



EVALUACIÓN INTERMEDIA DEL PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN [2021-2025]



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

**EVALUACIÓN INTERMEDIA DEL
PLAN DIRECTOR DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN
[2021-2025]**

Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025 ha sido financiado por el Departamento de Presidencia, Economía y Justicia.

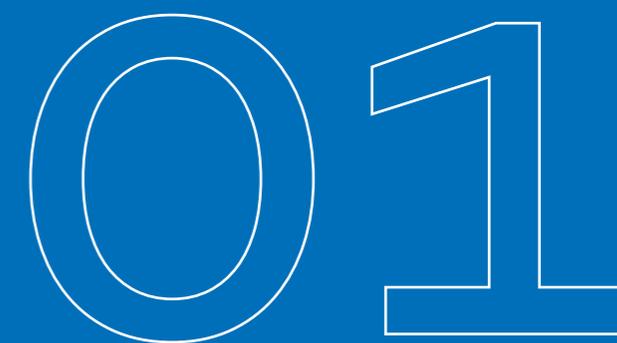
Imagen Superior Portada: Instalaciones de la FHa en P.T. Walqa.
Imagen Inferior Portada: Lanzamiento del XX Aniversario de la Fundación Hidrógeno Aragón.

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.

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



ANTECEDENTES
Y OBJETIVOS

01. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La Fundación para el Desarrollo de las Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, FHa, lidera, desde su constitución, la apuesta del Gobierno de Aragón y de las empresas y organismos aragoneses para desarrollar las tecnologías del hidrógeno en la comunidad autónoma como una solución para la descarbonización de la economía, así como la creación de conocimiento y el impulso a la mejora económica e industrial de la región.

Entre las actividades que realiza la FHa se encuentra la definición de los Planes Directores del Hidrógeno en Aragón, que desde su primera versión en 2007 y revisados con una periodicidad de cuatro años, han ido marcando los objetivos de Aragón en relación con el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno.

La última versión del Plan Director Hidrógeno en Aragón (PDHA) es la correspondiente al periodo 2021-2025. Este plan se publicó en una coyuntura especial y muy favorable

de apoyo al hidrógeno a nivel europeo, nacional e internacional como no se había visto en las ocasiones anteriores. El Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025, (PDHA 2021-2025), se alineó, como no podía ser de otra forma con estas circunstancias especiales que actualmente están sirviendo de aliciente e impulso a los proyectos de hidrógeno en la Comunidad.

El resultado fue un documento que recoge una revisión de este marco de actuación especial a nivel europeo, nacional y autonómico, así como las claves de competitividad y posicionamiento de Aragón en torno a las tecnologías del hidrógeno. A partir de allí, se estructuró el Plan en varias líneas de trabajo, incluyendo tres líneas técnicas, tres líneas transversales y una línea colaborativa, tal como se muestra en la figura siguiente que fue incluida en el documento.

Imagen: Edificio FHa en P.T.Walqa

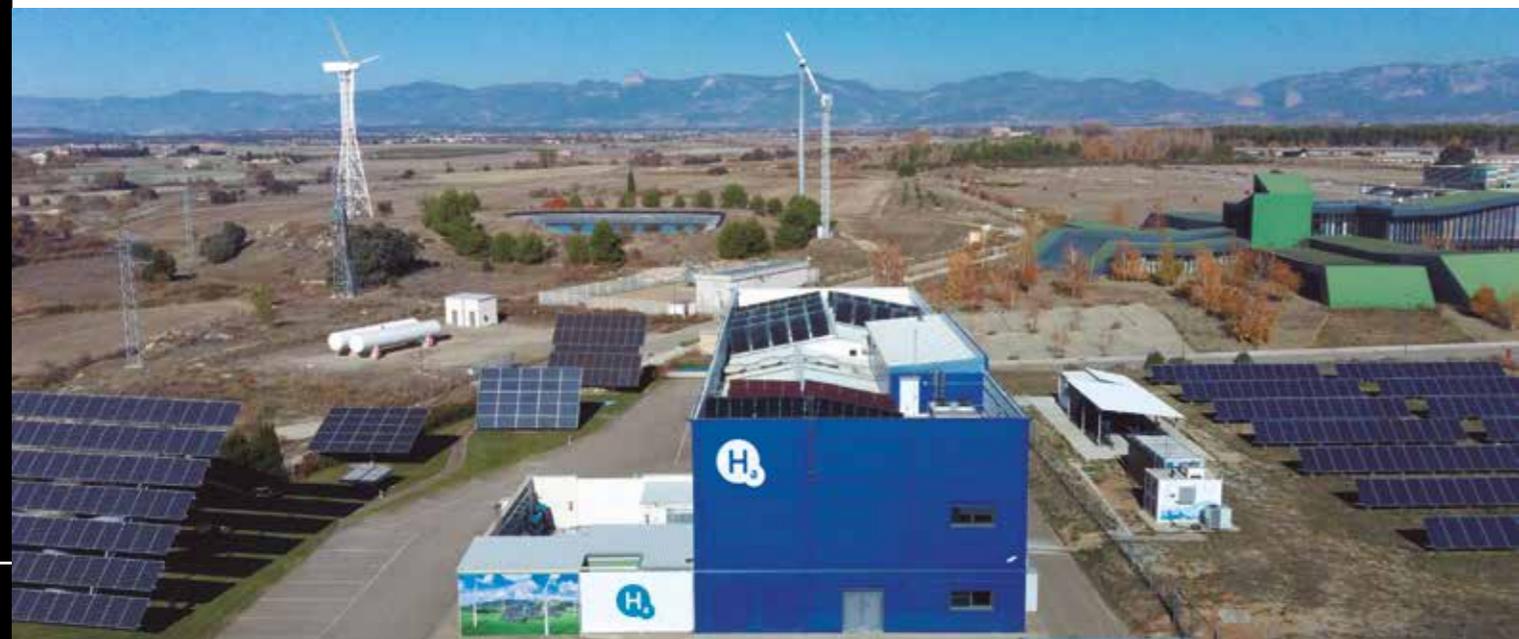


Figura 1: Propuesta de líneas de trabajo del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025

DESPLIEGUE DE MERCADO	COMUNICACIÓN	FORMACIÓN	PRODUCCIÓN	ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN	APLICACIONES			
						Investigación		
						Desarrollo y mejora de componentes y equipos		
						Proyecto demostrativos y comerciales		
Proyectos demostrativos integrales								

Fuente: Desarrollo propio.

OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA

- Revisión del **grado de cumplimiento**, a mitad de periodo, del Plan Director del Hidrógeno de Aragón 2021-2025
- Revisión del estado del arte y de las **nuevas tendencias** en torno al hidrógeno
- **Identificación y valoración de acciones** obsoletas / nuevas de interés para las empresas y organismos de la FHa, que pueden ser incluidas en la actualización del Plan

También

- Crear un **marco de debate y conocimiento** sobre el hidrógeno y su repercusión en Aragón

En base a eso y a las reflexiones llevadas a cabo durante el trabajo de evaluación, se hace una reflexión sobre las acciones y actuaciones propuestas en el PDHA que puedan carecer de sentido en este momento debido al gran avance e impulso de las tecnologías, así como la propuesta de nuevas acciones y actuaciones a implementar en el mismo.

02

METODOLOGÍA
DE TRABAJO

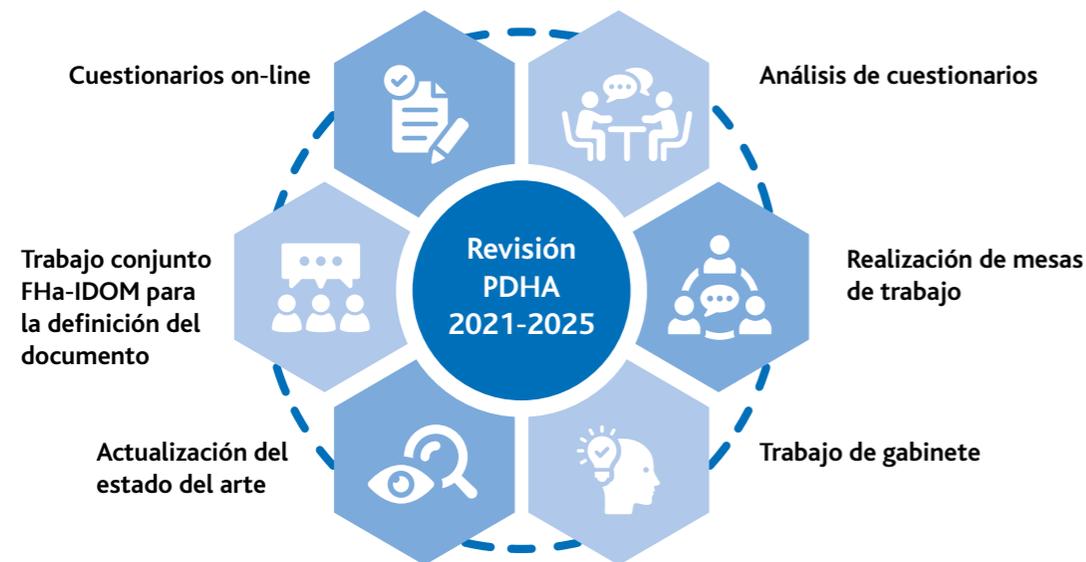
02. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La evaluación intermedia del PDHA 2021-2025 ha tenido un enfoque claramente participativo. Se ha incluido en este ejercicio a las empresas y organismos implicados en el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón, a través de diferentes actuaciones, como son la solicitud de información sobre los proyectos realizados a través de un cuestionario on-line y la realización de cinco mesas de trabajo temáticas con una alta participación. A esto se une los trabajos internos con el análisis de la información, definición y validación de temas de interés.

El proceso participativo ha sido amplio e inclusivo. Comenzó en el mes de julio de 2023 invitando a participar en el proceso a alrededor de **500 personas** pertenecientes a diferentes empresas y organismos. Entre ellos se han incluido a los Patronos de la FHa, pero también a otros agentes regionales, nacionales e internacionales.

La metodología completa aplicada en la evaluación intermedia se muestra en la siguiente figura.

Figura 2: Metodología de trabajo de la revisión intermedia del PDHA 2021-2025



Los trabajos llevados a cabo para la revisión del PDHA, han sido:

- Establecimiento de **contacto** con las empresas y organismos seleccionados para comunicarles el proceso de puesta en marcha de la revisión intermedia del PDHA 2021-2025 y sondear su interés.
- Envío del **cuestionario on-line** para la recopilación de la información sobre actividades y proyectos realizados en Aragón o con repercusión económica en el territorio tanto por parte de empresas y organismos aragoneses como externos.
- **Revisión y análisis** de las respuestas de los cuestionarios y aclaración de algunos aspectos de sobre los mismos.
- **Actualización** de estado del arte en las tecnologías del hidrógeno, sobre todo en lo referente a las nuevas estrategias, programas de financiación y tendencias.
- Realización de 5 **mesas de trabajo** que incluyen las diferentes líneas del plan:
 - Grupo de trabajo 1: Producción de hidrógeno
 - Grupo de trabajo 2: Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno
 - Grupo de trabajo 3: Aplicaciones del hidrógeno
 - Grupo de trabajo 4: Despliegue de mercado y Proyectos demostrativos integrales
 - Grupo de trabajo 5: Comunicación y formación

En estas mesas de trabajo se expone la información recopilada en los cuestionarios sobre cada línea de trabajo, se completa y analiza dicha información y se abre un debate sobre acciones y actuaciones que deben redefinirse o incluirse para mantenerse alineado con las nuevas tendencias e intereses de las empresas.



- Trabajo de gabinete para la recopilación y **análisis de toda la información** recogida en las actividades anteriores.
- Recopilación de los principales **indicadores transversales**, así como para la definición de **nuevas acciones y actuaciones** en vista de los resultados de los trabajos anteriores.
- Redacción del **documento** que recoge el análisis de los indicadores propuestos en el sistema de seguimiento del PDHA, la propuesta y redefinición de acciones y actuaciones, así como los indicadores asociados.

Se incluye un capítulo de **conclusiones y recomendaciones** de utilidad para el periodo de vigencia del plan actual, así como para la definición del siguiente PDHA.

02. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Imagen 1: Composición del Patronato 2024



02. METODOLOGÍA DE TRABAJO

INFORMACION DE INTERÉS SOBRE EL PROCESO PARTICIPATIVO



Tabla 1. Participación en las mesas de trabajo por modalidad y mesa

Mesa	Participantes presenciales	Participantes online
Mesa 1: Producción de hidrógeno	13	29
Mesa 2: Almacenamiento, transporte y distribución	22	25
Mesa 3: Aplicaciones del hidrógeno	20	26
Mesa 4: Despliegue de mercado y proyectos integrales	13	31
Mesa 5: Comunicación, sensibilización y formación	17	17

Fuente: Desarrollo propio.

EVIDENCIAS GRÁFICAS DEL PROCESO

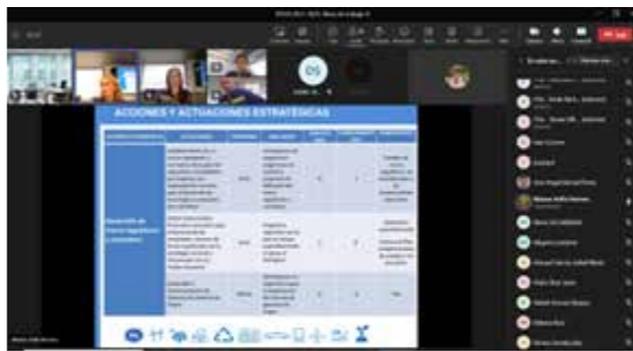
Asistencia presencial



Asistencia presencial



Dinámicas participativas



03

CONTEXTO ACTUAL DE LAS
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

03. CONTEXTO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

El PDHA 2021-2025 se publicó en un momento en el que la apuesta por las tecnologías del hidrógeno se estaba fomentando de forma contundente, sobre todo a nivel europeo y nacional, como uno de los elementos claves de la descarbonización que se establecía en el Pacto Verde Europeo.

Por ello se incluyó en el PDHA un amplio capítulo sobre el marco de actuación sobre las tecnologías del hidrógeno, destacando con especial importancia las iniciativas a nivel europeo, nacional y regional.

A nivel europeo se había publicado la Alianza Europea para el hidrógeno limpio, **European Clean Hydrogen Alliance (ECH2A)** para apoyar el desarrollo de toda la cadena de valor del Hidrógeno.

La ECH2A se instrumentaliza en el marco legal a través de Estrategia Europea del Hidrógeno, European Hydrogen Strategy, y en el marco operativo a través de diferentes programas, alguno de los cuales ya estaban puestos en marcha con anterioridad y otros eran nuevos.

Entre los instrumentos y programas ya existentes se encontraban principalmente el Horizon Europe 2021-2027, el programa LIFE, los programas de cooperación territorial incluidos en el Interreg Europe, y especialmente la Clean Hydrogen Partnership (sucesora de la Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking, FCH 2 JU, desde el 30 de Noviembre de 2021.).

Figura 3: Organización y principales actividades a nivel europeo en torno al Hidrógeno



Fuente: Desarrollo propio.

Imagen 2: Proyecto Green-Hysland, con participación de FHa, gana el premio europeo al Valle H2 del año.



Entre los instrumentos nuevos destacaba el NEXT Generation, con dos líneas de financiación principal, el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR) y los fondos REACT EU.

Para poder optar a los fondos NEXT Generation, España, como los demás países de la UE, publicó su Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). El plan estuvo dotado inicialmente con más de 70.000 millones de euros de inversiones y reformas. La forma de acceder a los fondos del Plan es a través de las diferentes convocatorias publicadas por los ministerios, las empresas públicas estatales, las comunidades autónomas y los ayuntamientos y otras entidades locales.

