gestión de sistemas eléctricos con alta penetración de energías renovables, proporcionando las tecnologías del hidrógeno soluciones de servicios energéticos y servicios de red actuando como carga y produciendo hidrógeno para su posterior uso.

- **Potencialidades para la producción de hidrógeno a partir de residuos con capacidad potencial para la generación de hidrógeno y existentes en la región.**

Aragón es una región con una importante generación de residuos, como los agrícolas ganaderos, urbanos y otros como los de la industria del papel. Entidades como la Universidad de Zaragoza disponen de conocimiento en el tratamiento de dichos residuos para la producción de hidrógeno.

- **Apoyo financiero de la Comisión Europea a través del programa FCH 2 JU a proyectos de producción de hidrógeno.**

Actualmente a través del nuevo programa FCH 2 JU, destaca la línea dedicada a proyectos de producción de hidrógeno por electrólisis a partir de energías renovables para el almacenamiento de energía y proveer de servicios de red a la red eléctrica, proporcionándoles a dichos proyectos una baja huella de carbono a partir de residuos.



Aragón cuenta con una importante posición competitiva dado su recorrido anterior y los trabajos iniciados en esta área.

- **Necesidad de sistemas de generación de hidrógeno para su integración en el sector transporte.**

Para los próximos años Europa y otras regiones a nivel mundial, como California o Japón, han definido, dentro de sus estrategias energéticas y de desarrollo económico, el despliegue de la infraestructura de repostaje de hidrógeno, también denominadas estaciones de repostaje de hidrógeno o Hydrogen Refuelling Station (HRS), que requerirán de sistemas de generación de hidrógeno para abastecer a los vehículos a los que den servicio. Este hidrógeno, que se pretende sea de origen renovable, provendrá de electrólisis del agua.

A.

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
1. Electrólisis	Optimización a nivel técnico y de costes, mediante simulación y diseño mejorado de componentes y subsistemas	ALTA	5 a 7	Primer diseño realizado para TRL 6	Primer diseño realizado para TRL 6
	Estudio de mecanismos de degradación de los componentes y vida acelerada. Ensayos de larga duración	ALTA	3 a 5	Planes de ensayos desarrollados y validados	Validación de los sistemas desarrollados, pérdida de eficiencia <2%/año por degradación
	Desarrollo y optimización de balances de planta y sistemas auxiliares para integración de electrolizadores en servicios de red, aplicaciones aisladas y almacenamiento de energía proveniente de fuentes renovables	ALTA	5 a 7	Diseño de sistema de electrólisis y componentes auxiliares en entornos de servicio de red y/o aislado	Rediseños validados, y demostrados en un entorno relevante (TRL 7)
	Desarrollo de procedimientos y ensayos estandarizados para la operación de electrolizadores	ALTA	No aplica TRL	Procedimientos, plan de ensayos y propuesta de estandarización desarrollada	Propuestas y procedimientos comunicados a comités de normalización a nivel nacional

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
2. Desarrollo electrónica de potencia	Desarrollo de electrónica de potencia optimizada para aplicaciones de electrólisis en sistemas aislados para potencias inferiores a 100 kW	MEDIA	5 a 7	Requisitos especificados y comprobación de los diseños conforme a los mismos: diseños validados	Demostración conjunta con electrolizador en entorno relevante (TRL 7)
	Optimización de electrónica de potencia en equipos de electrólisis para proveer servicios de red, en cumplimiento de requisitos marcados por IEC 61.000	MEDIA			
	Incrementar la capacidad de compactación de los sistemas para hacerlos más funcionales y modulares	MEDIA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
3. Producción de hidrógeno a partir de residuos	Confección de catálogo de residuos orgánicos (agroalimentarios, ganaderos, urbanos e industriales) en Aragón con potencial para producción de H2: cuantificación, distribución, calidad, características	MEDIA	Dependiendo de la fuente, origen y tipología del residuo el TRL inicial estará entre 3 y 5	Planteamiento de acción de producción a validar en un entorno relevante (TRL 5) y potencial de recursos analizado (catálogo, análisis)	Al menos un proyecto desarrollado en las acciones de producción de hidrógeno a nivel demostrativo en la región
	Elección de métodos de transformación en función de materia prima (residuo)	MEDIA	3 a 6		
	Análisis tecno-económico de las vías de producción, según tratamiento (biológico, termoquímico, reformado de biogás o biometano, gasificación, etc.)	MEDIA	3 a 6		

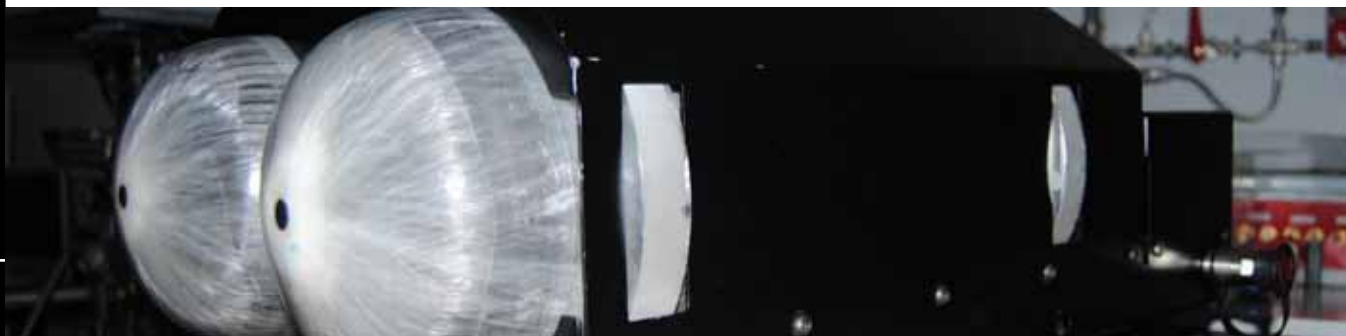
B.





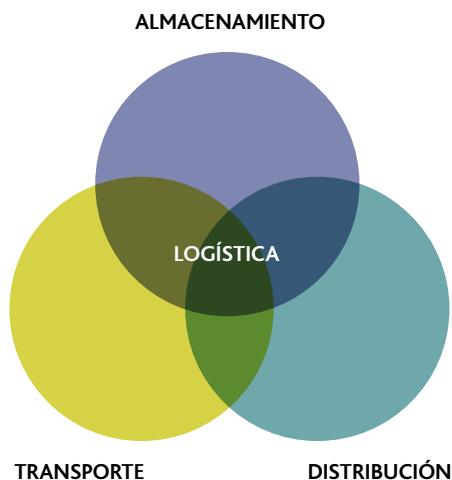
ALMACENAMIENTO,
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

B. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO



Una vez producido el hidrógeno, a través de cualquiera de los procesos de generación descritos en el apartado anterior, es necesario comenzar a pensar en la siguiente etapa que hay que solucionar: la logística correspondiente para tener disponible ese hidrógeno en el punto donde se demanda.

En este ámbito, la logística comprende tres grandes segmentos que son totalmente independientes industrialmente, pero que tienen partes en común y cierta dependencia entre sí en términos de su promoción y desarrollo: almacenamiento, transporte y distribución.



ALMACENAMIENTO

Existen varios métodos para el almacenaje del hidrógeno, en estado sólido, líquido y gaseoso. Éste último es el más común ya que es el estado natural del hidrógeno en condiciones normales de temperatura y presión. En la mayoría de los métodos de producción empleados actualmente es obtenido en este estado.

En lo que respecta al **almacenamiento de gas**, el desarrollo y avance en la ciencia de los nuevos materiales han permitido el incremento de la presión de almacenamiento en tanques. Para ello, el uso de composites con fibras de carbono y kevlar, combinado con nuevos diseños de depósitos de aleaciones más resistentes, permite llegar a presiones por encima de 1.000 bar.

Dependiendo del material que se utilice para la fabricación del tanque y su recubrimiento, se distinguen cuatro tipologías:

- **Tipo I:** Aquellos fabricados íntegramente en metal, normalmente de acero inoxidable o de una aleación de otros metales que también son resistentes a los efectos del hidrógeno.
- **Tipo II:** Tanques de tipo I reforzados con un bobinado de resina y fibras de carbono sólo en su parte central, sin cubrir los dos extremos.
- **Tipo III:** Tanques de tipo I recubiertos completamente con fibra y resina.
- **Tipo IV:** Se diferencia de los anteriores en el material de la botella es un polímero de alta densidad y el bobinado sería igual a los descritos en el tipo III.

B.

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

En cuanto al nivel de desarrollo del proceso productivo, de los cuatro tipos nombrados anteriormente, sólo los de tipo I tienen desarrollado este proceso a gran escala, mientras que los otros tres tipos de depósitos son fabricados bajo demanda para necesidades puntuales.

Actualmente la presión estándar de almacenaje es 200 bar, tanto en jaulas o racks de botellas a presión como en remolques de tráiler, aspecto que interacciona con el interés del sector de transporte en su desarrollo. Por ello, una mejora en los procesos productivos de los depósitos tipo II, III y IV redundará en una reducción de costes y planteará una posibilidad real para poder ser más eficientes y transportar más cantidad de gases en el mismo volumen. Evidentemente esta mejora no se producirá hasta que no haya una demanda que justifique la inversión, siendo el sector *distribución* clave para poner en marcha toda la cadena de valor. En este sentido, el despliegue de estaciones de repostaje de hidrógeno, o HRS (Hydrogen Refuelling Station), está previsto que aumente de forma considerable durante la próxima década de 2016 a 2025, coincidiendo con la etapa de despliegue de los vehículos de pila de combustible FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle). Desde un punto de vista sectorial, el sector de la automoción se ha posicionado y ha elegido la presión de 700 bar como el estándar de almacenamiento del hidrógeno en los depósitos de la actual generación de vehículos de pila de combustible. Este mercado requerirá el desarrollo y mejora de los procesos productivos para los tanques tipo II, III y IV, lo que provocará una reducción de costes de fabricación y lanzamiento de este nuevo concepto de almacenamiento en un futuro cercano.

Además del almacenamiento de gas, se dispone de la tecnología del **almacenamiento líquido** del hidrógeno. Esta tecnología no ha experimentado grandes avances en los últimos años por los requerimientos energéticos que implica. Para su aplicación, el hidrógeno líquido se almacena a $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$. La última solución es el **almacenamiento sólido** mediante el uso de hidruros metálicos. Este sistema únicamente es apropiado para trabajar en aplicaciones estacionarias dada su elevado peso y a bajas presiones.

Además de estas aplicaciones, una nueva tecnología se emplea recientemente conocida en la industria como LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers). Esta tecnología se basa en una reacción química mediante la cual el hidrógeno en estado gaseoso se disuelve en un medio líquido que es capaz de absorber gran cantidad de gas y retenerlo en sus moléculas. Es un sistema bastante incipiente pero que cobrará cada vez más protagonismo a medida que progresen sus investigaciones.



Para el almacenamiento a gran escala de energía procedente de fuentes renovables se ha analizado en Europa el almacenamiento subterráneo de hidrógeno en cavernas salinas¹⁹. Estos sistemas de almacenamiento cobran gran interés cuando los domos salinos se encuentran próximos a redes eléctricas con alta penetración de energías renovables (recurso eólico próximo) y a una distancia no superior a 250 km de importantes nodos de consumo de energía (grandes ciudades industriales).

Durante el anterior Plan Director, la FHa lideró el proyecto europeo HyUnder, que analizó la viabilidad tecno-económica de este tipo de instalación.

En España se observó que se dispone de cuatro localizaciones propicias para ubicar este tipo de sistema de almacenamiento de energía, una de ellas en Aragón. A día de hoy se contempla como el único sistema complementario a los bombeos reversibles como sistema capaz de gestionar redes eléctricas con alta penetración de fuentes renovables intermitentes, eólica y solar. El análisis económico mostró que es a partir de 2025, con una demanda superior a la actual de hidrógeno en el sector transporte, cuando un proyecto de estas características tendría una viabilidad financiera. La FHa se mantendrá a la expectativa de la oportunidad de mercado para poder posicionar a Aragón.

En Aragón la empresa Calvera es un distribuidor de sistemas de almacenamiento. Calvera proporcionó los sistemas de almacenamiento que están en operación en las hidrogeneras de Valdespartera (Zaragoza) y de la FHa (Parque Tecnológico Walqa, Huesca) desde 2008 y 2011 respectivamente.

¹⁹ State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union, European Commission, DG MOVE - Expert group on future transport fuels.

B.

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

TRANSPORTE

Actualmente hay multitud de configuraciones posibles para poder transportar hidrógeno desde un punto de generación a otro de consumo. La mayoría de las empresas gasistas han optado por soluciones de rack de 12 ó 16 botellas de unos 70 litros y a 200 bar. Estos módulos son independientes entre sí y un camión normal puede transportar hasta 8 bloques independientes.

También existe la posibilidad de diseñar y fabricar bloques a medida, que encajen con las necesidades especiales de cada cliente.

Se espera que la próxima generación de depósitos que conformen estos bloques transportados sea de tipo IV, permitiendo mover grandes cantidades de gas en un volumen más reducido y disminuyendo los costes asociados.

Camiones para el transporte de hidrógeno gas fabricados por Calvera Maquinaria e Instalaciones en sus instalaciones de Épila (Zaragoza). Fuente: Calvera Maquinaria e Instalaciones.





DISTRIBUCIÓN

Respecto a la distribución en materia de hidrógeno, el sector automovilístico está comenzando a planificar el siguiente paso para la producción a gran escala de vehículos de pila de combustible. Fabricantes de vehículos como Toyota, Honda, Hyundai y Renault han presentado ya sus respectivos modelos comerciales disponibles para la venta a empresas y particulares. Actualmente estos vehículos circulan en zonas muy localizadas debido a la necesidad de puntos de repostaje. A nivel europeo se aprobó en 2014 la Directiva 2014/94 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos²⁰, que contemplaba el hidrógeno como uno de ellos. Por este motivo, no es de extrañar que países europeos como Alemania, junto con Estados Unidos y Japón, sean los que más están apostando por esta tecnología y aglutinen casi el 80% de las estaciones de repostaje de hidrógeno en sus territorios. Francia también ha iniciado una estrategia nacional de combustibles alternativos que impulsa la instalación de estas estaciones de servicio. Otros países europeos donde también se están desplegando infraestructuras de hidrógeno son Holanda, Dinamarca, Países Escandinavos o Reino Unido.

²⁰ Directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Comisión Europea. Diario Oficial de la Unión Europea, L307/1, Octubre 2014.

B.

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

España tiene actualmente seis hidrogeneras con disponibilidad de servicio. Dos de ellas están en Aragón (Huesca y Zaragoza), dos en Andalucía (Sevilla), y otras dos en Castilla la Mancha (Albacete y Puertollano).

Con el fin de potenciar su desarrollo, en los próximos años se prevé el desarrollo de una red de repostaje funcional, definida en la Estrategia del Vehículo de Energías Alternativas (VEA) desarrollada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). Esta estrategia prevé para el año 2020 la implantación de 21 hidrogeneras para que estos vehículos puedan circular con total normalidad por todo el territorio, con una presión de repostaje estándar de 700 bar que podrá suministrar la mayoría de las nuevas hidrogeneras. En este sentido, la estrategia y su implantación en los planes correspondientes, como el MOVEA, no solo contempla el apoyo a la adquisición de vehículos de pila de combustible, sino también la adaptación de aquellas hidrogeneras que han sido instaladas con anterioridad para alcanzar dichos valores de presión. A esta presión de repostaje, los vehículos de pila de combustible pueden alcanzar autonomías de más de 500 km con un solo repostado. Los nuevos sistemas avanzados de repostaje pueden hacer un llenado en tiempo inferior a 5 minutos, por lo que la comparación en tiempos de recarga y autonomía llegan a ser muy similares a los vehículos de combustión actuales.



La estrategia de mallado de la red de hidrogeneras que han seguido otros países puede servir como modelo de actuación. La propuesta planteada parte de una columna vertebral que una las ciudades principales y se ramifica en función de las necesidades específicas de cada zona.

Aragón está en una situación privilegiada al tener ya instaladas dos hidrogeneras en Huesca y Zaragoza. La primera daría acceso a un futuro corredor de hidrógeno con Francia y la segunda estaría situada en unos de los principales polos logísticos del sur de Europa como es Zaragoza, punto prácticamente equidistante de Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia y perteneciente a una de las redes principales transeuropeas de transporte. Estas dos estaciones pueden ser la arteria principal del primer mallado nacional.



B.

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

Las principales oportunidades detectadas en el ámbito del almacenamiento, transporte y distribución del hidrógeno y que se pretende explorar en el marco del siguiente Plan son las siguientes:

- **Posibilidad de realización de ambiciosos proyectos demostrativos que conecten el desarrollo de una infraestructura de repostaje de hidrógeno europea.**

En los próximos años, se prevé entre otras actuaciones la ejecución de hidrogeneras y la utilización de nuevos vehículos comerciales de pila de combustible aprovechando la existencia de programas específicos de financiación como la FCH 2 JU, el programa CEF o programas de financiación europea de cooperación transnacional y transfronteriza como SUDOE o POCTEFA que contemplan la posibilidad de desarrollo de proyectos de interés para la promoción de las tecnologías del hidrógeno.

- **Aplicación de la transposición a nivel nacional de la Directiva 2014/94 UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014.**

La transposición de esta directiva relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, incluyendo las infraestructuras de repostaje para vehículos de pila de combustible, permitirá el desarrollo de una red de hidrogeneras más amplia en Aragón y conectada con el resto de España y Europa.

- **Despliegue de un mercado de soluciones de infraestructuras de repostaje europeo e internacional.**

Ante los nuevos planes europeos de movilidad basados en tecnologías del hidrógeno y que contemplan el desarrollo de nuevas infraestructuras de repostaje se presenta una oportunidad para la internalización a partir del know-how generado en la región con la operación de las dos hidrogeneras existentes y la realización de proyectos europeos de dimensionado y diseño de hidrogeneras por parte de la FHa.

- **Posicionar a Aragón en la red de corredores europeos del hidrógeno.**

Aragón ostenta parte de sus fortalezas económicas en su situación estratégica y en el impulso que durante las últimas décadas ha realizado en el sector de la logística. Posicionar a la región en la red principal de corredores transeuropeos gracias a las tecnologías del hidrógeno y mediante la realización de proyectos, así como de planes de implementación de la infraestructura de repostaje de hidrógeno se presenta como una gran oportunidad. De esta manera se conseguiría el conexionado de las infraestructuras aragonesas con las propias de los departamentos fronterizos pirenaicos de Francia (Midi - Pirénées y Aquitania) y de los principales núcleos económicos colindantes en España (Cataluña, País Vasco y Navarra, Madrid y Comunidad Valenciana) estableciéndose una oportunidad estratégica de desarrollo y crecimiento económico para la región en el corto - medio plazo.

- **Incremento de la necesidad de sistemas de almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno.**

El despliegue de la tecnología trae consigo nuevos requerimientos en el mercado para las tecnologías de almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno en el ámbito europeo e internacional. Esto representa una gran oportunidad para poner en valor las tecnologías desarrolladas en la Comunidad Autónoma.



B.

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
1. Compresión mediante hidruros	Diseño y fabricación de recipientes de hidruros metálicos optimizados para carga y descarga rápida (distribuidores de gas, intercambiadores de calor, etc.)	MEDIA	4 a 7	Producto de una etapa hasta 200 bar	Prototipo dos etapas hasta 1.000 bar
	Optimización de las aleaciones metálicas para mejorar la conductividad térmica	MEDIA			
	Estudio de mecanismos de degradación y vida acelerada en hidruros metálicos. Ensayos de ciclado.	MEDIA			
	Desarrollo de balances de planta y sistemas auxiliares	MEDIA			
ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
2. Estudio de desarrollo de sistemas de almacenamiento para los estándares del mercado	Estudio de desarrollo de recipientes para altas presiones	MEDIA	9	Estudios finalizados y conclusiones	Por determinar
	Estudio de desarrollo de equipos para el ensayo normalizado de recipientes composites	MEDIA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
3. Despliegue de infraestructuras de repostaje	Estimación de la evolución de la demanda de hidrógeno para el transporte y evaluación de posibles infraestructuras (recopilación de información disponible, análisis de previsión, soluciones tecnológicas, dimensionamiento, costes, etc.)	ALTA	8 a 9	5 hidrogenas operativas en Aragón	Tecnología de 700 bar testada en la región
	Línea de adaptación de las hidrogenas de 350 bar a 700 bar	ALTA			
	Selección de la mejor alternativa para el despliegue en Aragón	ALTA			



C.



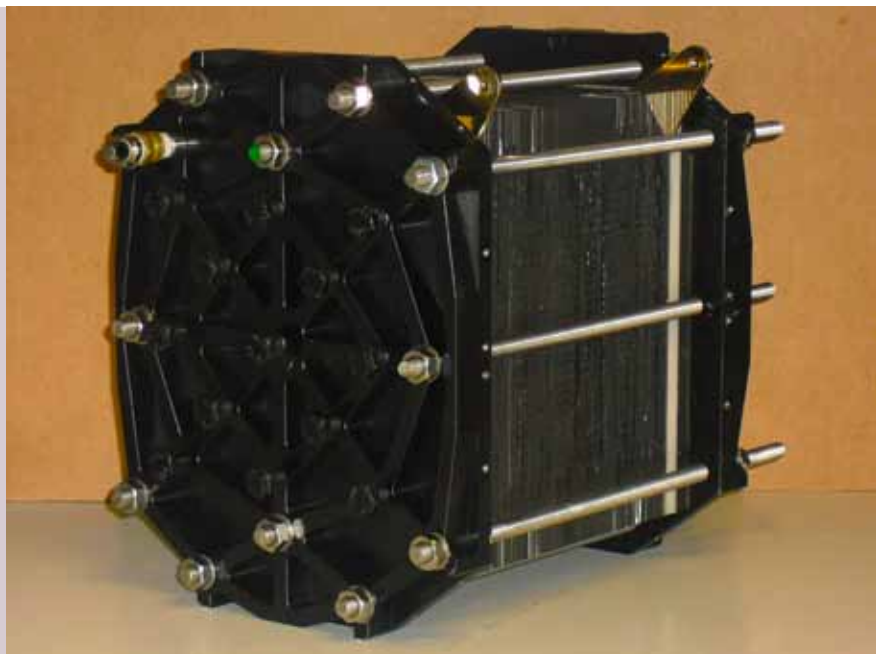


APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

C.

APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

Gracias a la escalabilidad, capacidad y flexibilidad que presentan las diferentes tecnologías del hidrógeno tanto en tamaño, formato o potencia, se puede afirmar que teóricamente sus aplicaciones pueden considerarse prácticamente ilimitadas.



No obstante, en los últimos años se han establecido una serie de mercados incipientes en los cuales se están desarrollando las primeras aplicaciones comerciales y que constituyen mercados nicho.

Se pueden distinguir tres categorías para facilitar la clasificación de estas aplicaciones: aplicaciones estacionarias, aplicaciones portátiles y aplicaciones de movilidad o vehiculares.



APLICACIONES ESTACIONARIAS

Las aplicaciones estacionarias mediante pila de combustible están en continuo crecimiento y desarrollo en los últimos años, pudiendo dividirse en dos tipologías principalmente: aplicaciones de gran potencia (centenares de kilovatios (kW) y megavatios (MW)) y aplicaciones de pequeña potencia (alcanzando las decenas de kilovatios).

Respecto a las aplicaciones de gran potencia, se establecen en el rango de 200 kW a 1.000 kW de potencia nominal. Los principales fabricantes mundiales son: Bloom Energy (SOFC), UTC Power (PAFC) y FuelCell Energy (MCFC) y desarrollan sus productos y aplicaciones de generación y cogeneración siendo capaces de alimentar grandes cargas de forma estable y continua. Amazon, Coca-Cola o Walmart²¹ son algunos de los clientes que emplean este tipo de pila de combustible en sus instalaciones y centros de datos.