Destacan entre estas convocatorias las asociadas a los grandes Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) que exigen la colaboración entre administraciones, empresas y centros de investigación. En España se han definido 12 PERTES uno de los cuales es el PERTE de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento (PERTE ERHA).

03. CONTEXTO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

La ejecución del PERTE ERHA está siendo favorable, con una dotación inicial de 6.600 M€, se han resuelto ya varias convocatorias correspondientes a las 4 líneas que la componen:

- **Línea 1:** Cadena de valor industrial innovadora y de conocimiento en hidrógeno renovable. En la primera convocatoria publicada en 2022 y resuelta en julio de 2023 se adjudicaron tres proyectos en Aragón, actualmente en fase inicial de desarrollo, son los siguientes:

Proyecto	Promotor	Ayuda (€)
Creación de nuevo establecimiento para fabricación de hidrogenas, sistemas de almacenamiento alta presión y equipos asociados H2 verde	CALVERA MAQUINARIA E INSTALACIONES SA	6.146.914,00
Valorización de aguas residuales Industriales para la generación de Hidrógeno biológico (Hi2biO)	Ingeniería de obras Zaragoza Universidad de Zaragoza	1.869.676,13
Mejora de las capacidades en almacenamiento de hidrógeno a diferentes presiones y temperaturas	Languens Y Perez S.L FHA	872.713,17

- **Línea 2:** Clústeres o Valles del hidrógeno. La publicación de la convocatoria, inicialmente proyectada para el segundo semestre de 2023, no se ha materializado.

- **Línea 3:** Proyectos Singulares Pioneros. Enfocada en proyectos que impulsen la producción y el consumo local de H2 renovable en sectores de difícil descarbonización, como la industria o el transporte pesado. En Aragón, se han obtenido dos proyectos destacados, uno en cada convocatoria del programa H2 PIONEROS de hidrógeno. El primero, denominado H2 Pillar, se centra en la producción de hidrógeno renovable en la Comarca de Zaragoza, y es promovido por Enagás Renovable S.L.U. Este proyecto, beneficiario de una ayuda significativa, ha sido reconocido además como un proyecto de interés general para la región por el Gobierno de Aragón. El segundo proyecto,

denominado Electrolizador Alcalino, tiene como objetivo el uso industrial en Caspe para el autoconsumo de hidrógeno verde y la producción de amoníaco renovable "in situ", con fines de venta posterior a industrias. Este proyecto es impulsado por Walia Energy S.L y Green Capital Development XVI, S.L.U.



PROYECTOS H2 PIONEROS EN ARAGÓN

1ª convocatoria

- Proyecto H2 Pillar - El Burgo de Ebro y Fuentes de Ebro

2ª convocatoria

- Electrolizador alcalino destinado a uso industrial - Caspe

- **Línea 4: IPCEIs de hidrógeno renovable.** Los IPCEIs (Important Project of Common European interest, por sus siglas en inglés), constituyen grandes proyectos para desarrollar cadenas de valor estratégicas en el sector del hidrógeno. Principalmente buscan reunir a los sectores público y privado en proyectos transfronterizos, de tal forma que los participantes directos cooperen estrechamente entre sí a través de numerosas colaboraciones, reuniendo diferentes grupos de socios externos, como universidades, organizaciones de investigación y PYME de toda Europa. Desde 2021 se han aprobado varios IPCEIs relacionados con el hidrógeno:

- Proyecto Importante de Interés Común Europeo de tecnología de hidrógeno (IPCEI Hy2Tech). Su objetivo es apoyar la investigación y la innovación y el primer despliegue industrial en la cadena de valor de la tecnología del hidrógeno.
- Proyecto Importante de Interés Común Europeo de uso de hidrógeno (IPCEI Hy2Use). El objetivo de este IPCEI Hy2Use es apoyar la construcción de infraestructuras relacionadas con el hidrógeno, en particular electrolizadores a gran escala e infraestructuras de transporte, para la producción, el almacenamiento y el transporte de hidrógeno renovable y con bajas emisiones de carbono; y el desarrollo de tecnologías innovadoras y más sostenibles para la integración del hidrógeno en los procesos industriales de múltiples sectores, especialmente los que presentan mayores dificultades para la descarbonización, como el acero, el cemento y el vidrio. Aragón cuenta con dos proyectos posicionados en este IPCEI Hy2Use para el desarrollo de hidrógeno en aplicaciones industriales:

- Proyecto IAM Caecius: La compañía energética EDP en conjunto con el Grupo Térvallis, trabajan en el proyecto IAM Caecius en Teruel con 25 MW de electrolizadores, para la fabricación de amoníaco a partir de hidrógeno renovable.
- Proyecto El Cierzo: Enel Green Power junto a la empresa Industrias Químicas del Ebro (IQE), contemplan la instalación de un electrolizador de 7,2 MW de potencia que se ubicaría en la localidad zaragazona de Alfajarín, con el objetivo de sustituir el 25 % del consumo de gas natural de esta industria química por hidrógeno renovable. La planta de producción de hidrógeno tendrá asociados parques de generación eléctrica renovable con una capacidad total de 115 MW.
- Proyecto Importante de Interés Común Europeo de apoyo a la infraestructura del hidrógeno (IPCEI Hy2Infra). El objetivo de este IPCEI Hy2Infra es impulsar el suministro de hidrógeno renovable, reduciendo así la dependencia del gas natural y contribuyendo a la consecución de los objetivos del Pacto Verde Europeo y del Plan REPowerEU.
- IPCEI – Concesión directa: Por otra parte, el Gobierno central publicó el Real Decreto 251/2023, de 4 de abril, por el que se regula la concesión directa de 450 millones de euros en subvenciones a la empresa ArcelorMittal España S.A. para la ejecución del proyecto Hidrógeno circular DRI, en un proceso similar al que se ha realizado en otros Estados miembros como Francia y Bélgica.

03. CONTEXTO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

Al concluir este análisis sobre la evolución del contexto durante los tres años de vigencia del PDHA 2021-2025, es importante destacar que simultáneamente al progreso técnico de las tecnologías del hidrógeno y la ejecución de los proyectos mencionados, se ha llevado a cabo una revisión e incluso elaboración de nuevas políticas de respaldo para estas tecnologías. Entre las publicaciones más destacadas, resaltan las recogidas en la tabla siguiente:

NOVEDADES A NIVEL EUROPEO	
Legislación y regulación	REPowerEU: Acción conjunta para una energía más asequible, segura y sostenible.
	Primer acto delegado: define cuándo el hidrógeno, los combustibles basados en hidrógeno u otros vectores energéticos pueden considerarse combustibles renovables de origen no biológico.
	Segundo acto delegado: establece la metodología para calcular la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que se logra al utilizar combustibles renovables de origen no biológico y combustibles de carbono reciclado.
	Reglamento sobre la Infraestructura para los Combustibles Alternativos (AFIR).
	Revisión de la Directiva de Energías renovables (DER III).
	ReFuelEU Aviation: Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la garantía de unas condiciones de competencia equitativas para un transporte aéreo sostenible.
	FuelEU Maritime: Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al uso de combustibles renovables y combustibles hipocarbónicos en el transporte marítimo.
Programas y actuaciones de financiación y apoyo al despliegue del hidrógeno	Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo que establece normas comunes para el mercado interior del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno (Paquete de gas o EU Gas package) .
	Puesta en marcha del acelerador del hidrógeno .
	Banco Europeo del hidrógeno: subastas organizadas por el <i>Innovation Fund</i> .



Imagen 3: Participación en el evento H2 Zaragoza organizado por SMARTENERGY junto a CIRCE y FHa como co-organizadores.

NOVEDADES A NIVEL NACIONAL	
Legislación y regulación	PNIEC 2023-2030: actualización pendiente de aprobación.
	Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, que crea el sistema de garantías de origen .
	Real Decreto-ley 8/2023, de 27 de diciembre. Disposición adicional sobre: gestores provisionales de la red troncal de hidrógeno .
	RD 6/2022. Disposición adicional trigésima octava. Suministro de gases renovables mediante canalizaciones aisladas .
	RD 18/2022. Artículo 13. Declaración de utilidad pública de las líneas directas de conexión de plantas de producción de gases renovables con la red de transporte y distribución de gas natural.
	Orden TED/1312/2022. Incluye exención de cargos para electrolizadores .
Programas y actuaciones de financiación y apoyo al despliegue del hidrógeno	RD 445/2023 Incluye simplificación de Evaluación de Impacto ambiental (EIA) de instalaciones de producción de hidrógeno
	Adenda al PRTR: fortalecimiento PERTE ERHA y PERTE de Descarbonización industrial.

Fuente: Elaboración propia.



RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN
INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN
DEL PLAN DIRECTOR

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025 se ha configurado en base a 7 líneas de trabajo estratégicas:

- Línea 1: Producción de hidrógeno
- Línea 2: Almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno
- Línea 3: Aplicaciones del hidrógeno
- Línea transversal 1: Despliegue de mercado
- Línea transversal 2: Comunicación y sensibilización
- Línea transversal 3: Formación
- Línea Colaborativa: Fomento de la cadena de valor y transferencia de tecnología, incluyendo los proyectos demostrativos integrales.

Estas líneas se despliegan en el Plan a través de 15 acciones estratégicas y 52 actuaciones concretas. Tras la revisión intermedia realizada han quedado 17 acciones estratégicas y 52 actuaciones. La línea de actuación que más acciones contempla es la Línea 2: almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno, con un total de 6 acciones estratégicas y 14 actuaciones concretas, (ya que se ha eliminado una). Históricamente en Aragón el almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno es la línea que más desarrollo ha tenido, con empresas punteras en almacenamiento y transporte a presión, que ya tienen productos comercializados. Aragón también ha sido puntera en el desarrollo de estaciones de repostaje de hidrógeno y se está posicionando de forma decidida en el transporte por tubería (gasoductos/hidroductos). En esta edición sin embargo se han registrado un mayor número de proyectos relacionados con la producción de hidrógeno y sus aplicaciones. La generación de hidrógeno verde se ha convertido en una prioridad en Europa, respaldada por considerables inversiones, las cuales Aragón está aprovechando, dado que presenta condiciones ideales para este propósito.

Es relevante señalar que ciertas acciones están interconectadas entre sí, y algunos de los proyectos informados por los participantes abarcan más de una línea de trabajo, conformando así un **proyecto de desarrollo integral**. Estos proyectos integrales desempeñan un papel crucial en Aragón, consolidando a la Comunidad como una de las más dinámicas en este ámbito.

Para la recopilación del grado de avance de cada línea de trabajo se analizan los resultados de los cuestionarios, dicha información ha sido contrastada en las mesas de trabajo presenciales. Durante este proceso, como ya se ha indicado en la metodología, se incluye la información aportada por los diferentes organismos, algunos de los cuales no han respondido debido a la confidencialidad que desean mantener en sus proyectos.

Es importante señalar también que para mostrar una información lo más precisa posible se han contabilizado, como se detallará posteriormente, únicamente los proyectos que ya han sido aprobados o han iniciado sus actividades, según la información comunicada por las empresas. No se han considerado aquellos recientemente concedidos, como los incluidos en la línea Pioneros 2 del PERTE ERHA, cuya resolución provisional fue publicada en noviembre de 2023.

Los **resultados reportados** por las empresas y organismos que han formado parte de este proceso participativo se muestran a continuación.

VISIÓN GENERAL DE RESULTADOS

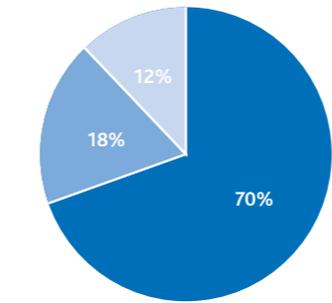


209
respuestas a los cuestionarios



159
proyectos y actuaciones técnicas reportadas (*)

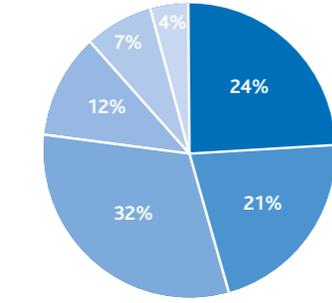
QUIÉN HA RESPONDIDO



- Empresas
- Organismos de investigación e innovación
- Otros organismos relacionados con las empresas (fundación, cluster, cámara, etc.)

QUÉ HAN RESPONDIDO

(Distribución de proyectos por línea de trabajo)



- Línea 1. Producción de H2
- Línea 2. Almacenamiento, transporte y distribución de Hidrógeno
- Línea 3. Aplicaciones del Hidrógeno
- Línea 4. Despliegue de mercado
- Línea 5. Comunicación y sensibilización
- Línea 6. Formación

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

Se han recibido 209 respuestas a los cuestionarios. En ellos se ha informado de la realización de 159 proyectos y actuaciones técnicas, sin contabilizar en este recuento las actuaciones de comunicación, formación y sensibilización, ya que su elevado número podría distorsionar la interpretación final de los datos.

Respecto a las líneas de trabajo principales: el 32% de las respuestas se incluye en la línea de Aplicaciones del H2, el 24 % en la línea de Producción y 21 % en Almacenamiento, Transporte y Distribución. Con menos aportaciones han quedado las líneas transversales. No obstante, es importante señalar que algunos proyectos integrales han sido desglosados y asignados a diversas líneas por las empresas responsables, especialmente en producción y aplicaciones. En consecuencia, los porcentajes correspondientes se pueden ver aumentados debido a la forma en que se han incluido los datos de estos proyectos, considerándolos de manera individual y no como un conjunto integrado.

Las respuestas han venido por parte de 67 empresas y organismos, de los cuales el 70% son empresas, el 18% organismos de investigación e innovación y el 12 % otras organizaciones empresariales entre los que se ha incluido a la FHa.

Destacan por el número de aportaciones la FHa con 66 actuaciones reportadas (la mayoría de proyectos en colaboración con otras empresas), el CSIC (incluidos sus diferentes institutos) con 25 proyectos, todo ellos en fase de I+D, algunos ya preparados para la transferencia de conocimiento, y la empresa Enagás S.A y Enagás Renovable con 12 proyectos principalmente en el área de transporte y distribución.

Para la medida del cumplimiento de cada actuación se definieron en el PDHA 2021-2025 unos **indicadores**, generalmente uno por actuación, salvo en dos casos en los que se definieron dos. En consecuencia, el número total de indicadores, una vez redefinido el Plan, son 54.

El **grado de cumplimiento** a mitad de periodo de vigencia de Plan **es extraordinario**. El 75 % de los objetivos ya han sido cumplidos, en muchos casos superando ampliamente los indicadores establecidos (suponen 47 actuaciones de 52). El 15,3% son actuaciones que se han iniciado, pero aún no han alcanzado los objetivos propuestos, y solamente el 9,6% de las mismas (5 actuaciones) no han sido iniciadas, pero se mantienen en el Plan debido a que se consideran aún de interés. El Plan sigue vigente durante dos años más y se espera alcanzar y superar todos los objetivos especificados en el mismo.