En el siguiente escalón de tamaño y potencia se puede encontrar las aplicaciones estacionarias de pequeña potencia de hasta decenas de kilovatios nominales. Las principales aplicaciones de este tipo de equipos son sistemas de micro-cogeneración y unidades de generación de energía eléctrica en sistemas aislados de red. Dentro de la categoría de sistemas de micro-cogeneración se encuentran unidades del entorno de 300 W a 2.000 W de potencia, unidas a un reformador y alimentadas por gas natural del cual se extrae el hidrógeno a utilizar. Este tipo de pila proporciona energía para abastecer la carga base térmica y eléctrica base de una vivienda. Con más de 22.000 unidades vendidas en Japón, Panasonic y su proyecto ENE-FARM, representa el máximo exponentes de esta filosofía²². A nivel europeo se han llevado iniciativas similares aunque con un impacto menor, como el proyecto ENE-FIELD que ha instalado más de 1.000 unidades en el Norte de Europa²³ y el proyecto CALLUX²⁴ en Alemania con un objetivo de instalar 500 unidades de pila de combustible.

En el campo de las instalaciones aisladas de red, las potencias tanto de electrolizadores como de pilas de combustible están encuadradas en el rango de 1 kW a 50 kW, siendo las potencias más habituales del orden de 1 kW a 10 kW. La tecnología más común para ambos equipos es la tecnología PEM, desarrollada de forma exponencial en esta área en los

últimos años. Especial mención requiere una de las aplicaciones estrella de las pilas de combustibles en sistemas aislados, como son las pilas de respaldo o de back-up para sistemas de telecomunicaciones. Esta aplicación impulsada inicialmente por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, a través de fondos nacionales de financiación, cuenta con más de 1.000 unidades (2015) instaladas. Algunas de las compañías de referencia en este mercado son: Heliocentris, Dantherm o Hydrogenics²⁵.

APLICACIONES PORTÁTILES

En último lugar en la escala de tamaño y potencia, encontramos las aplicaciones portátiles de bajas potencias, desde pocos milivatios hasta algunos cientos de vatios, en las que las pilas de combustible son unos potenciales sustitutos de las baterías recargables. Las tecnologías referentes en este campo son las de membrana polimérica (PEM) y metanol directo (DMFC), siendo esta última utilizada por la facilidad de recarga a través de cartuchos de combustible líquido (metanol). Asimismo se pueden encontrar pequeños electrolizadores de decenas de vatios encargados de recargar los cartuchos de hidrógeno utilizados en estas aplicaciones. Apple está trabajando soluciones de pila de combustible para aumentar la autonomía de sus teléfonos móviles y sus ordenadores portátiles, sistemas ya probado en su iPhone 6 o su MacBook²⁶.

²¹ <http://www.fuelcelltoday.com>

²² <http://www.tokyo-gas.co.jp/techno/english/feature/>

²³ <http://enefield.eu/>

²⁴ www.callux.net/

²⁵ The Fuel Cell Industry Review 2015

²⁶ <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/mediatechnologyandtelecoms/11818151/Revealed-the-first-hydrogen-powered-battery-that-will-charge-your-Apple-iPhone-for-a-week.html>

C.

APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

El sector del transporte o las aplicaciones de movilidad constituyen el campo más prometedor en cuanto a las aplicaciones de las tecnologías y del hidrógeno.

APLICACIONES DE MOVILIDAD O VEHICULARES

El sector del transporte se enfrenta a los problemas derivados del uso de los combustibles fósiles, como son la dependencia energética y los condicionantes geopolíticos, con las grandes oscilaciones del precio del barril del petróleo por un lado y los problemas medioambientales que causan, entre los que se encuentra el efecto invernadero, por otro. Por ello, la aplicación a este sector de la tecnología eléctrica basada en pilas de combustible de hidrógeno ofrece una oportunidad tangible para alcanzar este requerimiento.

La mayoría de los fabricantes de automóviles identifican el uso del hidrógeno en pilas de combustible como el sustituto del petróleo fósil en los motores de combustión interna, debido a las múltiples vías de generación de hidrógeno, a su alto rendimiento usando pilas de combustible y a su nula contaminación.

En 2014 se alcanzaba un hito con la puesta a la venta del primer modelo de producción en serie de un vehículo de hidrógeno. Hyundai, al que siguió en muy poco espacio de tiempo Toyota, pionera en el mercado de los vehículos híbridos, puso a la venta (EEUU, Japón y algunos países europeos) el modelo ix35 basado íntegramente en propulsión eléctrica alimentada por pila de combustible. A finales de 2015 Honda también presentó el Clarity Fuel Cell que, al igual que el Hyundai ix35 y el Toyota Mirai, será comercializado en Japón, EEUU y algunos países europeos. No obstante, existen otros fabricantes de vehículos como General Motors, que fue pionero con proyectos como el Project Driveaway en el que 119 modelos de HydroGen 4 han sido probados desde 2007²⁷. En la actualidad Audi, BMW, Mercedes y Volkswagen han anunciado el lanzamiento en los próximos años de sus modelos basados en pila de combustible.

²⁷ <http://www.opel.es/acerca-de-opel/noticias-opel/2014/5/laflotapropulsada.html>



Las potencias típicas de este tipo de pilas de automoción rondan los 100 kW de potencia nominal, siendo de tecnología PEM y propiedad de cada una de las marcas. Ballard, Hydrogenics y Symbio FC son los principales fabricantes de pilas de automoción en competencia con las grandes marcas de vehículos con desarrollos propios.

Por último, uno de los mercados nichos más prometedores en el campo de las aplicaciones móviles, es el empleo de las pilas de combustible en la propulsión de vehículos logísticos. Esta aplicación ha experimentado una eclosión en el último lustro principalmente en Estados Unidos donde, grandes empresas como Coca-Cola Company o Walmart²⁸ disponen de una amplia flota de carretillas elevadoras propulsadas por pilas de combustible de hidrógeno operando en instalaciones industriales y grandes almacenes logísticos. El principal argumento a su favor en esta aplicación es la simplificación de los procesos de recarga, que permite reducir las operaciones y los tiempos a pocos minutos, evitando la necesidad de disponer de duplicados de las baterías, con las necesidades de espacio y protocolos de gestión de residuos asociados, y obteniéndose un aumento de la productividad.

Las potencias típicas de las pilas de combustible para este tipo de aplicación está entre los 5 y 8 kW, y los depósitos de hidrógeno de a bordo pueden ir presurizados hasta 350 bar. Las principales empresas con presencia en este sector son Ballard, Hydrogenics y PlugPower.

²⁸ <http://www.ballard.com/>

C. APLICACIONES DEL HIDRÓGENO



Las principales oportunidades detectadas en el ámbito de aplicaciones del hidrógeno y que se pretende explorar en el marco del siguiente Plan son las siguientes:

- **Posibilidad de realización de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico con financiación europea que permitirán transferir la tecnología creada en Aragón a las empresas del sector.**

La financiación europea a través del programa Horizonte 2020, con iniciativas como FCH 2 JU con líneas de financiación específicas del hidrógeno, establece la posibilidad de realizar programas de desarrollo tecnológico de productos para penetración en el mercado que pueden suponer transferencia de tecnología realizada desde Aragón a empresas interesadas del sector.

- **Existencia de mercados nicho para las tecnologías del hidrógeno en el periodo 2016 a 2020.**

En una primera etapa del desarrollo de la tecnología se espera que los primeros mercados nicho se encuentren en la integración pilas de combustible a partir de stacks. FHa dispone de amplia experiencia en este ámbito de actuación por la realización de proyectos específicos y productos destinados a los mercados nicho actuales para las tecnologías del hidrógeno (carretillas elevadoras, sistemas aislados, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAIs), etc.)

- **Promoción de proyectos demostrativos de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible en Aragón.**

Los actores regionales tienen la opción de promover proyectos demostrativos en tecnologías de producción, incluyendo aplicaciones como la metanación o el Power-to-gas, o el repostaje de hidrógeno dado el despliegue de la infraestructura esperado en el marco de la Directiva Europea de infraestructura de combustibles alternativos.



C.

APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
1. Desarrollo Stack PEM para aplicaciones del sector transporte y aeronáutica	Desarrollo de stacks de tecnología PEM conceptualmente nuevos y optimización de los sistemas que conforman la planta de potencia	ALTA	5 a 7 Desarrollo de prototipos para distintas aplicaciones del sector transporte	Participación de empresas y centros de investigación de Aragón en algún proyecto	Know-how establecido en el tejido industrial aragonés
	Desarrollo de nuevos sistemas de potencia y control híbridos embarcados con alta frecuencia de conmutación y convertidores de potencia más eficientes	ALTA			
	Desarrollo de tecnología a escala regional	ALTA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
2. Métodos de caracterización avanzados de pilas PEM	Ejecución de ensayos de caracterización, operación, ciclo de vida y degradación de stacks/módulos de tecnología PEM en condiciones ambientales y climatológicas específicas. Análisis y evaluación de resultados	ALTA	4 a 6 Desarrollo de un banco para realizar los ensayos con el protocolo establecido	Protocolo de ensayos totalmente establecido en, al menos, un centro de investigación de Aragón	Extensión del know-how a otros actores del sector en Aragón
	Ensayos <i>post-mortem</i> y caracterización de materiales	ALTA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
3. Desarrollo Pilas SOFC	Desarrollar nuevos materiales y diseños de SOFC que mejoren las prestaciones actuales	ALTA	3-4 a 7	Pruebas de campo de Stacks SOFC	1 producto a mercado
	Fabricar un stack portátil SOFC utilizando celdas SOFC microtubulares desarrolladas en Aragón: 10W-200 W, H ₂ o hidrocarburos (bioalcoholes) como combustible, funcionamiento reversible para generar electricidad o combustible	ALTA			
	Pruebas de campo del stack SOFC portátil	ALTA			
	Identificar aplicaciones nicho para el stack SOFC portátil				

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
4. Desarrollo sistemas Power-to-gas	Participación en proyecto a nivel nacional o europeo de sistemas "Power-to gas" basados en la producción de gas natural sintético a partir de hidrógeno renovable y CO ₂ o bien inyección directa de H ₂ en la red de Gas Natural hasta un porcentaje determinado	MEDIA	4 a 7	Participación de Aragón en algún proyecto	Estudio de viabilidad para un demostrador en Aragón
	Estudio de viabilidad técnico-económica de la implantación de sistemas Power-to-gas en España	MEDIA			

C.

APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
5. Integración de hidrógeno en redes aisladas	Diseño, desarrollo y ejecución de proyectos con tecnologías del hidrógeno en redes aisladas alimentadas con EERR	ALTA	6 a 7	Inicio de un demostrador en Aragón	Know-how establecido en el tejido industrial aragonés
	Diseño y optimización de electrónica de potencia y sistemas de control y comunicación para producción de hidrógeno en redes aisladas a partir de EERR	ALTA			
	Buscar oportunidades de demostradores en redes aisladas donde pueda integrarse de alguna manera hidrógeno, preferentemente en áreas rurales. Identificación de posibles ubicaciones / usuarios finales	ALTA			

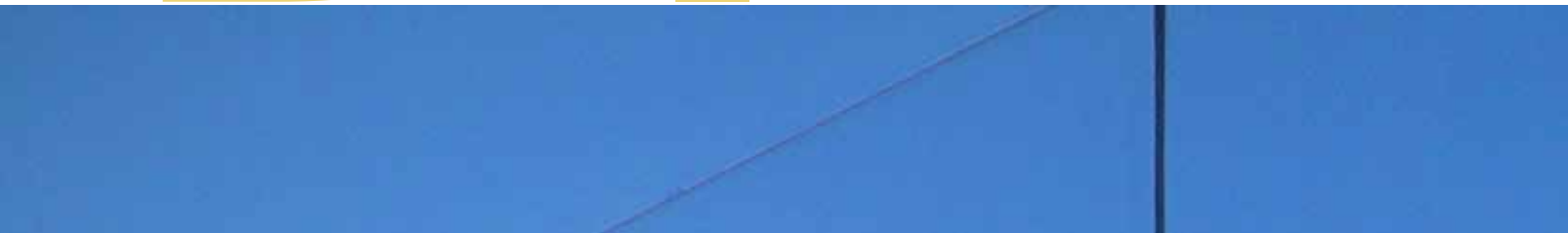
ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
6. Aplicaciones nicho	Identificar aplicaciones nicho donde aplicar hidrógeno y buscar usuarios finales interesados	ALTA	No aplica TRL (amplia variedad de tecnologías)	2 productos a mercado	5 productos a mercado
	Desarrollo tecnológico de aplicaciones para cubrir los nichos de mercado a corto plazo	ALTA			
	Desarrollo de proyectos demostrativos en el sector transporte incluyendo flotas de vehículos e hidrogeneras en la región	ALTA			



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
7. Sistemas de movilidad con hidrógeno	Demostración de la tecnología comercial de FCEV	ALTA	6 a 7	Participación en proyecto	Demostrador/ Vehículos activos en Aragón



D.





TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA,
PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

D.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO





El sector del hidrógeno tiene en su matriz industrial, utilizado como materia prima en la industria química y del petróleo, el principal núcleo de negocio a día de hoy, con más de 700.000 millones de metros cúbicos normales (Nm^3) (~60.000 kt) a nivel mundial²⁹, representando un movimiento económico de en torno a 50.000 millones de euros.

Estas cifras vinculadas a la producción de carburantes y fertilizantes en su mayoría, distan todavía en gran medida de los resultados económicos que tendría el uso del hidrógeno como vector energético. Únicamente el 4% del hidrógeno producido en todo el mundo es producido por medio de procesos de electrólisis del agua, la tecnología establecida como vía sostenible de producción de hidrógeno, y un porcentaje aún menor a partir de electrólisis con energía procedente de fuentes renovables, una de las líneas de acción y de los principales intereses de desarrollo en la región.

Independientemente del uso industrial del hidrógeno, dada la versatilidad del mismo para su integración en diferentes aplicaciones, el hidrógeno es señalado como un "vector energético". Desde los años 70, tras la crisis del petróleo de esa década, se comenzó a investigar, en un grado muy inicial de desarrollo, su aplicación como combustible para el transporte. En los años sucesivos y a través de programas de investigación y desarrollo principalmente en Norteamérica, Japón y Europa se ha creado tecnología para su utilización en diversas aplicaciones (ver apartado 5C) destacando su citado uso como combustible para el transporte y como solución de almacenamiento de energía a gran escala en redes eléctricas para su posterior aprovechamiento en aplicaciones estacionarias y portátiles, principalmente, a través de pila de combustible como suministro de energía eléctrica y térmica.

En la actualidad, los recursos invertidos en la investigación y desarrollo de la tecnología en las últimas décadas han permitido que comience el proceso de transferencia de tecnología entre los centros de investigación y universidad hacia la industria y la empresa. Por un lado numerosos casos de éxito se presentan a nivel europeo con empresas como ITM (Reino Unido), McPhy (Francia) o IHT (Suiza) dando soluciones a la producción de hidrógeno. Por otro lado empresas como Ballard (Canadá), Hydrogenics (Alemania) y Nedstack (Holanda) abasteciendo de soluciones en el mercado de las pilas de combustible. Todas estas entidades han crecido o se han fundamentado en colaboraciones y/o alianzas desde los centros de investigación y universidades.

²⁹ M. Ball, M. Weeda, "The hydrogen economy e Vision or reality?", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, 7903-7919, Mayo 2015.

D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

En Aragón, el tejido productivo y de servicios no ha sido ajeno a las desavenencias ocasionadas por la importante crisis financiera de los últimos años. Gracias a políticas enfocadas a la reindustrialización y al fortalecimiento de dicho tejido se ha detectado en el ámbito de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación una importante oportunidad en diferentes sectores para mejorar su competitividad, en los mercados en los que ya están presentes, y un instrumento donde poder posicionarse en nuevos foros. Por este motivo se ha detectado un acercamiento y una intensificación de las relaciones colaborativas entre el ámbito académico y científico y el empresarial e industrial.

En el sector del hidrógeno se ha observado esta misma tendencia, donde se ha creado un importante conocimiento gracias a las principales actividades de I+D que se han llevado a cabo en la última década, y que no ha tenido todavía, por el escenario económico que se ha citado, la oportunidad natural de ser transferido al tejido empresarial e industrial. Por este motivo la transferencia de tecnología se vislumbra como uno de los nuevos retos para Aragón en el sector del hidrógeno. En este Plan Director para el periodo 2016 a 2020, se ha identificado esta circunstancia y el propio Plan pretende seguir, impulsar e intensificar los canales y los instrumentos necesarios para poner en valor las soluciones tecnológicas desarrolladas en el ámbito de la I+D+i, focalizándolas al mercado a través de una clara orientación a producto. La FHa, desde su

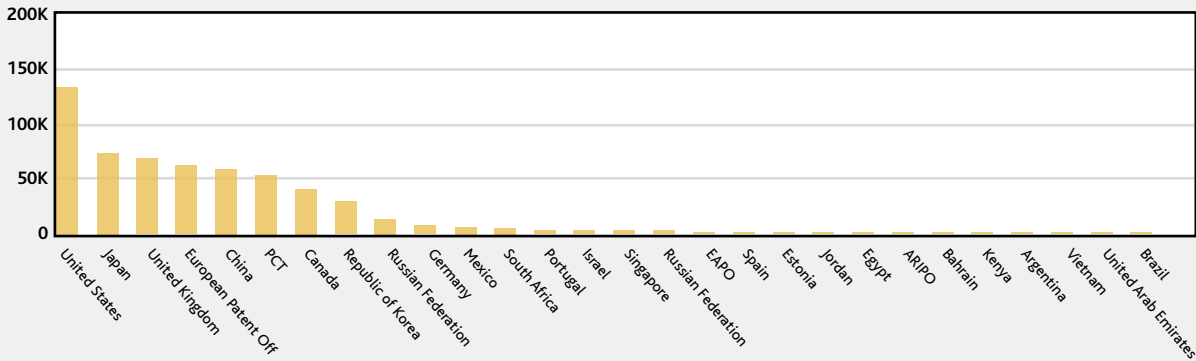




fundación en 2003, ha tratado de promover iniciativas de I+D en la región y se presenta como instrumento al servicio de la Comunidad para fomentar la transferencia de tecnología en el sector del hidrógeno, actuando de catalizador para la interacción entre el sector científico y el industrial.

En este ámbito, cabe destacar la importancia de la **protección de la propiedad industrial**. En el mundo existen a día de hoy más de 500.000 patentes relacionadas con las tecnologías del hidrógeno en todos los ámbitos. Cabe destacar la producción de patentes de países como Canadá, China, Estados Unidos, Japón y Reino Unido o de la Oficina de Patentes Europea.

F.07 Patentes en el sector del hidrógeno por países.



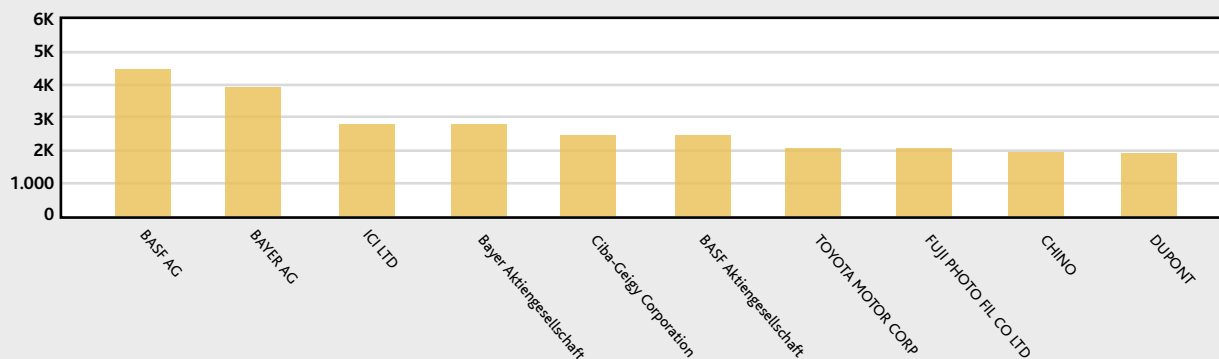
Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), 2015.

D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

La generación de patentes se centraliza fundamentalmente en multinacionales del sector químico y empresas del sector automoción como Toyota, empresa que, en 2015, liberó alrededor de 5.700 patentes³⁰ sobre pilas de combustible y tecnologías del hidrógeno para promover el desarrollo internacional de la industria de FCEV.

En lo referente al impacto económico de las nuevas aplicaciones de las tecnologías del hidrógeno cabe destacar las cifras de penetración en el mercado de productos con pila de combustible. En 2014 se comercializaron en el mundo 71.500 unidades de pilas de combustible, para un total de 342,6 MW de potencia instalados durante ese año³¹. De igual forma hay que mencionar la aceleración en la puesta en el mercado de vehículos de pila de combustible por Honda, Hyundai y Toyota principalmente, así como las nuevas hidrogeneras instaladas. Estas acciones representan un impacto económico directo en rango de miles de millones de euros y un impacto económico reseñable en cifras de creación de empleo.

F.08 Patentes en el sector del hidrógeno por empresas.



Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), 2015

³⁰ <http://corporatenews.pressroom.toyota.com/>

³¹ The Fuel Cell Industry Review 2015



En lo referente al impacto económico de las nuevas aplicaciones de las tecnologías del hidrógeno cabe destacar las cifras de penetración en el mercado de productos con pila de combustible. En 2014 se comercializaron en el mundo 71.500 unidades de pilas de combustible, para un total de 342,6 MW de potencia instalados durante ese año. De igual forma hay que mencionar la aceleración en la puesta en el mercado de vehículos de pila de combustible por Honda, Hyundai y Toyota principalmente, así como las nuevas hidrogeneras instaladas. Estas acciones representan un impacto económico directo en rango de miles de millones de euros y un impacto económico reseñable en cifras de creación de empleo.

D. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

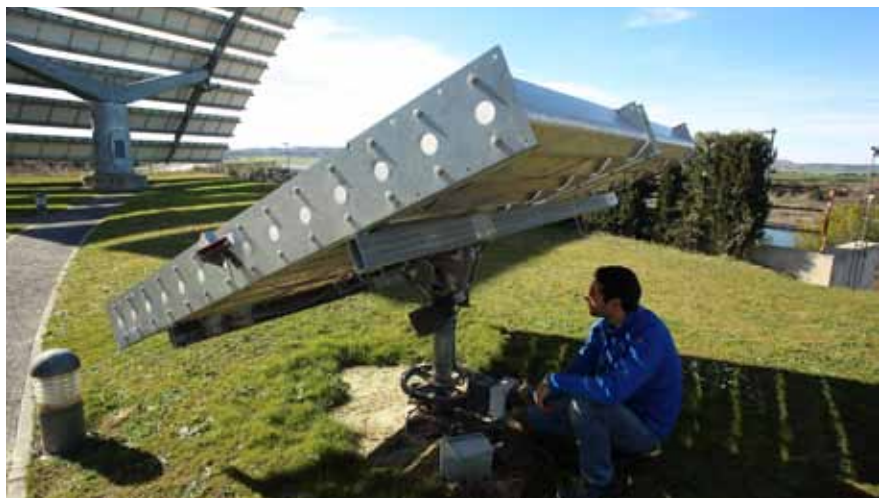
Las principales oportunidades detectadas en el ámbito de transferencia de tecnología, protección e impacto económico y que se pretenden explorar en el marco del presente Plan son las siguientes:

- **Transversalidad de las tecnologías y posibilidad de aplicación a otros campos.**

Las tecnologías del hidrógeno pretenden incrementar su presencia en el mercado aportando soluciones innovadoras, eficientes y respetuosas con el medio ambiente en sectores tan diversos como el del transporte, el energético, el industrial o el residencial. Estos sectores ya disponen de unos actores regionales que se pueden beneficiar del know-how desarrollado en la FHa y otros centros tecnológicos y científicos de la Comunidad para recibir una transferencia de tecnología que genere actividad económica, y por extensión creación de empleo cualificado y fijación de población en el territorio. En Aragón existe una importante presencia de organismos intermedios como son las federaciones sectoriales o los propios clústeres sectoriales que pueden favorecer y facilitar la consecución de este objetivo tan importante para la región.

- **Intraemprendimiento y creación de Start-Ups o Spin-Offs para impulsar proyectos novedosos.**

El hidrógeno se presenta como una tecnología disruptiva en el mercado que representa un entorno inmejorable para el emprendimiento y la creación de valor económico y empleo de alta cualificación en la región. En los centros tecnológicos y científicos de la región, así como en la Universidad, y en las agencias y organismos de la Administración Pública regional, se dispone de un



equipo humano con potencial para afrontar con plenas garantías de éxito el reto del emprendimiento en las tecnologías del hidrógeno.

- **Oportunidades en programas de financiación regionales, nacionales y europeos.**

La Unión Europea principalmente, a través de sus Estados miembros y regiones, así como iniciativas propiamente nacionales, apuestan decididamente por apoyar las tareas de I+D+i desde las etapas de la investigación básica hasta la innovación y penetración en el mercado de la tecnología desarrollada como instrumento clave para mejorar la competitividad de su tejido empresarial e industrial. En el caso de financiación nacional, programas regionales específicos para un sector o una actividad concreta, apoyos nacionales a través del Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación, el Centro para el Desarrollo de Tecnológico Industrial (CDTI) o el propio apoyo que proporciona el MINETUR a través del instrumento Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEIs), con una clara vocación de fomentar la innovación entre las pymes de nuestro país. Todos ellos son claros indicios de la apuesta por fomentar la colaboración entre el sector público y el privado con el fin de incrementar la actividad innovadora.

En Europa esta apuesta tiene continuidad, por ejemplo, en los programas europeos como el Horizonte 2020 (H2020) que presentan actuaciones específicas -como su herramienta INNOSUP- destinadas a fomentar definitivamente el desarrollo de un ecosistema propicio para la innovación en las pymes. Esta gran apuesta por la innovación en Europa se hace patente no solo en el programa H2020 con la existencia de programas específicos para su fomento, sino también en los principales programas de financiación europea de carácter medioambiental como LIFE+ o de cooperación transnacional y transfronteriza como SUDOE o POCTEFA. En ellos se aprecia el carácter innovador que exigen a los proyectos a realizar para cumplir con sus objetivos establecidos desde la Comisión Europea.

En este sentido, dada la situación geográfica de Aragón, de manera especial, el Programa de Cooperación Transfronteriza entre España, Francia y Andorra (POCTEFA) ofrece un marco de apoyo muy interesante que posibilite en el marco del hidrógeno proyectos de cooperación con el sur de Francia y Andorra, así como con las comunidades autónomas colindantes.

• Desarrollo de normativa.

Para el avance de la tecnología y su puesta en el mercado, es de vital importancia el desarrollo de sistemas de estandarización, regulación y homologación, así como determinar los aspectos normativos y legales precisos que garanticen el correcto funcionamiento y la seguridad del usuario de la tecnología. Estos serán los canales y las herramientas para definir las regulaciones apropiadas sobre el uso de hidrógeno y sus aplicaciones. Aragón, a través de la FHa, está muy bien posicionada en los principales comités de normalización nacional (Comité AEN/CTN 181 de AENOR) y europeo (grupo de trabajo de hidrógeno del CENELEC).



D.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, PROTECCIÓN E IMPACTO ECONÓMICO

Como se ha señalado anteriormente dada las características de esta línea de trabajo los indicadores asociados son de realización y no se ha empleado la clasificación a través del TRL.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
1. Fortalecimiento del emprendimiento en hidrógeno	Impulso a las Start-Ups y Spin-Offs	ALTA	Nº de nuevas compañías creadas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno	1	3
	Buscar otros mecanismos de financiación ligadas a la creación de estas empresas	ALTA			
	Intraemprendimiento	ALTA			
	Desarrollo de balances de planta y sistemas auxiliares	ALTA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
2. Programas de colaboración en el ámbito industrial	Programa Pioneers into practice (programa donde el emprendedor desarrolla sus ideas en entornos prácticos en empresas)	ALTA	Nº de iniciativas para las empresas relacionadas con las tecnologías del hidrógeno	5	10
	Actuaciones divulgativas para búsqueda de demandante de tecnología	ALTA			
	Iniciativas que permita que las empresas conozcan las capacidades de la FHa y que al mismo tiempo la FHa conozca las sensibilidades de las empresas.	ALTA			
	Bono gift to get, donde entidades aragonesas del sector del H ₂ promueven acciones de desarrollo tecnológico inicialmente sin costes para luego beneficiarse de forma común de los resultados (ejemplo: búsqueda programas financiación I+D+i)	ALTA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
3. Diversificación de las empresas aragonesas al sector del hidrógeno	Transferencia de tecnología desde los centros de investigación hacia las empresas aragonesas	ALTA	Nº de empresas que diversifican y ofrecen soluciones con hidrógeno	2	4
	Colaboración en el proceso de aprendizaje	ALTA			
	Acompañamiento hasta llevar la solución al mercado	ALTA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
4. Impulso a sistemas de normalización	Participación en los comités de AENOR	MEDIA	No aplica TRL	No aplica TRL	No aplica TRL
	Participación en las iniciativas a nivel europeo e internacional (ejemplo: CENELEC)	MEDIA			

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
5. Estudio de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en la región	Estudios de impacto económico de las tecnologías del hidrógeno en Aragón en el marco de la revisión de los hitos del Plan Director 2016-2020 en la mitad de su periodo y a su conclusión (2018 y 2020)	MEDIA	No aplica TRL	Estudio impacto económico del hidrógeno en Aragón-2018	Estudio impacto económico del hidrógeno en Aragón-2020

E.



FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN



E. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

En la actualidad, la formación, la concienciación y la sensibilización en materia de hidrógeno y pilas de combustible se lleva a cabo, bien por iniciativa propia o bien a través de propuestas de programas específicos como los de la FCH 2 JU, realizadas por centros de investigación, universidades y empresas especializadas del sector, potenciadores a su vez del alto grado de desarrollo tecnológico que están experimentando estas tecnologías.



Sala didáctica de FHa.





En lo que a **formación** respecta cabe mencionar las importantes disparidades que existen en función de la localización geográfica. Globalmente, la oferta formativa se sitúa principalmente en Europa, EEUU y Japón. Muchas de estas ofertas se centran en conceptos genéricos y generalistas con el fin de difundir los conocimientos de las tecnologías del hidrógeno. Adicionalmente, existen cursos más específicos centrados en aspectos concretos de la economía del hidrógeno como la certificación de producto mediante normas, seguridad en el manejo y utilización del hidrógeno o integración de pilas de combustible.

La formación ofertada en España tiene un carácter puramente técnico vinculado sobre todo a programas centrados en energías renovables. Destacan especialmente cursos para expertos, universitarios y formación de educación universitaria de tercer ciclo, es decir, títulos propios, títulos propios máster y de doctorado. Actualmente los cursos para expertos son los que presentan mayor demanda debido principalmente a la amplitud de público objetivo a quien van dirigidos. El objetivo de esta especialización se desarrolla principalmente mediante programas de másteres focalizados en energías renovables, en los que existen asignaturas específicas de tecnologías de hidrógeno, destacando el máster de la Universidad Internacional Meléndez Pelayo (UIMP) con gran número de asignaturas centradas en hidrógeno y pilas, realizado en colaboración con el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). También hay que citar que ya existen centros de Formación Profesional, como el Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide, CPIFP Pirámide (Huesca), que están comenzando a proporcionar visibilidad a los contenidos relacionados con las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustibles tal y como están contemplados en sus currículos académicos establecidos en Real Decreto.

En Aragón la FHa, consciente de la importancia que supone para cualquier nueva tecnología contar un buen respaldo técnico en todos los eslabones de su cadena de valor, apostó por la realización de actividades en este campo y hoy en día es un agente fundamental en la impartición de la formación en estas tecnologías, habiendo establecido una importante alianza con SEAS Estudios Abiertos, perteneciente al Grupo San Valero, centro líder

E. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

en formación 100% on-line en lengua española. Fruto de esta alianza estratégica se ofertan cursos formativos tanto para público general como para un público más especializado a través de sus programas de másteres en energías renovables con asignaturas específicas de hidrógeno.

El interés en los aspectos formativos del hidrógeno se refleja en el ámbito de la Unión Europea mediante el documento *Strategic Energy Technology (SET) Plan Roadmap on Education and Training* elaborado por la Comisión Europea. Dicho plan establece las acciones educativas que se deben llevar a cabo con el fin de potenciar las tecnologías con escasas emisiones de carbono, entre las que de manera específica se encuentran las tecnologías del hidrógeno. Entre otras, las acciones concretas que se incluyen son el desarrollo y potenciación de currículos educativos relevantes en materia de hidrógeno y el establecimiento de módulos (asignaturas) de hidrógeno en escuelas de formación profesional.

En materia de **sensibilización de las tecnologías del hidrógeno**, la idea sobre la que se sustentan las acciones que se llevan a cabo es la de mostrar al público en general las virtudes y ventajas de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible y sus potencialidades en los sectores más propicios y adecuados, así como la eliminación de percepciones sociales mal fundamentadas que suponen a la tecnología vencer una serie de barreras, no técnicas ni económicas, a la hora de incorporarse a nuestra vida cotidiana. Dada la importancia de estos aspectos, en este campo también existen apoyos institucionales y líneas de financiación para potenciar el conocimiento de la economía del hidrógeno. Globalmente, instituciones como *The International Partnership for Hydrogen and*

Fuel Cells in the Economy (IPHE) y la Agencia Internacional de Energía en la sección de hidrógeno (IEA-HIA) hacen promoción de todas las tecnologías mediante la incorporación de la actividades de concienciación y difusión en sus líneas básicas de actuación. Por ello, todas estas actividades que realizan ambas instituciones llevan asociadas tareas de sensibilización, enfocadas cada una de ellas a aumentar y acercar el conocimiento a la sociedad.

En EEUU se encuentran el Departamento de Energía (DoE) y diversos laboratorios nacionales de investigación que han establecido alianzas nacionales junto con empresas privadas de diversos sectores, formalizando la denominada H_2 USA. Esta alianza recoge los esfuerzos de todas las entidades participantes para promocionar y dar a conocer las tecnologías del hidrógeno y en especial las relacionadas con el transporte. Otras asociaciones que presentan una fuerte actividad de concienciación nacional son la Sociedad de Sistemas de Hidrógeno (HESS) que opera en Japón, la Asociación Australiana del hidrógeno (AHEE) o la Sociedad Coreana de Nuevas Energías e Hidrógeno (KHNSF) con actividad en la República de Corea.

Las actividades de concienciación y sensibilización en Europa están impulsadas por un gran número de instituciones a nivel internacional como la FCH JU y HyER. En España cabe mencionar a la Asociación Española del Hidrógeno (AeH₂), la Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE), la Plataforma Tecnológica Española del





Sede de SEAS.



Hidrógeno y Pilas de Combustible (PTE-HPC), el Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH₂) y la FHa como los más activos. Para potenciar el conocimiento y sensibilización por parte de la sociedad de las tecnologías del hidrógeno, la FHa ha coordinado y continúa participando de forma muy activa en proyectos europeos específicos para tal fin como Hyproffesionals, KnowHy, Hy4All o NetVET-RE.

Reunión Proyecto KnowHy.



E.

FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

Las principales oportunidades detectadas en el ámbito de formación y sensibilización y que se pretende explorar en el marco del siguiente Plan son las siguientes:

- **Sensibilización y formación a empresas durante la etapa de despliegue de las tecnologías del hidrógeno.**

Durante los próximos años, con motivo del despliegue en el mercado de las tecnologías del hidrógeno, dentro de los objetivos de la Unión Europea, de España y de Aragón, está la realización de proyectos demostrativos que permitirán atender el creciente interés empresarial por la tecnología en las primeras etapas. Este hecho, como es evidente, requerirá esfuerzos para la realización de actividades de formación, en una primera aproximación, a los profesionales afines a los sectores susceptibles de tener presencia en las tecnologías del hidrógeno. En una segunda fase o de forma paralela, será necesario acercar a los usuarios finales la tecnología en un mayor grado que en la actualidad.

- **Concienciación de la sociedad aragonesa a través de la difusión y comunicación de las actividades y proyectos demostrativos desarrollados.**

Oportunidad de nuevo ligada a la realización de proyectos demostrativos en la región, donde las acciones de difusión y comunicación de las tecnologías del hidrógeno se contemplarán en todas las actuaciones a implementar y mediante el desarrollo de planes de comunicación específicos ligados a cada proyecto.