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTUACIONES A MITAD DE PERIODO



Durante el proceso participativo, que tenía como objetivo también identificar acciones obsoletas o incluir nuevas que sean de interés para las entidades participantes, se han realizado dos tipos de modificaciones:

- En el proceso de revisión y actualización, algunas acciones han experimentado una **redefinición**. Se han incorporado modificaciones con el objetivo de mejorar la claridad de la redacción y/o la eficacia de las acciones propuestas.
- Como parte de este proceso de optimización, se ha llevado a cabo puntualmente la **eliminación** de contenidos obsoletos y acciones que se consideraron redundantes. Esto garantiza que el documento refleje de manera precisa y actualizada las metas y estrategias que se pretenden llevar a cabo, evitando la inclusión de elementos superfluos o desactualizados.
- Como resultado del proceso de revisión también se han incorporado **nuevas acciones** a algunas líneas de trabajo. Estas adiciones se fundamentan en el interés identificado durante el debate con los participantes y en las respuestas obtenidas a través de los cuestionarios. Este enfoque participativo ha permitido la identificación de áreas clave que, aunque no estaban inicialmente contempladas, se consideran relevantes y valiosas para la región.

Para estas nuevas acciones no se ha fijado un indicador de cumplimiento a 2025, se prefiere registrar la evolución y el progreso en el periodo restante, lo que permite una mayor adaptabilidad y ajuste a medida que se obtengan más datos y se adquiera experiencia en su implementación. A medida que se desarrollen estas acciones y se obtengan resultados, se valorará el ajuste de sus indicadores en la siguiente edición del PDHA, reflejando de manera más precisa el impacto y los objetivos específicos de estas iniciativas.

En el apartado 4.2 se hace una revisión del grado de cumplimiento de los indicadores de seguimiento de cada línea de trabajo. Se incluye una tabla con el estado actual de las mismas, en las que se recogen ya las redefiniciones de las actuaciones/objetivos, así como las nuevas actuaciones incluidas. Las tablas se comentan de forma general y se destacan algunas actuaciones por línea debido a su repercusión e importancia para el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno en Aragón.

El apartado 4.3 incorpora los indicadores globales incluidos en el Plan, que abarcan los indicadores de seguimiento globales, los indicadores de resultado y los de gestión.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

4.2 RESULTADOS POR LÍNEA DE TRABAJO

a) Línea 1: Producción de hidrógeno

En la línea de producción de hidrógeno se destaca especialmente el gran potencial de las energías renovables en Aragón, en especial la eólica y solar, lo que permite prever una alta producción de hidrógeno verde renovable producido por electrolisis.

Por otra parte, y debido a que la transición completa al hidrógeno verde requiere alcanzar precios más competitivos no se descarta en el Plan introducir (al igual que en las estrategias europeas) la producción con otras tecnologías, incluyendo específicamente la producción fotoelectroquímica, la gasificación (principalmente de residuos) y el reformado.

Imagen 4: Instalaciones FHa.



De esta forma, las dos acciones estratégicas indicadas en el PDHA 2021-2023 son:

- Producción de hidrógeno verde por electrolisis
- Producción de hidrógeno con otras tecnologías

En ellas se especifican varias actuaciones. En todas ellas, excepto la de producción de componentes de electrolizadores, se han alcanzado e incluso superado en 2023 los objetivos establecidos para 2025.

Además, como resultado de los debates en la mesa de trabajo se ha agregado una nueva línea referente a la **extracción del hidrógeno natural**. Esto se debe a la existencia de un proyecto de considerable magnitud en desarrollo, así como a las perspectivas de realizar más prospecciones para detectar la presencia de hidrógeno natural, especialmente en las áreas cercanas al Pirineo. El objetivo para 2025 se irá monitorizando, como se ha comentado anteriormente en el caso de las nuevas acciones introducidas en esta revisión.

La información general sobre la ejecución de esta línea se muestra a continuación:

ACCIÓN: PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE POR ELECTROLISIS

• **Actuación. Estudio del potencial de energías renovables en Aragón que se podría destinar a la generación de hidrógeno verde:** Se ha cumplido el objetivo de realizar 3 estudios incluidos en el marco de diferentes proyectos para ver el potencial concreto que se tiene en cada uno de ellos. Destaca la actuación de la FHa incluido en el proyecto europeo SINNOGENES, al que se suma otro proyecto del CSIC y uno reportado por una empresa incluido en un proyecto integral.

• **Actuación. I+D+i en electrolizadores de membrana de intercambio aniónico (AEM).** Los electrolizadores AEM están siendo objeto de grandes desarrollos por parte del CSIC y por ello se incluyeron específicamente. El objetivo indicado se ha visto ya superado.

• **Actuación. I+D+i en electrolizadores más eficientes y de menor coste de producción de hidrógeno.** La tercera va a ser redefinida en su redacción para dar cabida a los estudios en los otros tipos de electrolizadores de una forma más general. Se incluye así la investigación y desarrollo de electrolizadores alcalinos, PEM y SOEC. De esta forma el objetivo ha sido ampliamente cumplido destacando los estudios de electrolizadores SOEC por parte del ITA y del CSIC y el proyecto HYPRAEL de la FHa.



04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

- **Actuación. Producción de componentes de electro-lizadores y otros bienes de equipo incluidos en la cadena de valor de producción de hidrógeno verde.** Respecto a esta actuación el indicador a 2023 se considera bajo. Se esperaba que hubiese empresas con desarrollos de componentes y no ha sido reportado, solamente FHa ha realizado 2 proyectos en esta línea. La actuación se mantiene y el objetivo también, ya que se espera que con ayuda de los fondos públicos se pueda realizar transferencia de tecnología por parte de los organismos de investigación a empresas aragonesas que puedan desarrollar y comercializar esas tecnologías.
- **Actuación. Producción de hidrógeno verde por electrólisis con electricidad de la red utilizando el sistema de Garantías de Origen.** Aunque el Sistema de Garantías de Origen ya ha sido puesto en marcha, no son muchas las empresas que disponen actualmente del certificado de hidrógeno renovable. No obstante, se ha recogido a través de los cuestionarios un total de 11 proyectos con producción directamente conectada a las plantas de EERR, y que potencialmente podrían obtener el certificado de garantía de origen en los próximos años, registrándolo entonces al final del periodo de vigencia del PDHA 2021-2025. Entre ellos se incluyen algunos proyectos integrales que serán explicados en la línea de trabajo transversal 4: H2 Pillar, el Cierzo, Catalina, Hysencia, AlHyem. Así como otros proyectos más focalizados solo en producción como los proyectos Ecurrida Green H2 y Ebro Green H2 de SMARTENERGY Group AG, y proyecto Pilar y Proyecto Esperanza de Quantum Hydrogen.

ACCIÓN: PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO CON OTRAS TECNOLOGÍAS

- **Actuación. I+D en la producción de hidrógeno mediante tecnología fotoelectroquímica.** Es un área de desarrollo e interés en Aragón sostenida en la actividad del CSIC, desarrollando actualmente dos proyectos de I+D en este campo, doblando así el objetivo fijado.
- **Actuación. Producción de hidrógeno a partir de diferentes tipos de residuos.** Mejora de tecnologías asociadas, especialmente las de gasificación. El objetivo de hacer el estudio de un catálogo de residuos ha sido cubierto de forma parcial considerando los residuos de biomasa por parte del CSIC. Sobre desarrollo de proyectos se han reportado tres pertenecientes a CSIC, FHa y Destilerías San Valero.
- **Actuación. Producción de hidrógeno mediante reformado de biometano.** La tercera línea en referencia al reformado de biometano no ha recibido contribución sobre ningún proyecto específico. Esta actuación fue reformulada en la mesa de trabajo para contener la producción de hidrógeno a través de otros procesos químicos, con el resultado de dos proyectos pertenecientes a CSIC en fase de I+D media (TRL 5).

La tabla 2 recoge el resultado de la evaluación intermedia de esta línea de trabajo.

Tabla 2: Producción de hidrógeno: grado de cumplimiento de los objetivos y actualización

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Producción de hidrógeno verde por electrólisis	Estudio del potencial de energías renovables en Aragón que se podría destinar a la generación de hidrógeno verde	ALTA	Estudios realizados en relación al objeto de la actuación	3	3	Estudios parciales incluidos en otros proyectos
	I+D+i en electrolizadores de membrana de intercambio aniónico (AEM)	ALTA	N.º de proyectos de I+D desarrollados	2	3	Todos proyectos del CSIC
	I+D+i en desarrollo de diferentes tipos de electrolizadores (PEM; SOEC, Alcalinos)	MEDIA	N.º de proyectos de I+D desarrollados	1	5	Varias empresas y organismos
	Producción componentes de electrolizadores y otros bienes de equipo incluidos en la cadena de valor de producción de hidrógeno verde	ALTA	N.º de empresas que desarrollan componentes	5	1	FHa
			N.º de proyectos realizados	2	2	FHa
	Producción de hidrógeno verde por electrólisis con electricidad de la red utilizando el sistema de Garantías de Origen.	ALTA	N.º de proyectos desarrollados y empresas aragonesas implicadas	2	0	11 proyectos potenciales para 2025

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Producción de hidrógeno con otras tecnologías	I+D en la producción de hidrógeno mediante tecnología fotoelectroquímica	MEDIA	N.º de proyectos desarrollados	1	2	CSIC
	Producción de hidrógeno a partir de diferentes tipos de residuos. Mejora de tecnologías asociadas, especialmente las de gasificación	MEDIA	Estudio del potencial de recursos (catálogo de residuos)	1	1	CSIC estudio a partir de biomasa
	Producción de hidrógeno mediante otros procesos. (reformado de hidrocarburos, procesos químicos o biológicos)	MEDIA	N.º de proyectos desarrollados	1	3	2 organismos y una empresa
	Producción de hidrógeno mediante otros procesos. (reformado de hidrocarburos, procesos químicos o biológicos)	MEDIA	N.º de proyectos desarrollados	1	2	CSIC en fase I+D

REDEFINIDA

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Extracción de hidrógeno natural	Actuaciones de prospección de existencia de hidrógeno natural en Aragón	ALTA	Proyectos realizados	-	1	Proyecto de extracción de hidrógeno natural del promotor Helios Aragón en Monzón

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.



Imagen 5: Calvera Hydrogen Shell Tube Trailer 45 pies 517 bar.

b) Línea 2: Almacenamiento, transporte y distribución

La línea de almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno ha sido tradicionalmente en Aragón, como ya se ha comentado, una de las más destacadas por la existencia de empresas que llevan varios años desarrollando productos en el área de transporte a presión y de hidrogeneras. Durante este periodo se incluyen además con especial importancia otras posibilidades para el transporte y almacenamiento de hidrógeno, como es el caso de hidroductos y gasoductos, con proyectos que están en fase de I+D, pero con TRLs altos y cercanos a mercado.

Debido al gran potencial de producción de hidrógeno que tiene la región, tal y como se ha visto anteriormente, el desarrollo de la infraestructura de logística de hidrógeno adquiere asimismo gran importancia. El PDHA 2021-2025 recogió 6 acciones estratégicas con 15 actuaciones concretas que han arrojado resultados variados en su grado de cumplimiento, pero considerando todas ellas complementarias y de gran importancia para la región y su diversificación industrial. Durante la revisión intermedia se ha eliminado una actuación con lo cual queda en catorce.

De las 14 actuaciones actualizadas ocho han superado el indicador propuesto para 2025, tres actuaciones están empezadas y tres todavía no han tenido ningún desarrollo, pero se espera que se realicen proyectos en el periodo de vigencia del plan, como fue comentado en las mesas de trabajo por parte de empresas interesadas en estas actuaciones.

Las acciones estratégicas incluidas en el plan son:

- Gas a presión
- Hidrógeno Líquido
- Carriers (NH3, LOHC, etc.)
- Transporte y distribución en hidroducto/gasoducto
- Almacenamiento subterráneo
- Hidrogeneras

La información general de ejecución de la línea de trabajo a través de sus actuaciones se comenta brevemente a continuación, incluyendo posteriormente la tabla con los resultados alcanzados para los indicadores propuestos y resumen de los comentarios al respecto.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIÓN: GAS A PRESIÓN

- **Actuación. En relación con proyectos integrales: optimización economía a escala.** Complementariedad hidroductos de hidrógeno renovable industrial próximo a punto de consumo y gaseoducto virtual de alta presión para uso vehicular. Esta primera actuación ha sido redefinida para facilitar su comprensión. Se ha indicado que se considera alta presión la superior a 200 bares, además se ha incluido el transporte de hidrógeno en general, no especificando el uso vehicular.

En esta actuación destaca el proyecto del mayor Tube Trailer desarrollado hasta el momento, con una capacidad de más de una tonelada y una presión de trabajo de 517 bares. Ha sido realizado por la empresa Calvera Hydrogen para Shell y ha tenido una gran repercusión en el mercado al ser un proyecto pionero y único con estas condiciones.

- **Actuación. Creación de un HUB base de hidrógeno (con producción centralizada y verde) desde donde se distribuya por carretera a puntos de consumo.** Con un objetivo final de 3 Hubs creados, a mitad de periodo ya se han aportado dos. Ambos proyectos son proyectos integrales que transportarán el hidrógeno a presión por carretera (proyectos H2Pillar y Hysencia).

- **Actuación. I+D+i en reducción de costes compresión /mejora de eficiencia de proceso.** Ya se ha alcanzado el objetivo fijado de dos proyectos puestos en marcha. Ambos son realizados por dos empresas aragonesas: un proyecto desarrollado por la empresa Lapesa, incluido en el PERTE ERHA, y otro del Grupo Tatoma.

- **Actuación. Banco de ensayos para análisis de materiales y componentes de la red de transporte de gas en alta presión.** HyLoop+, este proyecto de Enagás en Zaragoza tiene como objetivo dotar de infraestructura metrológica y establecer una cadena de trazabilidad en la medición del hidrógeno renovable. Este proyecto incluye la construcción de un banco de calibración capaz de operar con hidrógeno y con mezclas de hidrógeno y gas natural en un rango de 3 a 650 m³/h a alta presión. Cabe destacar el desarrollo de un patrón primario de medida, siendo pionero a nivel nacional, lo que permitirá mejorar la competitividad de la región.

- **Actuación. Contenedores de transporte intermodal a medida de cliente o del mercado.** Se ha superado el objetivo fijado, habiéndose reportado 4 proyectos, uno de ellos por parte de la empresa Calvera y los otros 3 proyectos reportados por centros tecnológicos. Estos centros son: el ITA, con un proyecto de Desarrollo de nuevos procesos de fabricación y nuevos materiales compuestos multifuncionales para la fabricación de depósitos tipo IV y tipo V y AITIIP, con dos proyectos, el proyecto Cubic (Desarrollo de materiales biobasados para contenedores de H₂ y soluciones fin de vida) y proyecto VALORH₂ (Desarrollo de un depósito tipo IV de polímero).

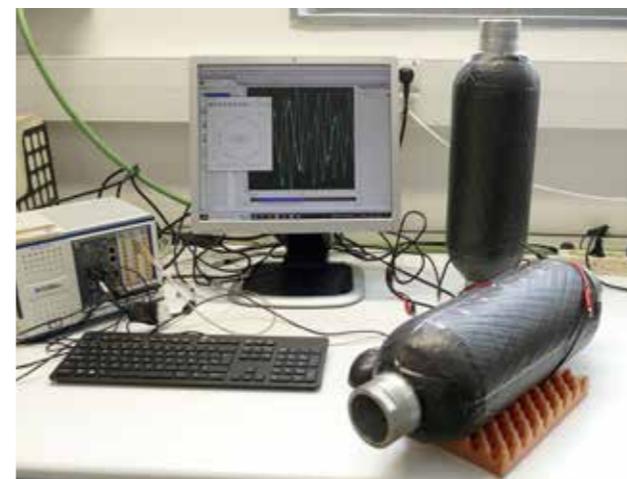


Imagen 6: ITA Prototipos de depósito tipo V para almacenamiento de hidrógeno comprimido (Plan Complementario "Energía e Hidrógeno renovable" - Línea 6).

De especial interés fue el debate abierto acerca del desarrollo de contenedores/botellas más pequeñas (tipo las de distribución de butano), para pequeños consumidores que no necesiten presiones muy altas. Este será un tema a considerar en el próximo Plan Director si la demanda se ve incrementada y se considera en ese momento un nicho de negocio para las empresas aragonesas.

ACCIÓN: HIDRÓGENO LÍQUIDO

- **Actuación. I+D en optimización de sistemas para almacenamiento y manipulación de hidrógeno líquido.** Se mantiene la línea de I+D de optimización de sistemas para almacenamiento y manipulación de hidrógeno líquido porque hay dos empresas interesadas en su desarrollo. Estas empresas están ya desarrollando proyectos en otros países y prevén también actividad futura en Aragón.

- **Actuación. Proyecto demostrativo en aeropuerto de Teruel de suministro de hidrógeno líquido para futuras aeronaves.** Esta segunda actuación, uso de hidrógeno líquido en aeronaves, no se ve factible su realización durante el periodo de vigencia del PDHA 201-2025, por lo tanto, se propone su eliminación. No obstante, la presencia del Aeropuerto de Teruel sigue siendo relevante en este Plan Director. Se le incluye en la "Actuación: Fomento del hidrógeno en el sector aeronáutico. Desarrollo de equipos especiales (depósitos de hidrógeno criogénico, integración en fuselaje, etc.)", destacando la importancia de su colaboración en posibles proyectos demostrativos con hidrógeno en sus instalaciones.

ACCIÓN: CARRIERS (NH₃, LOHC, ETC.)

- **Actuación. Análisis de la posibilidad de suministro con NH₃ renovable desde producción a gran escala.** Se ha redefinido la actuación para hacerla más inclusiva, quedando redactada como "Desarrollo del transporte y almacenamiento en diferentes carriers". Se ha recogido la información de un proyecto del CSIC en fase de I+D inicial reportado en el debate en la mesa, pues no había sido reflejado en los cuestionarios recibidos.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIÓN: TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN GASODUCTO/ HIDRODUCTO

- **Actuación. Definición de una red vertebral de hidroductos (Eje Ebro+conexión con áreas de almacenamiento salinos + principales polígonos industriales+ áreas de producción renovable).** Actuación en marcha con un proyecto reportado por Enagás sobre la Red Troncal de hidrógeno.
- **Actuación. Proyectos reales de inyección de hidrógeno a red gasista a escala demostración (casos reales con blending progresivo hasta transporte de hidrógeno puro).** Se ha superado ampliamente el objetivo fijado, habiendo 8 proyectos en marcha: 3 reportados han sido reportados por la FHA (proyectos HIGGS, CANDHy y ComputameH), 4 por la empresa Enagás (proyectos PilgrHYm, THOTH2, Simmer y Decarb) y Newgasmet.



Imagen 7: Enagás. Instalaciones para ensayos del proyecto Decarb.

Se ha superado ampliamente el objetivo fijado, habiendo 8 proyectos en marcha: 3 han sido reportados por la FHA (proyectos HIGGS, CANDHy y ComputameH), 4 por la empresa Enagás (proyectos PilgrHYm, THOTH2, Simmer y Decarb) y Newgasmet.

- **Actuación. Proyectos enfocados en la cadena de suministro, que optimicen la complementariedad entre sistemas de almacenamiento móviles, hidroductos y red gasista.** Se han reportado 3 proyectos superando así el objetivo. Un proyecto está siendo realizado por la FHA en consorcio con otras empresas (ECOH2SYSTEM) y los otros dos son proyectos integrales que van a incluir la construcción de sendos hidroductos para transporte del H2 verde generado (proyectos Catalina y H2 Pillar)

ACCIÓN: ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO

- **Actuación. Mapeo de ubicaciones de almacenamiento subterráneo ligado a renovables y análisis tecno-económico.** Se han realizado dos Mapeos de ubicaciones almacenamiento subterráneo ligado a renovables y análisis tecno-económico, ambos en el marco de proyectos europeos y que incluyen Aragón. Uno de los estudios ha sido realizado por la FHA y otro por la UPM (Universidad Politécnica de Madrid)
- **Actuación. Estudio de análisis de medida de seguridad aplicable a los almacenamientos subterráneos.** Esta actuación aún no ha sido iniciada.



Imagen 8: Calvera. Hydrogen HRS.

ACCIÓN: HIDROGENERAS

- **Actuación. Proyecto del corredor de hidrogeneras vinculando a las flotas cautivas del sector logístico con ubicaciones en los principales puntos: PLAZA, Stellantis, Huesca, Teruel.** El indicador hace referencia a estaciones de repostaje en funcionamiento, por lo que no se puede considerar actualmente ninguna, ya que la estación de FHA en Walqa está en proceso de reacondicionamiento y la estación de El Cisne en Zaragoza, perteneciente a la empresa Zoilo Ríos, se pondrá en marcha en 2024 con el apoyo del CSIC.
- **Actuación. Plan público-privado de despliegue de hidrogeneras y su conexión con otras regiones.** Según las respuestas recibidas a través de los cuestionarios, se tiene información acerca de diferentes empresas aragonesas que están realizando trabajos para clientes externos en el área de las ERH; en Aragón se puede destacar la hidrogenera portátil correspondiente al proyecto SHIE, participado por ARPA Equipos móviles de campaña, y Zoilo Ríos.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

Tabla 3: Almacenamiento, transporte y distribución: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos. Producción de hidrógeno con otras tecnologías.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Gas a presión	Desarrollo de tube trailers o camiones cisterna para transporte a alta presiones (mayor de 200 bares) REDEFINIDA	ALTA	Proyectos realizados	3	1	Empresa aragonesa
	Creación de un HUB base de hidrógeno (con producción centralizada y verde) desde donde se distribuya por carretera a puntos de consumo	ALTA	N.º de Hubs creados	3	2	Dos proyectos integrales
	I+D+i en reducción de costes compresión /mejora de eficiencia de proceso	MEDIA	N.º de proyectos de I+D desarrollados	2	2	2 empresas aragonesas
	Banco de ensayos para análisis de materiales y componentes de la red de transporte de gas en alta presión.	MEDIA	N.º de proyectos realizados	1	1	-
	Contenedores de transporte intermodal a medida de cliente o del mercado.	MEDIA	N.º de productos/ proyectos desarrollados	3	4	1 empresa aragonesa y 2 Centros I+D

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Hidrógeno líquido	I+D en optimización de sistemas para almacenamiento y manipulación de hidrógeno líquido	MEDIA	N.º de productos proyectos desarrollados	1	-	No reportado ningún proyecto, pero sigue despertando interés
	Proyecto demostrativo en aeropuerto de Teruel de suministro de hidrógeno líquido para futuras aeronaves. ELIMINADA	MEDIA	N.º de productos/ proyectos desarrollados	1	-	Se elimina porque no se ve factible el cumplimiento en este periodo.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Carriers (NH ₃ , LOHC, etc.)	Desarrollo del transporte y almacenamiento en diferentes carriers REDEFINIDA	MEDIA	N.º de productos/ proyectos desarrollados	1	1	Reportado en la mesa proyecto de CSIC en fase de I+D inicial

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Transporte y distribución Gasoducto/ Hidroducto	Definición de una red vertebral de hidroductos (Eje Ebro+conexión con áreas de almacenamiento salinos + principales polígonos industriales+ áreas de producción renovable)	ALTA	N.º de proyectos desarrollados para la extensión de la red	3	1	Empresa en Aragón
	Proyectos reales de inyección de hidrógeno a red gasista a escala demostración (casos reales con blending progresivo hasta transporte de hidrógeno puro)	ALTA	N.º de proyectos desarrollados	2	8	FHa y 2 empresas en Aragón.
	Proyectos enfocados en la cadena de suministro, que optimicen la complementariedad entre sistemas de almacenamiento móviles, hidroductos y red gasista.	MEDIA	N.º de proyectos desarrollados	1	3	FHa y una empresa con dos proyectos integrales

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Almacenamiento subterráneo	Mapeo de ubicaciones almacenamiento subterráneo ligado a renovables y análisis tecno-económico	ALTA	Realización del mapeo	SI	2	Dos mapeos en el marco de proyectos europeos realizados por FHa y UPM
	Estudio de análisis de medidas de seguridad aplicable a los almacenamientos subterráneos	MEDIA	Realización de estudios	2	-	-

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Hidrogeneras	Proyecto del corredor de hidrogeneras vinculando a las flotas cautivas del sector logístico con ubicaciones en los principales puntos: PLAZA, Stellantis, Huesca, Teruel...	ALTA	N.º de hidrogeneras en funcionamiento	3	0	Hay un proyecto avanzado pero aún no se ha puesto en funcionamiento la hidrogenera
	Plan público-privado de despliegue de hidrogeneras y su conexión con otras regiones	ALTA	N.º de hidrogeneras desarrolladas y/o instaladas	4	4	Una hidrogenera desarrollada y tres fuera de Aragón pero por empresas aragonesas

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

c) Línea 3: Aplicaciones del hidrógeno

Las principales oportunidades que se han destacado en Aragón en relación con las aplicaciones del hidrógeno fueron recogidas en las 3 acciones estratégicas propuestas en esta línea de trabajo que son:

- Impulso a la movilidad con hidrógeno
- Uso de hidrógeno para generación térmica y eléctrica
- Uso de hidrógeno como materia prima

Además, durante la realización de la mesa de trabajo, se decidió incluir otra acción que hace referencia al desarrollo de pilas de combustible y otros componentes asociados. El desarrollo de pilas de combustible se incluía en planes anteriores y se retoma en la revisión de PDHA 2021-2025, para dar cabida a los proyectos que se están realizando en Aragón en torno al desarrollo de componentes de pilas de combustible, proyectos en general en fase de I+D, pero algunos con TRLs altos cercanos a mercado, así como otros componentes que hacen posible las aplicaciones del hidrógeno (electrónica de potencia, etc.). A continuación, se hace un breve repaso al estado de cumplimiento de los objetivos del PDHA en esta línea.

Imagen 9: Instalaciones y vehículo de FHs.



Imagen 10: Ayuntamiento Zaragoza. Autobús de hidrógeno en la línea de Aeropuerto de Zaragoza.

ACCIÓN: IMPULSO A LA MOVILIDAD CON HIDRÓGENO

- **Actuación. Estudio de costes de movilidad con hidrógeno (adecuación de estudios nacionales e internacionales a los posibles cambios que requiera la realidad geoestratégica e industrial de Aragón).** Esta actuación ha sido realizada por parte de la FHA en un estudio previo para el desarrollo del Plan de Movilidad de Aragón.
- **Actuación. Proyectos demostrativos de movilidad en flotas cautivas locales (Taxis, autobuses, furgonetas de última milla, limpieza pública, etc.) así como en transporte pesado.** Se han reportado 5 proyectos en esta actuación, superando ampliamente el objetivo estimado en dos. Destaca entre ellos la realización de un proyecto demostrativo de la línea de autobús con hidrógeno al aeropuerto de Zaragoza. Ante los buenos resultados de la demostración, la continuidad acaba de anunciarse con la puesta en marcha de dos autobuses desde el centro de Zaragoza al Aeropuerto y a PLAZA.

Otras actuaciones incluidas son el corredor de hidrógeno para la región pirenaica (proyecto H2PiYR) y el proyecto BIG-HIT con una importante participación aragonesa y que ha llegado a su fin con éxito.

En el debate sobre esta actuación se remarca la importancia de seguir impulsando esta línea sobre todo en proyectos demostrativos de logística tanto interna como de última milla, que es un nicho con gran potencial en la región por su condición estratégica en logística. Esta idea está en línea con otro de los proyectos reportados por la Corporación Alimentaria Guissona, proyecto FCEVDLTRUCK (Investigación Industrial de Solución para Propulsión con Hidrógeno en vehículos Eléctricos de Carga Ligera y Semi-Pesada con Pila de combustible.) sobre vehículos de carga ligera y semipesado para su uso logístico propio.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

- **Actuación. Desarrollo de movilidad ferroviaria con hidrógeno. Desarrollo de componentes, integración y puesta en marcha de proyecto demostrador.** Se ha cumplido el objetivo con la participación de CAF en el proyecto europeo FCH2Rail, cuyo cometido en el mismo es el desarrollo de componentes, integración y puesta en marcha del proyecto demostrador. En la planta de CAF de Zaragoza se han desarrollado ya con éxito las pruebas estáticas del tren bimodal eléctrico-hidrógeno, y se han realizado pruebas en la línea Canfranc-Zaragoza.

- **Actuación. Fomento del hidrógeno en el sector aeronáutico. Desarrollo de equipos especiales (depósitos de hidrógeno criogénico, integración en fuselaje, etc.), proyecto demostrativo en PLATA.** Se han incluido tres proyectos reportados por el CSIC sobre desarrollo de combustibles para aviación: dos de ellos con financiación nacional y el otro en el marco de un consorcio del H2020. Aunque no se ha alcanzado la meta de hacer un proyecto demostrativo en PLATA, se mantiene la actuación por el interés que está despertando este tipo de proyectos en el sector aeronáu-

Imagen 11: Prensa local. Tren de H2 en la línea Canfranc – Zaragoza.



Imagen 12: FHa. Proyecto Everywh2ere-instalaciones en Motorland-2022.

tico aragonés, tanto para el desarrollo en aviones como para su incorporación a drones. PLATA y el Aeropuerto de Teruel pueden convertirse en el lugar idóneo para el desarrollo y las pruebas de estos proyectos, existiendo un gran interés por acoger proyectos demostrativos en sus instalaciones.

- **Actuación. Fomento del hidrógeno en el sector agropecuario: adaptación del hidrógeno a maquinaria agrícola especial, electrificación de aperos de transmisión eléctrica de potencia, usos del hidrógeno para nuevos robots agrícolas.** La última actuación de trabajo ha sido redefinida para hacerla más inclusiva incluyendo mención a otros nichos de movilidad no solo en el agropecuario. Definida de esta forma se han contabilizado 4 proyectos relacionados principalmente con maquinaria para minería y construcción. Ente ellos destacan la participación del ITA, FHa y ANMOPYC en el proyecto europeo "H2MAC - Hydrogen fuel cell electric non-road mobile MACHinery for Mining And Construction". El ITA participa así mismo en otros dos proyectos y la empresa SFICE en un proyecto sobre mejoras para movilidad pesada.

ACCIÓN: USO DE HIDRÓGENO PARA GENERACIÓN TÉRMICA Y ELÉCTRICA

Las tres actuaciones incluidas en esta acción han tenido un buen avance en el periodo analizado, alineando así las actuaciones en Aragón con los objetivos europeos y nacionales para el fomento de la descarbonización energética.

- **Actuación. Desarrollo de unidades auxiliares de energía (APU) con diferentes tecnologías de pila de combustible para su uso en vivienda, comercio o turismo o aplicaciones temporales.** Se ha reportado la puesta en marcha de 11 proyectos correspondientes a varias empresas y organismos. Algunos de estos proyectos forman parte de proyectos integrales y cuentan también con otras acciones en la cadena del hidrógeno incluido el consumo en otros campos como la movilidad. Este es el caso de proyectos como Demo4Grid con la participación de FHa e Inycom, proyecto muy ambicioso del Clean Hydrogen Partnership que terminó con éxito en verano de 2023. Se incluyen así mismo otros proyectos aportados por las empresas Epic Power Converters S.L., Green Grouping y SFICE Innovative Minds.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN



Imagen 13: Horno industrial en laboratorio de CIRCE para combustión de hidrógeno.