- **Apoyo institucional, empresarial y de la sociedad aragonesa durante el periodo 2016-2020 definido a través de este Plan Director.**

Desde la creación de la FHa en 2003, la Comunidad dispone a través de esta entidad de un Patronato formado por instituciones públicas, empresas del ámbito privado y actores sociales de relevancia que apoyan el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón y que participan en la elaboración de una hoja de ruta para el desarrollo regional de la tecnología, el Plan Director del Hidrógeno en Aragón.

- **Desarrollo de una estrategia nacional para la implantación de vehículos de energías alternativas a través del MINETUR.**

Como se ha comentado previamente, España, a través del MINETUR, ha incluido a las tecnologías del hidrógeno en el Marco de Acción que recogerá la trasposición de la Directiva Europea 2014/94. Este hito permitirá acercar a la sociedad las tecnologías de los vehículos de pila de combustible y las estaciones de repostaje de hidrógeno o hidrogenas e integrarlas en la cotidianeidad de su entorno.

- **Planes de financiación para proyectos de formación y sensibilización en el marco de la FCH 2 JU.**

La FCH 2 JU, a través de su pilar de cross-cutting, apoya a nivel europeo las temáticas de formación, sensibilización y concienciación de la sociedad y el desarrollo de marcos normativos, legislativos y regulatorios para las tecnologías del hidrógeno mediante instrumentos de financiación en convocatorias de pública concurrencia, lo que facilita la elaboración de estos proyectos colaborativos.

- **Realización en Zaragoza del Congreso Mundial del hidrógeno en junio de 2016 (WHEC 2016, World Hydrogen Energy Conference).**

Desde 1974, y de forma bienal, se celebra el Congreso Mundial del Hidrógeno, cita ineludible y de referencia para los profesionales del sector. En 2016 la Asociación española del Hidrógeno (AeH₂), con la colaboración del Gobierno de Aragón y la FHa, organiza la vigésimo

primera edición del Congreso en la ciudad de Zaragoza. Este evento, en el que está prevista la participación de más de 1.200 profesionales, permitirá posicionar a los principales actores de la región en el sector del hidrógeno a nivel internacional y mundial.

- **Presencia de organismos empresariales aragoneses en el Patronato de la FHa.**

La colaboración con estas entidades aragonesas, bien a través de su pertenencia como miembros del Patronato, bien en relaciones de colaboración, fomenta el establecimiento de canales propicios para la difusión de actividades de información propias de la naturaleza de la relación a las empresas, la realización de estudios de viabilidad y de mercado y la transferencia de tecnología.

Sala didáctica FHa.



E. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

Como se ha señalado anteriormente dadas las características de esta línea de trabajo los indicadores asociados son de realización y no se ha empleado la clasificación a través del TRL.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
1. Estudios de percepción social y de efectividad de la difusión de la tecnología	Estudio de percepción y aceptación social para empresas	ALTA	Grado de aceptación	Las tecnologías del hidrógeno son conocidas al menos por el 50 % de las PyMEs de la región	Las tecnologías del hidrógeno son conocidas y aceptadas al menos por el 70 % de las PyMEs de la región
	Estudios de percepción y aceptación social para la sociedad en general	ALTA	Grado de aceptación	Las tecnologías del hidrógeno son conocidas al menos por el 20 % de la población de la región	Las tecnologías del hidrógeno son conocidas y aceptadas al menos por el 40 % de la población de la región

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
2. Acciones dentro del Congreso Mundial del Hidrógeno 2016	Concurso de ideas a la innovación tecnológica en hidrógeno y pilas de combustible	MEDIA	Nº de participantes	5	NA
	Desarrollo de actividades formativas en el ámbito de profesorado y alumnado de colegios e institutos	MEDIA	Nº de proyectos en los que se incluye H ₂	5	NA
	Demostración de aplicaciones prácticas cercanas a la sociedad presentadas en el WHEC 2016	MEDIA	Nº de aplicaciones presentadas	5	NA
	Desarrollo de visitas técnicas a proyectos y entidades relacionadas con el hidrógeno en la región	MEDIA	Nº de visitas técnicas	3	NA



ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	AÑO 2018	AÑO 2020
3. Formación orientada a las tecnologías del hidrógeno	Introducción al concepto de emprendimiento	ALTA	Nº de emprendedores que acuden a programas de emprendimiento relacionados con las tecnologías del hidrógeno en Aragón	5	10
	Acciones formativas en tecnologías del hidrógeno integradas en el currículo de las enseñanzas regladas	ALTA	Nº de acciones formativas	3	5
	Desarrollo de cursos para formar al sector industrial y al profesorado en las tecnologías del hidrógeno	ALTA	Nº de cursos activos	5	7
	Expansión de la formación comercial desarrollada en Aragón al mercado internacional	ALTA	Nº de alumnos	50	200
	Inclusión de la tecnología del hidrógeno en los doctorados industriales	ALTA	Nº de doctorados	-	2

06.

SEGUIMIENTO

06.

SEGUIMIENTO

El sistema de seguimiento del Plan Director del Hidrógeno 2016-2020 constituye una herramienta valiosa para analizar el cumplimiento de los objetivos propuestos. Es, en suma, un elemento clave para conocer su evolución. La definición y aplicación de un sistema de seguimiento para este Plan tiene un doble objetivo:

- a.) Analizar la efectividad de las acciones propuestas y su grado de avance en el horizonte temporal del Plan.
- b.) Establecer un protocolo de seguimiento de la propia estructura de gestión de la FHa que permita analizar con carácter periódico el cumplimiento de los objetivos propuestos.

La clasificación propuesta se basa en la metodología SMART (siglas en inglés para: específicos (Specific); medibles (Measurable); alcanzables (Achievable); relevantes (Relevant); temporales (Timely). Para ello, los indicadores propuestos en el Plan Director 2016-2020 y que complementan la labor realizada en anteriores planes son los siguientes:

- A.) Indicadores de seguimiento.
- B.) Indicadores de resultado.
- C.) Indicadores de gobernanza/gestión.

A.) INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Los indicadores de seguimiento propuestos pretenden analizar la efectividad en la implantación de actividades asociadas al hidrógeno así como de las acciones previstas en el Plan Director, permitiendo valorar la diseminación de las tecnologías y actuaciones asociadas al hidrógeno. Se establecen dos tipologías de indicadores de seguimiento:

- 1. Indicadores de seguimiento globales de periodicidad anual y que establecen de un modo general el desarrollo de actividades en la región ligadas al hidrógeno.
- 2. Indicadores de seguimiento específicos de las líneas de trabajo propuestas en el Plan. Dado el carácter de las actuaciones propuestas se ha establecido su seguimiento en dos periodos del Plan: 2018 y 2020.



a.1. Indicadores de seguimiento globales

Estos indicadores prevén analizar el número de actuaciones, recursos humanos y actividad económica ligada al hidrógeno en la región. Se prevé su seguimiento con carácter anual.

Indicadores	Periodicidad	Fuente
Nº proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	Anual	Gobierno de Aragón / Ministerios Nacionales/Comisión Europea
Nº tesis en el ámbito del hidrógeno	Anual	Universidad de Zaragoza
Nº personas formadas en tecnologías del hidrógeno	Anual	FHa
Nº empresas involucradas en tecnologías del hidrógeno	Anual	FHa
Nº profesionales dedicados a tecnologías del hidrógeno en Aragón	Anual	FHa

a.2. Indicadores de seguimiento por líneas de trabajo

En lo que respecta a las líneas de trabajo propuestas, el presente Plan Director propone un paso adelante orientado a resultados. Para ello, se establece un sistema de seguimiento de las acciones y actuaciones propuestas en dos periodos puntuales (2018 y 2020). Se realizará para ello en dichos periodos un análisis de cumplimiento de los hitos propuestos para cada acción valorando medidas correctivas o de impulso en caso de no alcanzar su cumplimiento.



06.

SEGUIMIENTO

B.) INDICADORES DE RESULTADO

Los indicadores de resultado miden los efectos causados por la aplicación del Plan Director y su medición tanto en términos monetarios como a través del retorno obtenido. Para ello se establece un seguimiento a mitad de periodo del Plan y otro al final de su aplicación (periodicidad bianual).

Indicadores	Periodicidad	Fuente
Inversión global realizada en Aragón en tecnologías del hidrógeno	Bienal	Gobierno de Aragón/Ministerios nacionales / Comisión Europea
Retorno global obtenido en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible	Bienal	Gobierno de Aragón/Ministerios nacionales/Comisión Europea/FHa
Retorno obtenido por empresas en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible	Bienal	Gobierno de Aragón/Ministerios nacionales/Comisión Europea/FHa

C.) INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión miden el desempeño de una manera global de las actividades de coordinación realizadas por la FHa de cara a sus patronos, así como el nivel de puesta en marcha de las líneas de actuaciones propuestas en el Plan de un modo global (en este caso, sin entrar a valorar la efectividad de su aplicación que será objeto de análisis en los anteriores). Se ha incorporado además un indicador que permite medir de un modo periódico el conocimiento de la ciudadanía sobre las actividades realizadas en la región en materia de hidrógeno.

Indicadores	Periodicidad	Fuente
Número de reuniones de seguimiento con los patronos	Anual	FHa
Número de propuestas presentadas por la Fundación en el marco de programas internacionales	Anual	FHa
Número de convenios de colaboración con otras asociaciones/entidades para el desarrollo de proyectos conjuntos	Anual	FHa
Actuaciones en marcha respecto del total por línea de acción	Anual	FHa
Actuaciones finalizadas respecto del total por línea de acción	Anual	FHa
Actuaciones previstas de inicio en los próximos 12 meses	Anual	FHa
Grado de conocimiento de las actuaciones de la FHa por parte de la ciudadanía	Bienal	FHa (sistema de encuestas)

Para asegurar la efectividad de aplicación del sistema de seguimiento propuesto, en la primera fase de aplicación del Plan Director se procederá a **cuantificar los indicadores propuestos** de modo que se pueda establecer posteriormente una medición de los resultados alcanzados con carácter periódico.

Adicionalmente, en este nuevo Plan se propone **el desarrollo de evaluaciones periódicas** que permitan valorar el grado de avance de las actuaciones. Para el sistema de evaluación se plantea un modelo externo en dos momentos puntuales: a mitad de periodo del Plan (**evaluación intermedia**) y al finalizar el periodo de aplicación del Plan (**evaluación final**).

En ambos tipos de evaluación se aplicarán herramientas cualitativas y participativas que complementen los análisis cuantitativos del sistema de seguimiento propuesto (mesas de trabajo, cuestionarios on-line). El órgano responsable de la aplicación será la FHa.



07.

CONCLUSIONES

07.

CONCLUSIONES

- **El sector del hidrógeno afronta nuevos retos en el periodo de vigencia del nuevo Plan Director 2016-2020, con la etapa inicial de despliegue de la tecnología.**

Las actividades de I+D+i a nivel internacional favorecen la introducción de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible en mercados nicho para ciertas aplicaciones y el comienzo del desarrollo de una infraestructura de estaciones de repostaje de hidrógeno como combustible para automoción. Este hecho no ha pasado desapercibido en Europa, que pretende fomentar el desarrollo de la infraestructura con la Directiva Europea 2014/94 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. La penetración del hidrógeno en las redes de suministro de combustible vendrá acompañada de unos requerimientos de mercado de sistemas de producción de hidrógeno y de soluciones de transporte, almacenamiento y distribución.

- **Las tecnologías del hidrógeno gozan de importantes apoyos para su desarrollo en el ámbito europeo por medio del programa Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, de apoyo a las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible con un presupuesto de 1,33 billones de euros para el periodo 2014 a 2020.**

En España, las tecnologías del hidrógeno también son ampliamente reconocidas y aceptadas como un instrumento con gran potencial para conseguir los objetivos de sostenibilidad en los sectores de la energía y el transporte, como se recoge en documentos como el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020 o la

Estrategia del Vehículo de Energías Alternativas (VEA) que contiene entre sus medidas la trasposición de la Directiva 2014/94/EU, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y el desarrollo de un Marco de Acción Nacional para la implantación de las infraestructuras necesarias, con el hidrógeno como uno de los combustibles a considerar. La apuesta por estas tecnologías por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) queda patente dado que la transposición de la Directiva a los países miembros en lo referente al hidrógeno era opcional y no obligatoria.

Esta estrategia se comenzó a instrumentalizar mediante el Plan MOVEA, que fomenta la adquisición de vehículos de combustibles alternativos. En el ámbito regional el apoyo al desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón viene siendo una realidad desde comienzos de siglo, con la creación de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón y la inclusión del hidrógeno en planes estratégicos como la Estrategia Aragonesa de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente RIS3 Aragón, el Plan Energético de Aragón (PLEAR 2013-2020) o la Estrategia de Ordenación Territorial de Aragón.

- **Los resultados del anterior Plan Director 2011 a 2015 demuestran que la región se ha posicionado en el principal foco de la actividad de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en Europa, la FCH 2 JU, participando en 6 proyectos, así como en otros foros del sector en Europa y España.**

Aragón también se ha mostrado muy activa en materia de formación y sensibilización durante el periodo. Los resultados globales del periodo 2011-2015 son de 96 proyectos financiados relacionados con las tecnologías del hidrógeno en Aragón, 8 tesis dirigidas, más de 180 personas formadas y 250 profesionales dedicados o participantes en el sector, con una actividad económica en el periodo de 6 millones de euros.



- **El nuevo Plan Director 2016-2020 se estructura en cinco líneas de trabajo: producción; almacenamiento, transporte y distribución; aplicaciones; transferencia de tecnología, protección e impacto económico; y formación y sensibilización.**

Respecto al Plan Director anterior 2011-2015 se unen las diferentes acciones de producción de hidrógeno en una sola línea, de igual forma que las aplicaciones con hidrógeno y pilas de combustible, se fortalece la parte de sensibilización y formación con una línea específica y se crea otra nueva de transferencia tecnológica.

Este planteamiento se presenta con el objetivo de hacer frente a los retos más cercanos sobre los que se va a desarrollar el nuevo Plan Director 2016-2020 entre los que destacan:

- Fortalecer las acciones de I+D+i a nivel regional, con la FHa actuando de catalizador y desarrollador de actividades de investigación y desarrollo junto con las universidades y centros tecnológicos aragoneses.
- Fomentar la transferencia de tecnología entre los centros científicos y la industria para generar valor a partir de los resultados de la I+D+i.
- Participar en el desarrollo de la nueva infraestructura de repostaje de hidrógeno en Europa.
- Continuar las tareas de sensibilización y concienciación sobre las virtudes de las tecnologías del hidrógeno en la sociedad aragonesa en aspectos como la sostenibilidad medioambiental.
- Formar a los futuros técnicos del sector de la sociedad aragonesa en la operación y mantenimiento de los sistemas de hidrógeno y pilas de combustible.

- **El Plan Director del Hidrógeno 2016-2020 surge con un planteamiento claramente orientado a la consecución de resultados.**

Para ello, los objetivos concretos de cada línea de actuación y los objetivos generales de desarrollo tienen asignados unos hitos de consecución a revisar en la mitad del periodo de actuación del Plan Director, en 2018, y a la finalización del mismo, en 2020.

- **Finalmente, cabe destacar, durante el periodo de arranque de este Plan, la celebración del Congreso Mundial del Hidrógeno (World Hydrogen Energy Conference WHEC 2016) del 13 al 16 de junio de 2016 en Zaragoza, que supone un reflejo del posicionamiento de Aragón en esta materia.**

El Congreso representa una gran oportunidad internacional de encuentro entre los actores de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible y es una cita ineludible para los profesionales del sector.

08.

AGRADECIMIENTOS

08.

AGRADECIMIENTOS

Una vez más, la **Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón** quiere expresar su agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la revisión y elaboración del nuevo **Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2016-2020**.

También quiere trasladar su gratitud hacia los participantes en las mesas de trabajo convocadas al efecto que, con su conocimiento y dedicación, han hecho posible la actualización y adaptación de las líneas de trabajo estratégicas y de las actuaciones previstas. Quiere hacer extensivo igualmente este agradecimiento a todos los miembros del Patronato por su apoyo durante la trayectoria que comenzó la Fundación en 2003.

Y por último, desea reconocer el trabajo del equipo de la Fundación, las personas que trabajan o han trabajado en la Fundación, especialmente de Alfonso Arnedo, Ana Ferriz, Diego Embid, Esther Albertín, Fernando Palacín, Guillermo Matute, Javier García, Jennifer Mur, Jesús Simón, Lorenzo Castrillo, María Alamán, Rubén Canalejas y Rodrigo Pérez. Su colaboración y participación ha hecho posible esta publicación.

• **Excma. Sra. D^a. Marta Gastón Menal**

Presidenta de la Fundación. Consejera de Economía, Industria y Empleo. Gobierno de Aragón.

• **Ilmo. Sr. D. Fernando Fernández Cuello**

Vicepresidente de la Fundación. Director General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía. Gobierno de Aragón.

• **Ilmo. Sr. D. Luis Fernando Lanaspa Santolaria**

Representante del Gobierno de Aragón en el Patronato de la Fundación. Director General de Economía. Gobierno de Aragón.

• **Ilma. Sra. D^a. María Teresa Gálvez Jaques**

Representante del Gobierno de Aragón en el Patronato de la Fundación. Directora General de Investigación e Innovación. Gobierno de Aragón.

D. Santiago Hernández Hernández	Representante de RWE INNOGY AERSA S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Oscar Isai de Isasmendi	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Antoni Juliá Sirvent	Gas Natural SDG.
D ^a . Ángela Laguna Abad	Representante de Vea Qualitas S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Javier Lampreave	TAIM WESER S.A.
D ^a . María Jesús Lázaro Elorri	Coordinadora institucional de la delegación del CSIC de Aragón.Centro Superior de Investigaciones Científicas.
D. Andrés Llobart Estopiñán	Representante de la FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Ana María López Sabirón	FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Miguel Ángel Laguna	CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
D. Pedro Laín Alonso	Representante de CLASS MANAGEMENT S.L.
D ^a . María del Carmen Láinez Peña	Representante de Gamesa Energía, S.A.-Sociedad Unipersonal en el Patronato de la Fundación.
D. Iván Lalaguna	INYCOM, Instrumentación y Componentes, S.A.
D. José Alfredo Lana Calvo	Enagás.
D. Juan Ignacio Larraz Plo	Representante del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón en el Patronato de la Fundación.
D. Jesús Lasiera Asín	Representante del Ayuntamiento de Sabiñánigo en el Patronato de la Fundación.
D. José Luis Latorre Martínez	Ex Director del CEEI ARAGON, Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón, S.A. Ex Director del Parque Tecnológico Walqa.
D. Joaquín Lobé Trol	Representante de Oerlikon Soldadura, S.A. (Air Liquide) en el Patronato de la Fundación.

08.

AGRADECIMIENTOS

D. Francisco Iván Lombardo Roselló	Representante de CEASA, Compañía Eólica Aragonesa, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Ramón López Laborda	Representante de IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
Excmo. Sr. D. Manuel José López Pérez	Representante de la Universidad de Zaragoza en el Patronato de la Fundación.
D. Emilio Lora-Tamayo D'Ocon	Representante de CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Beatriz Lorente Pastor	Parque Tecnológico Walqa.
D. José Manuel Martín	INYCOM, Instrumentación y Componentes, S.A.
D. Pablo Marcuello Fernández	IHT, Industrie Haute Technologie S.A.
D. Carlos Martín Lafuente	Representante de Lecitrailer, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Ignacio Martínez de Albornoz	Director Gerente Aragón Exterior.
D. Sergio Martínez Losa	Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía.
D. Javier Martínez Villafaina	Representante de Grupos Electrógenos Europa, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D ^a . María Luisa Miedes Arnal	Representante de Valeo Térmico S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Pedro Montaner Izcué	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Ignacio Montaner Gutiérrez	Representante de Redexis Gas S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Jesús Montero Escuder	Representante de IMS CALEFACCIÓN S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Joaquín Mora Larramona	Green Grouping Energía S.L.
D. Jorge Modrego	Enagás.
D. Luis Monge Güiz	Representante de TAIM WESER, S.A. en el Patronato de la Fundación.

D. Carlos Javier Navarro Espada	Asesor Técnico. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía del Gobierno de Aragón. Patrono de la Fundación, adjunto a la Presidencia.
D. Juan Ramón Ochoa Hortelano	Asesor Técnico. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía del Gobierno de Aragón. Secretario de la Fundación.
D. Carlos Oehling Durán	Representante de Going Investment S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Guillermo Orduña Marco	Esciencia Eventos Científicos S.L.
D. Víctor Orera Clemente	Patrono de Honor de la Fundación.
D. Mario Orleans	Clarke Modet.
D. Javier Pallarés	FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Carles Pallé Caminal	Representante de S.E. de Carburos Metálicos, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Pedro Pardo García	Fundación Emprender en Aragón.
D. M ^a José Pardo Teresa	Representante de la Asociación empresarial de transportes Discrecionales de Mercancías de Aragón, TRADIME-ARAGÓN en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Pardos Castillo	Director de la Escuela Politécnica de Huesca.
D. Luis Alberto París Cester	Representante de Regeneralia S. L. (Syder) en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Peña Herrero	Representante de Grupo Empresarial ENHOL S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. José Ángel Peña Llorente	Universidad de Zaragoza. Grupo de investigación de Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG).
D ^a . Elvira Pérez Arnedo	Representante de Grupo Empresarial Lapesa, S. L. en el Patronato de la Fundación.
D. Antonio Pérez	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Marcos Antonio Puyalto Lucindo	Representante de Caja Rural de Aragón, Sociedad Cooperativa de Crédito, BANTIERRA en el Patronato de la Fundación.

08.

AGRADECIMIENTOS

D. Manuel Ramo Herrando	Representante de TUZSA, Transportes Urbanos de Zaragoza, S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
D. Juan Manuel Ramón Ipas	Representante del Ayuntamiento de Jaca en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Cécile Ratinet	Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.
D ^a . María Luisa Revilla Corpancho	Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI.
D. Ignacio Ríos Torre	Zoilo Ríos, S.A.
D. Zoilo Ríos Torre	Representante de Zoilo Ríos, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Fernando Rodiño González	Representante de Grupo Itevelesa S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Manuel Rodríguez Chesa	Representante del Consejo Aragonés de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Lourdes Rodríguez Mayor	Directora del Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Víctor Manuel Rodríguez Ruiz	Representante de Iberdrola Renovables Aragón S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Juan José Romeo Gracia	Representante de GMR Homologaciones S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Luis Miguel Romeo Giménez	Fundación CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. David Romeral Molina	Director Gerente del Cluster de Automoción de Aragón.
D. César Romero Tierno	Representante de la Fundación San Valero en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Begoña Ruiz de Gordejuela	Ex Directora de H2PLANET. ESPAÑA. Gerente Hidrógenos del Nervion S.L.
D. Eduardo Ruiz	Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja.
D. Fernando Saiz Romero	Representante de GENERAL MOTORS ESPAÑA, S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Saiz Sevilla	Departamento técnico. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.

D. Sergio Samper Rivas	Representante de JORGE S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Alberto Sancho Carbó	Representante de GRUPO HORCONA S.A.
D. Roberto Santolaria Malo	Ex Director del Centro Integrado de Formación Profesional Pirámide de Huesca.
D. Eduardo Sanz Latorre	Representante de Airtex Products, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Antonio Soldevilla Santamaría	Jefe de Servicio metrología, seguridad y calidad industrial. Dirección General de Industria, PYMES, Comercio y Artesanía. Gobierno de Aragón.
D. Luis Soriano Bayo	Representante del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja en el Patronato de la Fundación.
D. Ramón Tejedor Sanz	Director Gerente del Instituto Aragonés de Fomento. Representante de CEEI ARAGON, Centro Europeo de Empresas e Innovación de Aragón, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Manuel Teruel Izquierdo	Presidente de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Zaragoza. Presidente de TAIM WESER S.A.
D. José Ignacio Vaca Soler	Representante de TAFYESA, S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Ignacio Vaca Pontaque	TAFYESA, S.L.
D. Benjamin Ventura	Cluster Anmopyc, Asociación Española de Fabricantes Exportadores de Maquinaria para Construcción, Obras Públicas y Minería.
D. Francisco Vidal Caveró	Representante de VIDAL OBRAS Y SERVICIOS S.A. en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Arancha Villarejo Urdániz	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Francisco Vigalondo	Delegado de Aragón Exterior en Bruselas.
D. Ramón White Martín	Representante de Confederación de Empresarios de Zaragoza – CEOE Zaragoza en el Patronato de la Fundación.