- **Actuación. Demostración a escala industrial de la combustión de hidrógeno en turbina de gas.** Se han reportado dos proyectos (superando el objetivo fijado en uno) por parte de dos organismos de investigación. Ambos proyectos se están realizando por solicitud de dos empresas privadas y son confidenciales.

- **Actuación. Desarrollo o adaptación de calderas/quemadores para uso con mezclas de H₂/GN.** Esta actuación también ha superado el objetivo fijado habiéndose aportado seis proyectos que están siendo ejecutados por varias empresas y organismo aragoneses. Entre ellos destaca el proyecto integral El Cierzo, en el que se consumirá el hidrógeno verde generado en la planta de Alfajarín de Industrias Químicas del Ebro (IQE). Otros dos proyectos han sido notificados por empresas aragonesas y los tres restantes los están llevando a cabo organismos de I+D para mejorar la tecnología y los procesos de uso de hidrógeno en hornos y calderas.

ACCIÓN: USO DE HIDRÓGENO COMO MATERIA PRIMA

- **Actuación. Definición caso de uso para gran proyecto integral (generación hidrógeno limpio-consumo).** En esta actuación se ha incluido un proyecto (pendiente de la adjudicación definitiva) en el que la empresa Sistemiza Fluids Handling S.L. está realizando estudios de viabilidad previos para consumos y demandas para nichos de alto valor añadido.

- **Actuación. Utilización de hidrógeno renovable para producción de amoníaco renovable.** En esta actuación se ha reportado el proyecto integral IAM Caecius Ver Amonia. Liderado por las empresas Térvalis y EDP, e incluido en financiación IPCEI, incluye toda la cadena de valor del hidrógeno verde enfocado con un consumo final de producción de amoníaco renovable y su aplicación para la fabricación de fertilizantes por parte de la empresa Fertinagro.

- **Actuación. Producción de combustibles renovables alternativos mediante el uso de hidrógeno.** En esta actuación se han reportado 12 proyectos pertenecientes a varios organismos y empresas. Todos ellos en fase de I+D con distintos grados de desarrollo. Destacan sobre todo los proyectos que están realizando los organismos de investigación aragoneses: CSIC (4 proyectos), I3A-Unizar (3 proyectos) y FHa (3 proyectos).

Imagen 14: ARPA. Planta de generación de hidrogeno para combustión y calentamiento de ACS en el Hospital San Jose en Murcia de Viamed.



04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIÓN: DESARROLLO DE PILAS DE COMBUSTIBLE Y OTROS COMPONENTES ASOCIADOS

En la planificación inicial, se optó por no abordar la temática de las pilas de combustible ya que se percibía una limitada capacidad en el territorio, especialmente en lo que respecta al desarrollo comercial. Sin embargo, tras este ejercicio de revisión intermedia se observa avance e intereses en esta línea, en consecuencia, se ha reconsiderado esta decisión y se ha incluido una acción específica relacionada con el desarrollo de pilas de combustible y sus componentes asociados. Esta adición responde a la necesidad de incorporar proyectos que anteriormente carecían de una categoría específica en las líneas de trabajo establecidas.

Se han recogido cinco proyectos que hacen referencia al desarrollo de pilas de combustible y componentes asociados. El CSIC en Aragón que lleva muchos años desarrollando proyectos de pilas de combustible, sobre todo de tecnología SOFC, han reportado un proyecto en este periodo. En esta actuación también se recoge un proyecto de la empresa Green Grouping SOFC4GreenGrid incluido en el programa Misiones del CDTI, y tres proyectos de Epic Power Converters S. L. que desarrolla electrónica para la integración del hidrógeno en diferentes usos. En esta nueva acción no se ha establecido un objetivo a 2025 sino que se irá monitorizando conforme avance el Plan.

Imagen 15: CSIC. Emsamblado de celdas SOFC fabricadas en el INMA.

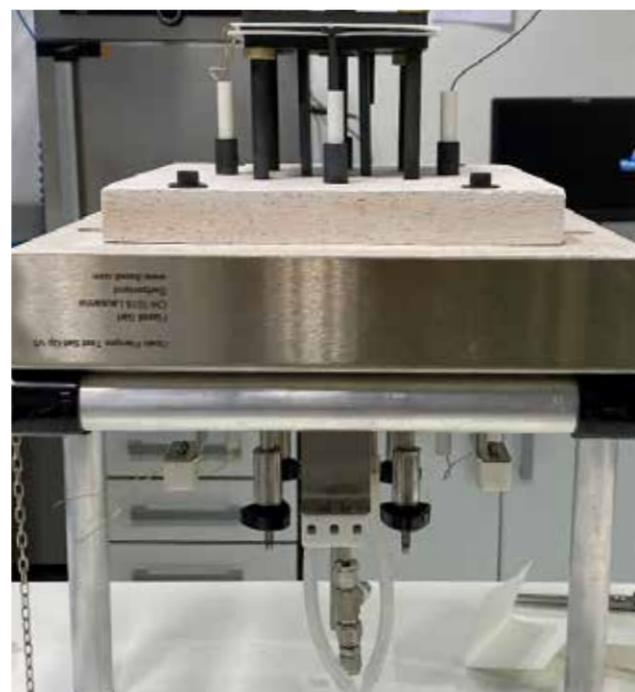


Tabla 4: Aplicaciones del H2: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Impulso a la movilidad con hidrógeno	Estudio de costes de movilidad con hidrógeno (adecuación de estudios nacionales e internacionales a los posibles cambios que requiera la realidad geoestratégica e industrial de Aragón)	ALTA	Realización (si/no)	SI	SI	FHa. Estudio previo para plan de movilidad Aragón
	Proyectos demostrativos de movilidad en flotas cautivas locales (Taxis, autobuses, furgonetas de última milla, limpieza pública, etc.) así como en transporte pesado.	ALTA	N.º de proyectos realizados	2	5	Varios organismos y empresas
	Desarrollo de movilidad ferroviaria con hidrógeno. Desarrollo de componentes, integración y puesta en marcha de proyecto demostrador	ALTA	N.º de proyectos realizados	1	1	Empresa aragonesa, en consorcio europeo
	Fomento del hidrógeno en el sector aeronáutico. Desarrollo de equipos especiales (depósitos de hidrógeno criogénico, integración en fuselaje, etc.), proyecto demostrativo en PLATA	ALTA	N.º de proyectos de realizados	2	3	Estudios de I+D del CSIC sobre aplicaciones en aeronáutica: drones y vehículos ligeros
	Fomento del hidrógeno en nichos de movilidad como transporte pesado, construcción, minería, sector agropecuario, etc. REDEFINIDA	MEDIA	N.º de proyecto/ productos de realizados	1	4	Varios organismos y una empresa

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Uso de hidrógeno para generación térmica y eléctrica	Desarrollo de unidades auxiliares de energía (APU) con diferentes tecnologías de pila de combustible para su uso en vivienda, comercio o turismo o aplicaciones temporales	ALTA	N.º de productos /proyectos desarrollados	3	11	Varias empresas y organismos aragoneses
	Demostración a escala industrial de la combustión de hidrógeno en turbina de gas.	MEDIA	N.º de proyecto/ producto	1	2	2 organismos de investigación, ambos son proyectos confidenciales
	Desarrollo o adaptación de calderas/quemadores para uso con mezclas de H2/GN	MEDIA	N.º de proyecto/ producto	1	6	Varias empresas y organismos

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Uso de hidrógeno como materia prima	Definición caso de uso para gran proyecto integral (generación hidrógeno limpio-consumo)	BAJA	Búsqueda de potenciales consumidores y definición de caso de uso	1	1	Proyecto reportado por una empresa, pendiente adjudicación definitiva
	Utilización de hidrógeno renovable para producción de amoníaco renovable	ALTA	N.º de proyectos realizados	1	1	Desarrollo en el marco de un proyecto integral
	Producción de combustibles renovables alternativos mediante el uso de hidrógeno	MEDIA	N.º de proyectos realizados	3	11	Varios organismos y empresas En fase I+D

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Desarrollo de pilas de combustible y otros componentes asociados	I+D en desarrollo de pilas de combustible y otros componentes asociados para su integración NUEVA	MEDIA	N.º de proyectos realizados	-	5	Varias empresas y organismos

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

d) Línea transversal 1: Despliegue de mercado

La línea de despliegue de mercado contiene dos acciones diferenciadas pero ambas imprescindibles para el impulso de las tecnologías del hidrógeno a nivel comercial. La primera es el desarrollo del marco regulatorio y normativo, que proporcione los instrumentos necesarios para otorgar confianza a las empresas al implementar sus proyectos. La segunda es el fomento de la cadena de valor y la transferencia de tecnología, que incorpora proyectos demostrativos integrales de gran envergadura, abarcando avances en todas las etapas de la cadena de valor.

Imagen16: Acciona. Proyecto Power to Green Hydrogen Mallorca_Instalación Parque Lloseta 1.



ACCIÓN: DESARROLLO DEL MARCO REGULATORIO Y NORMATIVO

- **Actuación. Establecimiento de un marco regulatorio y normativo claro para dar seguridad y estabilidad a las empresas con capacidad de inversión para el desarrollo de tecnologías y proyectos demostrativos.** Se han registrado siete proyectos en los cuales se ha participado, incluyendo, entre otros, estudios relacionados con el análisis del marco regulatorio, la normativa sobre el mantenimiento de instalaciones y la identificación de trámites administrativos vinculados con la puesta en marcha de dichas instalaciones.

Se destacan los logros en este ámbito a través de la ejecución de varios proyectos por parte de la FHA, entre ellos el proyecto MULTHYFUEL (sobre repostaje en HRS), NEWGASMET (sobre Metrología y Caudalimetría) y HYTUNNEL (Seguridad con hidrógeno en túneles y espacios confinados), así como un extenso y detallado trabajo para la AeH2 en el que se elaboró el primer informe a nivel nacional sobre "Estudio sobre el tratamiento regulatorio de los proyectos que incorporan tecnologías del hidrógeno", además de la presencia permanente en diferentes grupos sobre regulación organizados por el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) o por el Ministerio de Industria y Turismo (MINTUR). Otra contribución notable incluye el proyecto PREVERH de la empresa Zoilo Ríos, con actividades dedicadas al mantenimiento preventivo de Estaciones de Repostaje de Hidrógeno.

- **Actuación. Definir instrumentos financieros concretos para el fomento de las inversiones, siempre de forma coordinada con la estrategia nacional y relacionado con los Fondos Europeos.** Definición de instrumentos financieros concretos, en programas regionales en los que se incluya específicamente el apoyo al hidrógeno. Se ha cumplido ya el objetivo marcado para 2025. Se han contabilizado 5 líneas

de financiación regionales en los que se incluye explícitamente el apoyo al hidrógeno. Además de las que hacen referencia a inversiones empresariales destaca en este periodo el Plan complementario de energía e H2 renovable en Aragón, cofinanciado por el PRTR y cuyo objetivo es generar conocimiento científico-técnico para reforzar las competencias técnicas y capacidades industriales en Aragón.

- **Actuación. Desarrollo e implementación de Sistemas de Garantía de Origen.** Esta actuación se monitoriza a través del indicador de participación en organismos para la implantación del sistema de garantías de origen. Se ha cumplido el objetivo con la participación de la FHA en el Grupo de Seguimiento de Sistema de Garantías de Origen de gases liderado por Enagás, designado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) como gestor técnico del sistema de GdO, así como en grupos de trabajo a través de UNE y CEN directamente implicados en la elaboración de normativa sobre las garantías de origen del hidrógeno.

Imagen 17: Plan complementario de energía e H2 renovable en Aragón. Reunión de proyecto



04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

ACCIÓN: FOMENTO DE LA CADENA DE VALOR Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

- **Actuación. Proyectos demostrativos integrales en toda la cadena de valor del hidrógeno.** Esta actuación ha superado ampliamente el objetivo fijado en el Plan Director. Esto ha sido debido sobre todo al apoyo político y financiero durante este periodo, en el que se destaca la puesta en marcha del programa NEXT GENERATION, el programa de IPCEI y la continuidad de otros programas de financiación.

El Next Generation, ha permitido a España publicar grandes líneas de financiación incluidas en el PRTR, entre el que se destaca PERTE ERHA. En este marco varias empresas y organismos han solicitado financiación para sus proyectos en Aragón. Durante la ejecución de la revisión intermedia se ha recibido información sobre proyectos integrales con grandes inversiones en Aragón. Estos proyectos se encuentran en diversas etapas de desarrollo, algunos están en proceso de realizar estudios preliminares o solicitando el reconocimiento como proyectos de interés regional, mientras que otros han avanzado considerablemente, incluyendo fases de ingeniería, entre otros aspectos. Por otra parte, algunos han sido reportados como proyectos confidenciales, por lo tanto, no se van a mencionar en este documento.

En el transcurso de la revisión intermedia se ha publicado la resolución de la Segunda Convocatoria del Programa de incentivos a proyectos pioneros y singulares de hidrógeno renovable (Programa H2 PIONEROS) que incluye un proyecto en Aragón, que no se detallará en esta revisión, ya que aún no ha sido iniciado y se incluirá en el segundo periodo de vigencia del PDHA 2021-2025.

Por lo tanto, se recogen finalmente y de manera explícita seis grandes proyectos, de los cuales se dispone de información no confidencial aportada por los promotores a través de los cuestionarios, así como la información disponible en prensa y otras publicaciones sectoriales.

A estos seis proyectos se suma de la participación de CIRCE en un proyecto europeo sobre proyectos integrales financiado por la Clean Hydrogen Partnership. Aunque este proyecto no implica una implementación específica en la región, dicho proyecto conlleva beneficios económicos y de conocimiento para Aragón que deben ser considerados en esta revisión intermedia. Los seis grandes proyectos aragoneses son:

- **Ver-Amonia.** Impulsado por la empresa Térvalis junto con la eléctrica EDP. Se generará hidrógeno verde en una planta alimentada por un parque eólico y fotovoltaico, y el uso final está enfocado a la producción de amoníaco para fabricar 100.000 toneladas de fertilizantes.
- **El Cierzo.** Proyecto promovido por Endesa que producirá hidrógeno verde para utilizarlo como combustible en la planta de fusión de sales de Industrias Químicas del Ebro (IQE) en Alfajarín.
- **H2 Pilar.** Promovido por la empresa Aragonesa del Hidrógeno Verde S.L., entidad constituida al 50% por Compañía Energética Aragonesa de Renovables S.L. y Enagás Renewable S.L. Incluye producción de hidrógeno verde a través de energías renovables (eólica y fotovoltaica), la construcción de un hidroduto que suministrará hidrógeno entre otros a una planta de fabricación de agua oxigenada en La Zaida, suministro a la empresa Saica como combustible y a una hidrogenera que se implantará en Zaragoza.

- **Catalina.** Es el proyecto más ambicioso por ahora planteado en la región. Impulsada por el fondo de inversiones danés CIP, junto con Enagás, Naturgy, Vestas y Fertiberia incluye producción de hidrógeno y amoníaco renovable en Andorra Teruel, transporte por hidroduto y diferentes consumos finales.
- **Hysencia.** Promovido por DH2 Energy, incluye producción de hidrógeno verde e inyección en la red de gas natural.
- **Nudo Mudéjar.** Es el proyecto promovido por Endesa en Andorra (Teruel) que tras el cierre de la central térmica tiene por objeto promover la transición energética de la zona. El proyecto integra tecnologías eólica y solar fotovoltaica en varios parques, incluyendo también almacenamiento con baterías y la producción de hidrógeno verde.

- **Actuación. Acciones de colaboración entre clústeres y entidades sectoriales, con los organismos de I+D+i (FHA, Universidades, ITA, etc.) para el impulso de la diversificación de las empresas en toda la cadena de valor del hidrógeno.** Transferencia de conocimiento y tecnología. Con un objetivo en 2025 de cinco proyectos desarrollados, se han reportado ya cuatro proyectos que son: el proyecto de Dinamización de la cadena de valor del hidrógeno: oportunidades en aeronáutica y automoción, realizado por la FHA junto con los clústeres de automoción (CAAR) y aeronáutica (AERA), con resultados de gran interés para estos sectores tan relevantes en Aragón. Proyecto Smart-Hy-Aware liderado por IAF en consorcio europeo y financiado por INTERREG cuyo objetivo ha sido promover la movilidad hidrógeno-eléctrica abordando las principales barreras infraestructurales, tecnológicas y de absorción del mercado, ha involucrado a una variedad de organismos y empresas en diferentes países con alta participación aragonesa. Proyecto H24NEWAGE en el que participa la Fundación Circe con otros centros tecnológicos españoles; el proyecto está financiado por la red Cervera y tiene por objetivo desarrollar las capacidades tecnológicas

y su transferencia industrial en toda la cadena de valor del Hidrógeno. Y finalmente el proyecto "H2GLOBAL European Green Hydrogen Cluster Alliance for Internationalization Project" coordinado por FHA para intensificar la colaboración entre clusters y redes empresariales a través de alianzas nacionales e internacionales con PYMES y financiado por la UE.



Imagen 18: Participación FHA en evento ECC- European Clusters Conference.

- **Actuación. Implementación de estructuras colaborativas para el desarrollo y demostración de componentes, escalables y abiertas a la participación de empresas.** A pesar de tener como objetivo la creación de dos infraestructuras, actualmente se ha superado este número, contando con tres instalaciones abiertas a empresas para la prueba de diversos componentes. Estas incluyen dos bancos de ensayos pertenecientes al CSIC, y una instalación en colaboración con Redexis, con la participación de la FHA, para estudiar el potencial de la inyección de hidrógeno en la red de transmisión de gas natural a alta presión.

Estas actuaciones se recogen en la tabla siguiente:

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

Tabla 5: Despliegue de mercado: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Desarrollo de marco regulatorio y normativo	Establecimiento de un marco regulatorio y normativo claro para dar seguridad y estabilidad a las empresas con capacidad de inversión para el desarrollo de tecnologías y proyectos demostrativos	ALTA	Participación de organismos aragoneses en comités y proyectos de definición del marco regulatorio y normativo	SI	7	FHa y dos empresas
	Definir instrumentos financieros concretos para el fomento de las inversiones, siempre de forma coordinada con la estrategia nacional y relacionado con los Fondos Europeos	ALTA	Programas regionales en los que se incluya específicamente el apoyo al hidrógeno	2	5	Incluyen el apoyo a empresas y a centros de I+D+i
	Desarrollo e implementación de Sistemas de Garantía de Origen	MEDIA	Participación en organismos para la implantación del sistema de garantías de origen	Si	Si	FHa

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Fomento de la Cadena de valor y transferencia de tecnología	Proyectos demostrativos integrales en toda la cadena de valor del hidrógeno	ALTA	N.º de proyectos	1	7	6 proyectos integrales y un proyecto europeo con la participación de CIRCE
	Acciones de colaboración entre clúster y entidades sectoriales, con los organismos de I+D+i (FHa, universidades, ITA, etc.) para el impulso de la diversificación de las empresas en toda la cadena de valor del hidrógeno. Transferencia de conocimiento y tecnología	ALTA	N.º de actuaciones de fomento de la colaboración	5	4	Desarrollados por organismos de investigación y fomento empresarial
	Implementación de estructuras colaborativas para el desarrollo y demostración de componentes, escalables y abiertas a la participación de empresas	MEDIA	N.º de instalaciones colaborativas	2	3	Varias empresas y organismos

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

d) Línea transversal 2: Comunicación y sensibilización

La comunicación y la sensibilización siguen siendo aspectos clave para el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno, como lo es para cualquier otro desarrollo tecnológico que quiera introducirse en la sociedad. Desde las primeras versiones de los planes directores en Aragón, se ha reconocido la importancia de este aspecto, asignándole una línea de trabajo específica.

En periodos anteriores la sensibilización y concienciación social estaba principalmente enfocada al público general, principalmente con actuaciones de concienciación social. Durante el debate mantenido en esta revisión intermedia se le ha

dado más importancia durante este periodo a la sensibilización del empresariado como futuros consumidores masivos de hidrógeno, aunque no se ha dejado de lado la sensibilización a la sociedad, especialmente con el objetivo de prevenir posibles rechazos de la tecnología y sus aplicaciones debido a la falta de conocimiento.

Además, se resalta la importancia de ejercer prudencia en la difusión de mensajes para evitar generar expectativas infundadas en los futuros consumidores. Se enfatiza que la información compartida debe estar en sintonía con el avance real de la tecnología. Se ilustra, por ejemplo, que enfocarse excesivamente en la movilidad personal podría ser contraproducente si los usuarios no cuentan con la infraestructura de recarga necesaria.

Imagen 19: ARPA a través de SHiE, expone sus coches de hidrogeno en la semana de la movilidad sostenible, junto con su modulo dispensador de hidrogeno, en la plaza del Pilar de Zaragoza.



La línea de trabajo incluye 5 acciones principales cuyos resultados son los siguientes.

ACCIÓN: SENSIBILIZACIÓN Y CONCIENCIACIÓN SOCIAL

- **Actuación. Informar y ayudar a las empresas con acciones divulgativas por sectores.** La actuación está en marcha y se espera cumplir los objetivos para 2025. Se han reportado 15 acciones divulgativas sectoriales destacando las 3 correspondientes al sector aeroespacial promovidas por AERA, las 4 actuaciones del Consejo Aragonés de Cámaras que abarcan distintos sectores y otras actuaciones principalmente desarrolladas por la FHa en diferentes campos.

- **Actuación. Organización de la semana del hidrógeno en Aragón para trabajar con el ámbito educativo.** Crear un espacio experimental, que podría hacerse coincidiendo con el día mundial del hidrógeno. La Organización de la semana del hidrógeno en Aragón es una de las pocas actividades que todavía no se ha realizado y que se espera cumplir en la segunda parte de periodo de vigencia del PDHA 2021-2025.



Imagen 20: FHa participa en WS nacional organizado por Bomberos del Ayuntamiento de Zaragoza.

- **Actuación. Búsqueda de sinergias y aprovechamientos de los esfuerzos de otras iniciativas de divulgación científica con más largo recorrido (noche de los investigadores, semana de mujer y ciencia, etc.).** Con un objetivo de 5, ha sido ya superado con varios eventos en los que la FHa se ha alineado con otras iniciativas como son la noche de los investigadores en 2022, las semanas del hidrógeno H2Week en 2021, 2022 y 2023, colaboración con RENMAD también en las tres anualidades, colaboraciones con ASPACE Huesca sostenida anualmente, actividad en colaboración con divulgadores científicos profesionales por el proyecto SustainHuts, etc.



Imagen 21: Inauguración de RENMAD Hidrógeno por la Vicepresidenta y Consejera de Presidencia, Economía y Justicia, María Del Mar Vaquero Perianez, en Enero 2024, Zaragoza.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN



Imagen 22: Participación de FHa en diferentes eventos demostrativos.

- **Actuación. Sensibilización y formación mediante eventos demostrativos. Acercar los avances tecnológicos a la ciudadanía demostrando sus aplicaciones en la vida cotidiana.** Esta actividad, aunque ya iniciada, tiene un bajo cumplimiento aportándose solamente dos eventos demostrativos por parte de la FHa en el Aragon Skills FP 2023 en Huesca y el día de Aragón en el Edificio Pignatelli de Zaragoza, sede del Gobierno de Aragón.

- **Actuación. Publicaciones y apariciones con carácter divulgativo, tanto en prensa generalista, programas audiovisuales o RRSS.** En diversos medios como prensa generalista, programas audiovisuales y redes sociales, las actividades han superado ampliamente las 200 inicialmente establecidas como objetivo para este indicador, sumando las reportadas por FHa y otros participantes a través de los cuestionarios, pero se estima que existe un número considerable de actividades adicionales en RRSS que no se han podido contabilizar.

Tabla 6: Comunicación y sensibilización: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Sensibilización y concienciación social	Informar y ayudar a las empresas con acciones divulgativas por sectores.	ALTA	N.º de acciones divulgativas sectoriales realizadas	25	15	Varios sectores
	Organización de la semana del hidrógeno en Aragón para trabajar con el ámbito educativo.	MEDIA	Organización de la semana del hidrógeno en Aragón	SI	-	-
	Búsqueda de sinergias y aprovechamientos de los esfuerzos de otras iniciativas de divulgación científica con más largo recorrido (noche de los investigadores, semana de mujer y ciencia, etc.)	MEDIA	Numero de colaboraciones con otros eventos temáticos	5	7	Actuaciones reportadas por la FHa
	Sensibilización y formación mediante eventos demostrativos. Acercar los avances tecnológicos a la ciudadanía demostrando sus aplicaciones la vida cotidiana.	MEDIA	Nº de eventos demostrativos públicos	10	2	FHa

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Sensibilización y concienciación social	Publicaciones y apariciones con carácter divulgativo, tanto en prensa generalista, programas audiovisuales o RRSS	ALTA	N.º apariciones	200	>200	Varias empresas y organismos

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

c) Línea transversal 3: Formación

Uno de los desafíos fundamentales para lograr una adecuada integración de las tecnologías del hidrógeno reside en contar con una formación y capacitación apropiada para los profesionales de los sectores involucrados, especialmente en el ámbito industrial y energético, abarcando todas las etapas de la cadena de valor. Es por ello que la línea de formación ha sido considerada en los distintos planes directores desde su inicio y mantiene su continuidad en el presente PDHA 2021-2025.

El PDHA 2021-2025 se centra en llevar a cabo acciones orientadas a generar contenidos que se integren en la formación reglada, abarcando tanto niveles superiores como medios, así como en la formación no reglada. Estas

acciones se dirigen tanto a nivel individual como a intervenciones específicas en sectores concretos.

Durante la mesa de trabajo se recogió la información al respecto, señalando como foco de especial importancia el fomento de la cualificación de la población activa, ya que son muchas las empresas que van a introducir el hidrógeno en sus procesos y se necesitará formar a sus empleados en nuevas competencias (upskilling) y también fomentando el reciclaje profesional (reskilling). Esta tarea se llevará a cabo mediante la creación de módulos formativos diseñados específicamente para satisfacer las necesidades identificadas y solicitadas por los diversos generadores y usuarios.

Imagen 23: Sesión de trabajo del proyecto GreenSkills4H2.



Las actividades propuestas en el PDHA 2021-2025 y su grado de cumplimiento son las siguientes.

ACCIÓN: FORMACIÓN

- **Actuación. Acciones de apoyo a la inclusión del hidrógeno en la formación profesional: Certificados de profesionalidad, titulación específica, etc.** Se ha superado ya el objetivo indicado con la puesta en marcha de 3 actuaciones de apoyo en el ámbito de la formación profesional. A nivel nacional, Aragón ha liderado la iniciativa al introducir un curso de especialización para la Formación Profesional, impartido desde el curso 2023-2024 en el CPIFP Pirámide bajo el título 'Operación, mantenimiento y seguridad de sistemas de hidrógeno'. Este avance representa un hito significativo para el ámbito educativo en Aragón, consolidándose el CPIFP Pirámide como miembro de la Red Estatal de Centros de Excelencia en el área de las Energías Renovables. Ligado a esta actividad también se han impartido cursos desde CPIFP Pirámide en tecnologías del hidrógeno para el profesorado de FP de todas España. Además, en el Instituto IES Miralbueno de Zaragoza, gracias a la colaboración con la FHa y otros centros educativos nacionales, se ha llevado a cabo la formación de profesores en tecnologías del hidrógeno. Asimismo, se han realizado actualizaciones en sus instalaciones y talleres, incorporando equipos de generación de hidrógeno, y destacando la adquisición de un vehículo de pila de combustible de hidrógeno, Toyota Mirai.

- **Actuación. Formación específica en cursos de formación online de corta duración, de 20 a 50 horas.** Se han desarrollado 14 actuaciones formativas de corta duración y formato on-line por parte de la FHa.

- **Actuación. Implantación de estudios a nivel universitario en la Comunidad Autónoma.** En el ámbito universitario se ha desarrollado el MITH, Máster Interuniversitario de las Tecnologías del Hidrógeno. El convenio suscrito entre la Universidad de Zaragoza, la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, el Centro Público Integrado de Formación Profesional Pirámide de Huesca, Mondragón Unibertsitatea, la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, la Universitat Politècnica de Catalunya, la Universitat Rovira i Virgili, la Escuela de Organización Industrial, y otras entidades como los centros de formación profesional de Cataluña y del País Vasco (Centro de Formación Profesional Comte de Rius, Centro de Formación Profesional Institut Escola del Treball y Centro Integrado de Formación Profesional Somorrostro),



Imagen 24: Formación organizada por IES La Merced en las instalaciones de FHa para el proyecto ERASMUS+ EHTA2 (Education In Hydrogen Technologies Area 2)

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

así como la Escuela de Organización Industrial (EOI), una fundación pública adscrita al Ministerio de Industria a través de la Secretaría General de Industria y PYME, ha posibilitado la implementación de un máster innovador. Este programa se destaca por ser impulsado desde la propia industria y estar dirigido a profesionales interesados en el potencial de esta nueva tecnología para contribuir a la transición energética. El máster, actualmente en su tercera edición, se lleva a cabo en cuatro ubicaciones: Bilbao, Barcelona, Tarragona y Zaragoza, con una modalidad virtual síncrona predominante y una dedicación a horas de prácticas presenciales, ofreciendo así una propuesta educativa diferenciada.

Imagen 25: Premios Fundación Hidrógeno Aragón 2024.



Imagen 26: Simulación de actuación de emergencia ante un accidente con un vehículo de hidrógeno (FCEV).

- **Actuación. Convocatorias anuales de Premios Fundación Hidrógeno Aragón.** Se siguen convocando anualmente los premios de la FHA para fomentar y reconocer los méritos de estudiantes de grado, máster y doctorado.
- **Actuación. Generación modular de contenidos enfocados a diferentes ámbitos empresariales y diferentes niveles formativos en la cadena de valor del hidrógeno.** Se han contabilizado 22 módulos diferentes desarrollados. Los más llamativos durante este periodo han sido los desarrollados en el marco del proyecto HyResponder en el que participan los bomberos de Zaragoza y tiene como objetivo la formación de seguridad con hidrógeno enfocada principalmente a los equipos de respuesta rápida como los bomberos.

- **Actuación. Formación para evaluadores: Realizar unas guías básicas para informar a los técnicos evaluadores de proyectos de la administración pública sobre las tecnologías del hidrógeno.** Se han desarrollado dos guías, superando así el objetivo. Ambas han sido desarrolladas por la FHA estando una dirigida específicamente al Gobierno de Aragón y abarcando la otra un nivel nacional.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

Tabla 7: Formación: actuaciones con actividad y grado de cumplimiento de los objetivos.