08.

AGRADECIMIENTOS

D ^a . Nieves Zubalez	Fundación San Valero.
D. Arturo Aliaga López	Ex Presidente de la Fundación. Diputado de la Cortes de Aragón.
D. Alfonso Allepuz	Grupo Empresarial Lapesa, S. L.
D. José Manuel Almarza Ramírez	Representante de Intecsa-Inarsa, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Tomás Álvarez Tejedor	Representante de ENDESA GENERACIÓN, S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
D. Ernesto Amores Vera	Ingeniero de Investigación y Desarrollo. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Javier Arboleda Dominguez	Service Senior Manager de Hyundai Motor España.
D. Francisco Javier Arias González	Representante de la Asociación de Promotores de Energía Eólica de Aragón en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Marian Arilla Herrero	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D. Fernando Arteche	ITA Instituto Tecnológico de Aragón.
D ^a . M ^a del Mar Arxer Ribas	Licenciada en Química. Experta en tecnologías del hidrógeno.
D. Ángel Bandrés	Cluster Turismo de Montaña.
D. Félix Barreras Toledo	Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC).
D. Leoncio Benedicto Corbatón	Representante de Caja Rural de Teruel en el Patronato de la Fundación.
D. Pablo Bernad Conde	Representante de Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A.(SATEL) en el Patronato de la Fundación.
D. Carlos Biarge	Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A. (SATEL).
D. Carlos Bistuer Pardina	Representante de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA) en el Patronato de la Fundación.

D. Javier Brey Sanchez	Director General en Abengoa Hidrógeno S.A: Presidente de la Asociación Española del Hidrógeno.
D. David Briceño Viviente	Representante de Zarsol, S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Fernando Callizo Oliván	Presidente de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA).
D. Rafael Calvera Larriba	Representante de Soldadura Calvera S.L. en el Patronato de la Fundación.
D. Rafael Calvera Parra	Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.
D. Ricardo Calvera Parra	Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.
D. Víctor Manuel Cañadas Beltrán	SEAS Estudios Superiores Abiertos S.A.
D. Luis Ángel Carbó Llorente	Representante de ECA, Entidad Colaboradora de la Administración, S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
D ^a . África Castro Rosende	Responsable del Departamento de desarrollo de negocio de Abengoa Hidrógeno S.A.
D. Enric Catalá Roig	Representante de Vestas Eólica, S.A.U. en el Patronato de la Fundación.
D. José Luis Celorrio García	Representante de Maetel MAESSA, Telecomunicaciones, Ingeniería, Instalaciones y Servicios, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Enrique Centeno	Director de Comunicación y Relaciones Públicas de Toyota España.
D ^a . Marisa Claver Barón	Directora de AENOR en Aragón.
D. Luis Carlos Correas Usón	Vicerrector de Investigación y Posgrado de la Universidad San Jorge.
D ^a . Cristina de la Hera Pascual	Representante del Parque Tecnológico WALQA, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. César de Lapuente	Grupo Itevelesa.

08.

AGRADECIMIENTOS

D. Javier Del Pico Aznar	Representante de S.A. Minera Catalano Aragonesa (SAMCA)- Grupo SAMCA en el Patronato de la Fundación.
D. Jordi Domenech Zamareño	Representante Abello Linde S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Daniel Esteban Bechtold	Jefe de unidad de relaciones externas. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Luis Felipe Serrate	Representante del Ayuntamiento de Huesca en el Patronato de la Fundación.
D ^a . Pilar Fernández	Instituto Tecnológico de Aragón ITA.
D. Ángel Fernández Cuello	Representante del ITA, Instituto Tecnológico de Aragón en el Patronato de la Fundación.
D. Augusto Fernández de Alarcón Guaza	Representante de GEA, General Eólica Aragonesa en el Patronato de la Fundación.
D. Óscar Fernández de la Isla	SIEMENS.
D. Víctor Ferreira Ferreira	FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Carlos Funez Guerra	Responsable Unidad Ingeniería y Montaje. Centro Nacional del Hidrógeno CNH2.
D. Luis Gallego Franco	Representante de Ercros, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Eduardo Gálvez Lisón	Representante de C.A.F. S.A., CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Eduardo García	INTECSA-INARSA.
D ^a . Tatiana García Armingol	FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Francisco Javier García Domingo	Representante de TATA HISPANO MOTORS CARROCERA, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. David Gavín	Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A. (SATEL).

D. Rafael Gerona	Grupo Empresarial Lapesa, S. L.
D. Miguel Gil Cinca	FUNDACIÓN CIRCE, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
D. Joaquín Gómez	Instituto Tecnológico de Aragón ITA.
D. Félix Gómez Cuenca	Representante de CLH S.A , Compañía Logística de Hidrocarburos S.A: en el Patronato de la Fundación.
D. Raúl Gómez Manso	Representante de GALA SOL, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Rafael González Barriada	Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja.
D. Antonio González García - Conde	Director del Departamento de Aerodinámica y Propulsión del INTA, Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales. Presidente de la Plataforma Tecnológica de Hidrógeno y Pilas de Combustible PTE HPC.
D. José Manuel González Martín	Representante de Sky Global Solar, S.A. en el Patronato de la Fundación.
D. Lorenzo Gracia	IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.U.
D ^a . Marta Gracia Blanco	Representante del Organismo Autónomo Local Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia de Doña Godina en el Patronato de la Fundación.
D. Francisco Gracia Gorria	Ercros S.A.
D ^a . Beatriz Guirao Galindo	Compañía Logística de Hidrocarburos CLH S.A.

09.

BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

09.

BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2011-2015. Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón. 2011.

Energy infrastructure priorities for 2020 and beyond – A Blueprint for integrated European energy network (EIP). European Commission, COM(2010) 677 final, 2010.

Energy 2020. A strategy for competitive, sustainable and secure energy. European Commission, COM(2010) 639 final, 2010.

Energy Roadmap 2050 (ER2050). European Commission, COM(2011) 885/2, 2011.

Directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Comisión Europea. Diario Oficial de la Unión Europea, L307/1, Octubre 2014.

Estrategia de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2007-2012-2020. Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de España, 2007.

Plan de Energías Renovables en España 2005-2010, Ministerio de Industria, Turismo y Medio Ambiente, IDAE, 2005.

Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, 2007.

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011-2020, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, IDAE, 2010.

Plan de Energías Renovables 2011-2020, IDAE, 2011.

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, IDAE, 2011.

Estrategia del Vehículo de Energías Alternativas (VEA). Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). 2015.

“Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2016”, Ministerio de Economía y Competitividad, 2012.

Estrategia Aragonesa de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente RIS3 Aragón. Gobierno de Aragón. 2014.

Estrategia de Ordenación Territorial de Aragón. Gobierno de Aragón. 2014.

Plan Energético de Aragón (PLEAR 2013-2020) Gobierno de Aragón. 2013.

Multi-Annual Work Plan 2014-2020, Fuel Cells And Hydrogen Joint Undertaking (FCH 2 JU), June 2014.

ELYGRID Project, FCH JU Programme Review Days 2014, Project Report.

ELYntegration Project, Description of Actions (DoA), 2015.

Study on development of water electrolysis in the European Union, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, February 2014.

The Fuel Cell Industry Review 2015.

"The hydrogen economy – Vision or reality", M. Ball, M. Weeda. International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, 7903-7919, Mayo 2015.

09.

BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

AeH2:	Asociación Española del Hidrógeno.
AENOR:	Asociación Española de Normalización y Certificación.
AHEE:	Asociación Australiana del Hidrógeno.
ALINNE:	Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas.
APPICE:	Asociación Española de Pilas de Combustible.
UAV:	Unmanned Aerial Vehicle.
CE:	Comisión Europea.
CEF:	Connecting Europe Facility.
CENELEC:	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique.
CH4:	Metano.
CIRCE:	Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.
CNH2:	Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible.
CO:	Monóxido de carbono.
CO ₂ :	Dióxido de carbono.
CPIFP- Pirámide:	Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide.
CSIC:	Centro Superior de Investigaciones Científicas.
DMFC:	Pila de combustible de metanol directo.
DoE:	Department of Energy.
EEA Grants:	European Economic Area Grants.
EERR:	Energías Renovables.
EHEC:	European Hydrogen Energy Conference.
ELYGRID:	(Proyecto) Improvements to Integrate High Pressure Alkaline Electrolysers for Electricity/H2 production from Renewable Energies to Balance the Grid.

ELYntegration:	(Proyecto) Grid Integrated Multi Megawatt High Pressure Alkaline Electrolysers for Energy Applications.
FHa:	Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.
FCH JU:	Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking.
FCH 2 JU:	Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2.
FEDER :	Fondo Europeo de Desarrollo Regional.
FluMaBack:	(Proyecto) Fluid Management component improvement for Back up fuel cell systems.
FSE:	Fondo Social Europeo.
GEl:	Gas Efecto Invernadero.
GLP:	Gas Licuado del Petróleo.
GNC:	Gas Natural Comprimido.
GNL:	Gas Natural Licuado.
HESS:	Sociedad de Sistemas de Hidrógeno.
HFP:	European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform.
HIA:	Hydrogen Implementing Agreement.
HRS:	Hydrogen Refueling Station.
Hy4All:	(Proyecto) Hydrogen for all of Europe.
HyER:	European Association for Hydrogen and fuel cells and Electro-mobility in European Regions.
HyUnder:	(Proyecto) Assessment of the potential, the actors and relevant business cases for large scale and seasonal storage of renewable electricity by hydrogen underground storage in Europe.
KHNFS:	Sociedad Coreana de Nuevas Energías e Hidrógeno.
I+D:	Investigación y Desarrollo.
I+D+i:	Investigación, Desarrollo e innovación.
I3A:	Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón.

09.

BIBLIOGRAFÍA Y ABREVIATURAS

IBERCONAPPICE:	Congreso Iberoamericano de hidrógeno y pilas de combustible.
IEA:	Internacional Energy Agency.
INYCOM:	Instrumentación y Componentes.
IPHE:	The International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy.
JTI:	Joint Technology Initiatives I+D: Investigación y Desarrollo.
KnowHy:	(proyecto) Improving the Knowledge in Hydrogen and Fuel Cell Technology for Technicians and Workers.
LIFE+:	Financial Instrument for the Environment.
LIFTEC:	Laboratorio de investigación en fluidodinámica y tecnologías de la combustión.
LOHC:	Liquid Organic Hydrogen Carriers.
HyRaMP:	European Regions and Municipalities. Partnership for Hydrogen and Fuel Cells.
HyUnder:	Assessment of the potential, the actors and relevant business cases for large scale and seasonal storage of renewable electricity by hydrogen underground storage in Europe.
MAIP:	Multi - Annual Implementation Plan.
MCFC:	Molten Carbonate Fuel Cell.
MINETUR:	Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
Plan MOVEA:	Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas.
NEW-IG:	New Energy World Industrial Grouping.
N.ERGHY:	New European Research Grouping for Hydrogen and Fuel Cells.
N ₂ :	Nitrógeno.
PAEE:	Plan de Ahorro y Eficiencia Energética.
PAFC:	Phosphoric Acid Fuel Cell.
PANER:	Plan de Acción Nacional de Energías Renovables.
PEM:	Proton Exchange Membrane fuel cell.

PER:	Plan de Energías Renovables.
PLEAR:	Plan Energético de Aragón.
PTEHPC:	Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible.
PtG:	Power to Gas.
PyME:	Pequeña y Mediana Empresa.
POCTEFA	Programa Cooperación Transfronteriza entre España, Francia y Andorra.
RIS3 Aragón:	Estrategia Aragonesa de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente.
SAI:	Sistemas de Alimentación Ininterrumpida.
SET:	Strategic Energy Technology.
SHFCA:	Scottish Hydrogen and Fuel Cells Association.
SOFC:	Solid Oxide Fuel Cell.
TRL:	Technology Readiness Level- Nivel de Madurez Tecnológica.
UE:	Unión Europea.
VEA:	Vehículo de Energías Alternativas.
WHEC:	World Hydrogen Energy Conference.

www.hidrogenoaragon.org



FUNDACIÓN PARA EL
DESARROLLO DE LAS NUEVAS
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO
EN ARAGÓN

Subvenciona:



Departamento de Economía,
Industria y Empleo