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Formación	Acciones de apoyo a la inclusión del hidrógeno en la formación profesional: Certificados de profesionalidad, titulación específica, etc.	ALTA	Acciones en el ámbito aragonés para el apoyo a la inclusión del hidrógeno en el ámbito de la formación profesional	2	3	IES Miralbueno y IES Pirámide con participación de FHa
	Formación específica en cursos de formación online de corta duración, de 20 a 50 horas	ALTA	N.º de actuaciones formativas desarrolladas	5	14	FHa
	Implantación de estudios a nivel universitario en la Comunidad Autónoma	ALTA	N.º de actuaciones formativas desarrolladas	1	1	MITH- Máster interuniversitario de tecnologías del H2
	Fomentar y reconocer los méritos de los estudiantes de grado, máster y doctorando a nivel Nacional/Internacional	ALTA	Convocatorias anuales de Premios Fundación Hidrógeno Aragón	1/año	Si	Premios anuales de la FHa
	Generación modular de contenidos enfocados a diferentes ámbitos empresariales y diferentes niveles formativos en la cadena de valor del hidrógeno	ALTA	N.º de cursos desarrollados	50	22	FHa, en colaboración con BMB ZGZ y centros de formación europeos

ACCIONES	ACTUACIONES	PRIORIDAD	INDICADOR	OBJ. 2025	RESULT. 2023	COMENT.
Formación	Formación para evaluadores: Realizar unas guías básicas para informar a los técnicos evaluadores de proyectos de la administración pública sobre las tecnologías del hidrógeno	MEDIA	N.º de guías realizadas	1	2	FHa

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

4.3 TABLA RESUMEN DE ACCIONES Y ACTUACIONES TRAS LA EVALUACIÓN INTERMEDIA

LÍNEA 1: PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Producción de hidrógeno verde por electrólisis	Estudio del potencial de energías renovables en Aragón que se podría destinar a la generación de hidrógeno verde	No se modifica
	I+D+i en electrolizadores de membrana de intercambio aniónico (AEM)	No se modifica
	I+D +i en electrolizadores más eficientes y menor coste de producción de hidrógeno	Nueva redacción: I+D+i en desarrollo de diferentes tipos de electrolizadores (PEM; SOEC, Alcalinos)
	Producción componentes de electrolizadores y otros bienes de equipo incluidos en la cadena de valor de producción de hidrógeno verde	No se modifica
	Producción de hidrógeno verde por electrólisis con electricidad de la red utilizando el sistema de Garantías de Origen.	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Producción de hidrógeno con otras tecnologías	I+D en la producción de hidrógeno mediante tecnología fotoelectroquímica	No se modifica
	Producción de hidrógeno a partir de diferentes tipos de residuos. Mejora de tecnologías asociadas, especialmente las de gasificación	No se modifica
	Producción de hidrógeno mediante reformado de biometano	Nueva redacción: Producción de hidrógeno mediante otros procesos. (reformado de hidrocarburos, procesos químicos o biológicos)

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Extracción de hidrógeno natural		Nueva actuación: Actuaciones de prospección de existencia de hidrógeno natural en Aragón

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

LÍNEA 2: ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Gas a presión	En relación a proyectos integrales: optimización economía a escala. Complementariedad hidroductos de hidrógeno renovable industrial próximo a punto de consumo y gaseoducto virtual de alta presión para uso vehicular	Nueva redacción: Desarrollo de tube trailers o camiones cisterna para transporte a alta presiones (mayor de 200 bares)
	Creación de un HUB base de hidrógeno (con producción centralizada y verde) desde donde se distribuya por carretera a puntos de consumo	No se modifica
	I+D+i en reducción de costes compresión /mejora de eficiencia de proceso	No se modifica
	Banco de ensayos para análisis de materiales y componentes de la red de transporte de gas en alta presión.	No se modifica
	Contenedores de transporte intermodal a medida de cliente o del mercado.	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Hidrógeno líquido	I+D en optimización de sistemas para almacenamiento y manipulación de hidrógeno líquido	No se modifica
	Proyecto demostrativo en aeropuerto de Teruel de suministro de hidrógeno líquido para futuras aeronaves.	Se elimina como acción de la Linea 2 y se traslada a Linea 3

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Carriers (NH3, LOHC, etc.)	Análisis de la posibilidad de suministro con NH3 renovable desde producción a gran escala	Nueva redacción: Desarrollo del transporte y almacenamiento en diferentes carriers

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Transporte y distribución gasoducto/ Hidroducto	Definición de una red vertebral de hidroductos (Eje Ebro+conexión con áreas de almacenamiento salinos + principales polígonos industriales+ áreas de producción renovable)	No se modifica
	Proyectos reales de inyección de hidrógeno a red gasista a escala demostración (casos reales con blending progresivo hasta transporte de hidrógeno puro)	No se modifica
	Proyectos enfocados en la cadena de suministro, que optimicen la complementariedad entre sistemas de almacenamiento móviles, hidroductos y red gasista.	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Almacenamiento subterráneo	Mapeo de ubicaciones almacenamiento subterráneo ligado a renovables y análisis tecno-económico	No se modifica
	Estudio de análisis de medida de seguridad aplicable a los almacenamientos subterráneos	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Hidrogenaras	Proyecto del corredor de hidrogenaras vinculando a las flotas cautivas del sector logístico con ubicaciones en los principales puntos: PLAZA, Stellantis, Huesca, Teruel...	No se modifica
	Plan público-privado de despliegue de hidrogenaras y su conexión con otras regiones	No se modifica

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

LÍNEA 3: APLICACIONES DEL HIDRÓGENO

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Impulso a la movilidad con hidrógeno	Estudio de costes de movilidad con hidrógeno (adecuación de estudios nacionales e internacionales a los posibles cambios que requiera la realidad geoestratégica e industrial de Aragón)	No se modifica
	Proyectos demostrativos de movilidad en flotas cautivas locales (Taxis, autobuses, furgonetas de última milla, limpieza pública, etc.) así como en transporte pesado.	No se modifica
	Desarrollo de movilidad ferroviaria con hidrógeno. Desarrollo de componentes, integración y puesta en marcha de proyecto demostrador	No se modifica
	Fomento del hidrógeno en el sector aeronáutico. Desarrollo de equipos especiales (depósitos de hidrógeno criogénico, integración en fuselaje, etc.), proyecto demostrativo en PLATA	No se modifica
	Fomento del hidrógeno en el sector agropecuario: adaptación del hidrógeno a maquinaria agrícola especial, electrificación de aperos de transmisión eléctrica de potencia, usos del hidrógeno para nuevos robots agrícolas	Nueva redacción: Fomento del hidrógeno en nichos de movilidad como transporte pesado, construcción, minería, sector agropecuario, etc.

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Uso de hidrógeno para generación térmica y eléctrica	Desarrollo de unidades auxiliares de energía (APU) con diferentes tecnologías de pila de combustible para su uso en vivienda, comercio o turismo o aplicaciones temporales	No se modifica
	Demostración a escala industrial de la combustión de hidrógeno en turbina de gas.	No se modifica
	Desarrollo o adaptación de calderas/quemadores para uso con mezclas de H ₂ /GN	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Uso de hidrógeno como materia prima	Definición caso de uso para gran proyecto integral (generación hidrógeno limpio-consumo)	No se modifica
	Utilización de hidrógeno renovable para producción de amoníaco renovable	No se modifica
	Producción de combustibles renovables alternativos mediante el uso de hidrógeno	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Desarrollo de pilas de combustible y otros componentes asociados		Nueva actuación: I+D en desarrollo de Pilas de combustible y otros componentes asociados para su integración

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

LÍNEA TRANSVERSAL 1: DESPLIEGUE DE MERCADO

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Desarrollo de marco regulatorio y normativo	Establecimiento de un marco regulatorio y normativo claro para dar seguridad y estabilidad a las empresas con capacidad de inversión para el desarrollo de tecnologías y proyectos demostrativos	No se modifica
	Definir instrumentos financieros concretos para el fomento de las inversiones, siempre de forma coordinada con la estrategia nacional y relacionado con los Fondos Europeos	No se modifica
	Desarrollo e implementación de Sistemas de Garantía de Origen	No se modifica

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Fomento de la Cadena de valor y transferencia de tecnología	Proyectos demostrativos integrales en toda la cadena de valor del hidrógeno	No se modifica
	Acciones de colaboración entre clúster y entidades sectoriales, con los organismos de I+D+i (FHA, universidades, ITA, etc.) para el impulso de la diversificación de las empresas en toda la cadena de valor del hidrógeno. Transferencia de conocimiento y tecnología	No se modifica
	Implementación de estructuras colaborativas para el desarrollo y demostración de componentes, escalables y abiertas a la participación de empresas	No se modifica

LÍNEA TRANSVERSAL 2: COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Sensibilización y concienciación social	Informar y ayudar a las empresas con acciones divulgativas por sectores	No se modifica
	Organización de la semana del hidrógeno en Aragón para trabajar con el ámbito educativo. Crear un espacio experimental, que podría hacerse coincidiendo con el día mundial del hidrógeno	No se modifica
	Búsqueda de sinergias y aprovechamientos de los esfuerzos de otras iniciativas de divulgación científica con más largo recorrido (noche de los investigadores, semana de mujer y ciencia, etc.)	No se modifica
	Sensibilización y formación mediante eventos demostrativos. Acercar los avances tecnológicos a la ciudadanía demostrando sus aplicaciones la vida cotidiana.	No se modifica
	Publicaciones y apariciones con carácter divulgativo, tanto en prensa generalista, programas audiovisuales o RRSS	No se modifica

04. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA Y ACTUALIZACIÓN

LÍNEA TRANSVERSAL 3: FORMACIÓN

ACCIONES	ACTUACIONES PDHA 2021-2025	REVISION INTERMEDIA 2023
Formación	Acciones de apoyo a la inclusión del hidrógeno en la formación profesional: Certificados de profesionalidad, titulación específica, etc.	No se modifica
	Formación específica en cursos de formación online de corta duración, de 20 a 50 horas	No se modifica
	Implantación de estudios a nivel universitario en la Comunidad Autónoma	No se modifica
	Fomentar y reconocer los méritos de los estudiantes de grado, máster y doctorando a nivel Nacional/Internacional	No se modifica
	Generación modular de contenidos enfocados a diferentes ámbitos empresariales y diferentes niveles formativos en la cadena de valor del hidrógeno	No se modifica
	Formación para evaluadores: Realizar unas guías básicas para informar a los técnicos evaluadores de proyectos de la administración pública sobre las tecnologías del hidrógeno	No se modifica

05

RESULTADOS
GLOBALES

05. RESULTADOS GLOBALES

Además de los indicadores por línea de actuación que se han analizado en el capítulo anterior, el Plan Director proponía una serie de indicadores de seguimiento globales, así como indicadores de resultado e indicadores de gestión.

En el PDHA 2021-2025 se ajustó el número de indicadores globales para simplificar el proceso de evaluación en relación con los periodos anteriores y también, para resaltar los resultados y actividades más importantes llevadas a cabo.

El resultado de la monitorización de los tres tipos de indicadores globales establecidos en el plan se muestra en los apartados siguientes:



5.1 INDICADORES DE SEGUIMIENTO GLOBALES

Los indicadores de seguimiento globales analizan magnitudes generales de la actividad realizada en Aragón ligada a las actividades del hidrógeno, como son el número de proyectos realizados, tesis llevadas a cabo y empresas involucradas en el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno.

- Es importante resaltar que el recuento del número de proyectos realizado (159 proyectos) abarca exclusivamente proyectos técnicos de desarrollo, excluyendo las actividades relacionadas con la difusión, sensibilización y formación. Estas últimas constituyen una cifra considerable y su exclusión busca evitar distorsiones en la percepción global del progreso en el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno. Teniendo en cuenta esta distinción, la cifra de proyectos desarrollados en este periodo duplica a los reportados en el periodo de vigencia de todo el plan director anterior (2016-2020) en el que se contabilizaron 77 proyectos.
- El número de tesis realizadas en este periodo en el ámbito del hidrógeno son 11, de las cuales 2 todavía están en ejecución. Este número supera en más del doble a las reportadas en el periodo anterior. Este indicador subraya la creciente

relevancia de las tecnologías del hidrógeno, evidenciando el aumento en la formación de profesionales con profundos conocimientos en este ámbito. El recuento de este indicador se ha realizado tomando en cuenta el número de tesis que se han presentado a las convocatorias de premios de FHa en este periodo. Es decir, se han contabilizado todas las tesis que han sido enviadas y aceptadas como participantes en dichas convocatorias para evaluar el desempeño de este indicador.

- Se han contabilizado 157 entidades involucradas en tecnologías del hidrógeno. Se incluyen las 90 entidades que forman hoy en día el Patronato de la Fundación, en este periodo la Fundación ha experimentado un notable crecimiento al sumar la incorporación de 12 nuevos patronos. Además, se añaden las 67 entidades aragonesas con los que se ha contactado para el desarrollo de la revisión intermedia, pues se tiene constancia de su actividad e interés en las tecnologías del hidrógeno.

Tabla 8: Indicadores de seguimiento globales

Indicadores	Valor a mitad de periodo (2021-2022-2023)	Fuente
N.º proyectos financiados relacionados con el hidrógeno en Aragón	159	FHa, empresas y organismos participantes
N.º tesis en el ámbito del hidrógeno	11	FHa
N.º empresas involucradas en tecnologías del hidrógeno	157	FHa, empresas y organismos participantes

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

05. RESULTADOS GLOBALES

5.2 INDICADORES DE RESULTADO

Los indicadores de resultado seleccionados miden principalmente los efectos económicos relacionados con el cumplimiento del Plan Director.

- **Inversión global:** incluye las inversiones declaradas por las empresas y organismos en relación con las tecnologías del hidrógeno en Aragón. En la tabla 9 se han incluido estas inversiones que ascienden, según la información reportada por los agentes consultados, a más de **96 Millones de €**.

En esta cifra no se han incluido los presupuestos reportados en relación con los proyectos integrales que suman más de 3.300 Millones de €. Esta cifra, reportada por las empresas promotoras, incluye la globalidad de las inversiones estimadas en la ejecución de los proyectos integrales en su totalidad. Como se ha comentado anteriormente estos proyectos se encuentran en diferentes fases de desarrollo y se ha considerado que las cifras desvirtúan la realidad de ejecución en el momento actual. Por ejemplo, solamente el proyecto Catalina supera los 1.800 Millones de euros declarados como inversión en toda la cadena de valor.

El monto de las inversiones realizadas por estos proyectos durante la segunda parte del periodo de vigencia del PDHA 2021-2025 será recogido en la revisión que se realizará previa a la definición del siguiente Plan Director 2026-2030.

Así pues, la inversión total contemplada es superior a los 96 Millones de € y casi triplica a la inversión realizada en Aragón durante todo el periodo de vigencia del plan anterior que fue de aproximadamente 35 Millones de €.

- **Retorno global en convocatorias públicas:** hace referencia a la financiación recibida en proyectos relacionados con el hidrógeno por las **empresas y organismos aragoneses** en convocatorias públicas, incluyendo convocatorias regionales, nacionales y europeas. En relación con lo comentado en el indicador de inversión global, el retorno en convocatorias públicas de esos 93 Millones de euros, supera los **59 Millones de €**.

Esta cifra **duplica** la obtenida en el periodo de ejecución del plan anterior que ascendía a más de 25 Millones de €.

Así mismo no se ha incluido las cifras reportadas por los promotores de los proyectos integrales, y que asciende a más de 1.300 Millones de € (es importante señalar de nuevo que no se ha recibido información de todos los proyectos, ya que algunos de ellos se encuentran en diferentes fases de tramitación.)

- **Retorno obtenido por las empresas aragonesas en convocatorias públicas:**

El retorno obtenido por las **empresas aragonesas en convocatorias públicas**, e incluyendo también la **venta de servicios** a otras empresas es de aproximadamente 35 Millones de Euros. Esta cifra supera el retorno total obtenido en todo el periodo de vigencia del plan anterior y multiplica por más de diez los 2'3 millones de euros que se reportaron en la anterior evaluación intermedia.

Hay que destacar que, de esta cantidad, más de 700.000 euros corresponden a venta de servicios al exterior realizados por los agentes aragoneses y da una visión del Know How adquirido y su retorno por estos servicios en proyectos no aragoneses



Tabla 9: Indicadores de resultado

Indicadores	Valor a mitad de periodo (2021-2022-2023)	Fuente
Inversión global declarada en Aragón en tecnologías del hidrógeno.	>96 Millones de €	FHa y empresas y organismos que han respondido a los cuestionarios. No incluidos los proyectos integrales
Retorno global obtenido en convocatorias públicas (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible.	>59 Millones de €	FHa, empresas y organismos que han respondido a los cuestionarios. No incluidos los proyectos integrales
Retorno obtenido por empresas en convocatorias públicas y en (regionales, nacionales y europeas) en proyectos específicos sobre hidrógeno y pilas de combustible.	≈ 35 Millones de €	Empresas que han respondido a los cuestionarios

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

05. RESULTADOS GLOBALES

Tabla 10: Indicadores de gestión

Indicadores	Valor a mitad de periodo (2021-2022-2023)	Fuente
Número de propuestas presentadas por la Fundación en el marco de programas internacionales	33	FHa
Número de convenios de colaboración con otras asociaciones/entidades para el desarrollo de proyectos conjuntos	23	FHa
Actuaciones en marcha respecto del total por línea de acción	90,4 %	FHa y empresas y organismos que han respondido a los cuestionarios
Actuaciones finalizadas respecto del total por línea de acción	75 %	FHa y empresas y organismos que han respondido a los cuestionarios

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

5.3 INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión miden cuantitativamente el comportamiento y el desempeño de las actividades de forma general.

En el PDHA 2021-2025 se simplificaron incluyendo solamente cuatro de ellos que son:

- Número de **propuestas presentadas por la Fundación** en el marco de programas internacionales asciende a 33, cifra que ha descendido respecto al mismo periodo del plan anterior que se contabilizaron 44, aunque el año 2021 se debe considerar prácticamente inhábil en este apartado por la escasez de convocatorias y programas de financiación debido al retraso que originó la pandemia de COVID-19 en la definición y lanzamiento de Horizonte

Europa como programa marco de investigación e innovación (I+I) de la Unión Europea (UE) para el período 2021 -2027.

- Número de **convenios de colaboración** con otras asociaciones/entidades para el desarrollo de proyectos conjuntos. El número de acuerdos asciende a 23, cifra superior a los realizados en el periodo anterior.

- Respecto a las **actuaciones en marcha y terminadas por línea de acción**, se muestra en la tabla 10 la cifra global, con todas las actuaciones incluidas en el plan. El 92,5 % son actuaciones ya iniciadas y de ellas el 75,5% ya han superado el indicador establecido para 2025. Solamente cuatro acciones están sin iniciar que suponen el 7,7% de total. En la tabla 11 se analizan estos indicadores por línea de acción.



Imagen 27: Participación de Javier Navarro en evento en Pau 2023 "Journées Territoriales de France Hydrogène".

Tabla 11: Actuaciones en marcha y terminadas por línea de acción

Línea de acción (nº actuaciones)	Evaluación a 2023		
	Actuaciones Iniciadas	Actuaciones con Indicador superado	Actuaciones No iniciadas
1- Producción de hidrógeno (9 actuaciones)	9%	67%	11%
2- Almacenamiento, transporte y logística (14 actuaciones)	79 %	57%	21%
3- Aplicaciones del hidrógeno (12 actuaciones)	100%	100%	-
4- Línea transversal 1: Despliegue de mercado (6 actuaciones)	100%	83%	-
5- Línea transversal 2: Comunicación y sensibilización (5 actuaciones)	80%	60%	20%
6- Línea transversal 3: Formación (6 actuaciones)	100%	83,3%	-

Fuente: FHa, empresas y organismos aragoneses participantes en la evaluación.

06

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

06. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de evaluación intermedia del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025 se considera un ejercicio clave para la región, la FHa, sus patronos, así como para las empresas y organismos que están realizando actividades en Aragón. Durante este período, se ha observado un impulso significativo al hidrógeno, especialmente al hidrógeno verde, respaldado por instituciones europeas e internacionales. Este impulso ha encontrado eco en España y, específicamente, en la región de Aragón.

La evaluación se llevó a cabo mediante un proceso participativo extenso, diseñado para recopilar la máxima cantidad de información disponible sobre los avances en el campo del hidrógeno en Aragón. Este enfoque se fundamentó en la recopilación de datos a través de un cuestionario y la organización de mesas de trabajo temáticas por cada línea estratégica. Es importante tener en cuenta que, debido a la naturaleza confidencial de algunos proyectos, no fue posible acceder ni mostrar la información correspondiente a dichos proyectos.

Imagen 28: FHa participa en el I Congreso Nacional de Hidrógeno Verde.



Es especialmente destacable la alta participación que se ha tenido en este proceso que como ya se ha reflejado ha superado a los procesos realizados en las definiciones de los planes anteriores. Los **principales números globales sobre el proceso participativo** son:

- Se han recibido **209 cuestionarios**
- **67 empresas y organismos** han respondido a los cuestionarios
- **92 empresas y organismos** han participado en el proceso participativo (cuestionarios + mesas)
- **213 personas** han participado en las mesas de trabajo

La evaluación realizada se ha dividido en dos bloques principales:

- Resultados por líneas de trabajo, estructurado en las líneas definidas en el plan director, tres de carácter técnico y tres transversales más una colaborativa.
- Resultados en términos globales.

6.1 RESULTADOS POR LÍNEAS DE TRABAJO

El análisis y evaluación del desarrollo de las líneas de trabajo, y del cumplimiento de las actuaciones y objetivos establecidos en las mismas, permite extraer las siguientes conclusiones:

Producción de hidrógeno:

- La línea de **producción de hidrógeno** cuenta con un alto grado de cumplimiento de las actuaciones incluidas. Se han iniciado todas las actuaciones propuestas menos una y el 66,6% de ellas ya ha superado el indicador propuesto para 2025. Las actuaciones recogidas en esta acción estratégica apoyan la producción de hidrógeno verde contribuyendo a alcanzar los objetivos fijados por los programas e iniciativas nacionales y europeas.
- Destaca la producción de **hidrógeno verde por electrólisis** debido al gran potencial que tiene la región en energías renovables. La línea estaba focalizada en la I+D y el desarrollo y mejora de electrolizadores y otros componentes. Las acciones de I+D están siendo ejecutadas en mayor medida de lo esperado, pero no así la producción por parte de las empresas de componentes de electrolizadores y otros bienes de equipo incluidos en la cadena de valor de producción de hidrógeno verde, siendo este uno de los indicadores con menor grado de cumplimiento.
- Respecto a la producción con otras tecnologías todas las acciones alcanzan un buen grado de desarrollo, destacando la producción de hidrógeno a través de la **gasificación de residuos**.

06.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En esta línea de trabajo y fruto de un proyecto que se está realizando en la región se ha incorporado una nueva acción estratégica que es la extracción de hidrógeno natural. Se contempla la posibilidad de que existan cantidades significativas de hidrógeno en el Pirineo, y se ha dado inicio al primer proyecto de prospección en este sentido.



Almacenamiento, transporte y distribución

- La línea de trabajo de **almacenamiento, transporte y distribución** ha experimentado, en su conjunto, un grado de desarrollo inferior en comparación con las otras líneas estratégicas. Este menor avance se atribuye principalmente a la inclusión de tecnologías relacionadas con el almacenamiento y transporte de hidrógeno líquido, las cuales, hasta la fecha, no han arrojado resultados concretos. Sin embargo, se mantiene en el PDHA 2021-2025 por el interés que despierta en ciertas empresas comenzar desarrollos entorno al hidrógeno líquido y su aplicación en Aragón.
- En el **transporte de gas a presión** la región sigue arrojando buenos resultados y siendo líder a nivel nacional. Uno de los proyectos más importantes la implantación de la nueva fábrica de Calvera para

producción de contenedores a presión y estaciones de repostaje de hidrógeno. El proyecto ya está en desarrollo y cuenta con una financiación de 6 millones de euros, para una inversión total de treinta millones.

- También se destacan los proyectos de desarrollo en torno a la inyección del hidrógeno en la **red gasista**, así como la puesta en marcha de **hidroductos**. En este campo destacan los proyectos demostrativos realizados por Enagás en su planta de Zaragoza, así como proyectos integrales que contemplan el transporte de hidrógeno por tubería.
- Por otra parte, respecto a la distribución de hidrógeno para movilidad, Aragón está siendo una región puntera en empresas que están desarrollando **estaciones de repostaje de hidrógeno** y también por la inminente puesta en marcha en Zaragoza de la **primera estación de repostaje de hidrógeno abierta al público** en España.
- Todas las actuaciones incluidas en esta línea de trabajo están alineadas con los objetivos nacionales y europeos de ampliar la infraestructura del hidrógeno de almacenamiento, transporte y distribución de hidrógeno, así como realizar actuaciones que permitan actualizar el marco regulador al respecto.

Aplicaciones del hidrógeno

- En la línea de **aplicaciones del hidrógeno** se sigue manteniendo un buen nivel en el desarrollo de **proyectos para movilidad**, con el cumplimiento de todos los objetivos marcados, especialmente en la puesta en marcha de flotas cautivas y fomento de transporte en sectores como el transporte pesado, construcción, minería, etc. La alineación de los objetivos de estos proyectos con las políticas europeas hacen referencia especialmente a los objetivos señalados en el Reglamento sobre la Infraestructura de los Combustibles Alternativos (AFIR).



- No obstante, lo especialmente destacable en el campo de las aplicaciones durante este periodo es el gran impulso que el uso del hidrógeno en la **generación térmica y eléctrica** ha tenido en la región, superando todos los indicadores fijados para 2025 y alineando así los objetivos del plan con las principales estrategias de las políticas de descarbonización marcadas desde Europa.
- De la misma forma el uso del hidrógeno como **materia prima**, especialmente en fabricación de **combustibles alternativos** también ha destacado en este periodo. Aunque muchos de esos proyectos están en fase de I+D., está ya también está confirmado el desarrollo de un gran proyecto de producción de **amoníaco renovable** que es otro de los nichos con mayor potencial de consumo definido en las políticas internacionales.
- El desarrollo de las tres acciones estratégicas anteriores fomenta la adopción del hidrógeno renovable, amoníaco y otros derivados en sectores difíciles de descarbonizar, como el transporte, y en procesos industriales de alto consumo energético, que es uno de los principales objetivos del acelerador de hidrógeno financiado por el programa REPowerEU y contemplado también en la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable en España.
- Por último, comentar que en esta línea se ha incorporado la acción de **Desarrollo de pilas de combustible y otros componentes asociados**, puesto que se han recibido información de 5 proyectos que se están ejecutando en este campo.

06.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Despliegue de mercado

- Las acciones de desarrollo del **marco regulatorio y normativo**, incorporadas en la línea de despliegue de mercado han tenido muy buenos resultados tanto con la participación de los organismos aragoneses en comités como en la participación de proyectos de definición del marco regulatorio y normativo. Actualizar la regulación es uno de los objetivos de las políticas europeas para que el despliegue de las tecnologías del hidrógeno cuente con la seguridad jurídica que necesitan los promotores.
- Las actividades de **fomento de la Cadena de valor y transferencia de tecnología**, al incluir en las mismas el desarrollo de **proyectos integrales** se ha convertido en una de las actuaciones principales en este Plan Director. Aragón se ha posicionado de forma contundente como una región idónea para el desarrollo de este tipo de proyectos, habiendo en cartera al menos 6 grandes proyectos con presupuestos que superan (entre todos los declarados) los tres mil millones de euros. Muchos de estos proyectos se van a desarrollar en áreas especialmente poco industrializadas como Teruel, lo que va a permitir la creación de un nuevo nicho de riqueza y empleo al mismo tiempo que se avanza en la consecución de los objetivos de descarbonización de la economía.

Comunicación y sensibilización

- Respecto a la **comunicación y sensibilización** que constituye la línea transversal 2, el avance de las medidas es satisfactorio. Destaca la importancia que se ha dado durante el proceso de revisión del Plan a redirigir las actuaciones de **sensibilización al tejido empresarial**, ya que la industria va a ser el principal desarrollador y consumidor de hidrógeno. Este enfoque se está implementando mediante acciones divulgativas sectoriales y la búsqueda de sinergias con otras iniciativas de divulgación emprendidas en la región.

Formación

- Finalmente, la línea transversal 3 referente a la **formación** ha alcanzado asimismo un buen grado de cumplimiento de las actividades propuestas, no obstante, se subraya la necesidad de promover de manera más activa la **calificación de la población activa**, a través de iniciativas de **upskilling y reskilling** en las empresas. Esto responde a las demandas que surgirán con la integración del hidrógeno en el sector empresarial.



6.2 RESULTADOS EN TÉRMINOS GLOBALES

La evaluación intermedia ha evidenciado el significativo progreso logrado durante este periodo en el desarrollo regional de proyectos de hidrógeno. Este avance se ha reflejado de manera destacada en los indicadores de seguimiento específicos por línea de trabajo.

Respecto a los resultados globales incluidos en el Plan Director los más destacados son los que recogen los siguientes indicadores:

- Se han reportado **159 proyectos técnicos**. Esta cifra triplica el número de proyectos desarrollados durante todo el periodo de vigencia del Plan director anterior. Estos proyectos hacen referencia a producción, almacenamiento, transporte y distribución, aplicaciones del hidrógeno y actividades de despliegue de mercado. La realización de los proyectos en Aragón está cubriendo toda la cadena de valor del hidrógeno estando así alineada con los objetivos europeos y nacionales.
- También se han visto superadas las cifras anteriores en **actividades de sensibilización, comunicación y formación**. Se destacan a este respecto las actividades **enfocadas a las empresas**, con la realización de comunicación especializada para diferentes sectores, así como módulos formativos específicos.
- El número de empresas involucradas en el desarrollo del hidrógeno en Aragón también ha tenido un aumento importante, llegando a una cifra de 157 empresas. Destaca a este respecto la **capacidad de Aragón para atraer inversiones exteriores**, ya que son varias las empresas que han decidido invertir en el desarrollo de proyectos integrales en la región. También el patronato de la FHa ha tenido un aumento de 12 organismos pasando de 78 en el periodo anterior a los 90 patronos actuales.

- La **inversión global** que se ha contabilizado como confirmada asciende a **96 Millones de €**, con un **retorno** a través de convocatorias públicas de más de **59 Millones de €**. Estas cifras triplican la inversión del periodo anterior y duplica el retorno. Las inversiones privadas en la región han obtenido un considerable aumento, siendo este uno de los objetivos principales de la política europea que ha incentivado esta inversión a través de la cofinanciación pública de grandes proyectos.

- En esta cifra no se han tenido en cuenta los **proyectos integrales**, cuyas inversiones declaradas son superiores a **3.500 millones de €**, con un retorno contabilizado hasta el momento superior a 1.300 millones de €. Como se ha comentado, estos proyectos están en diferentes fases de desarrollo y no han reportado presupuestos globales específicos sino cifras aproximadas, ni tampoco la concreción de ayudas recibidas. Lo que si hay que destacar es que la mayoría de ellos ya han sido declarados proyectos de interés regional o están en fase de solicitud. La importancia de estos proyectos es que están situando a Aragón como una de las regiones más activas en el desarrollo de grandes proyectos de hidrógeno, que además generaran empleo y riqueza en la región.

- Otro punto a destacar es que se han contabilizado más de 700.000 euros de retorno, para empresas de ingeniería principalmente, en la **puesta en valor de su Know How** adquirido en Aragón durante periodos anteriores y aplicado ahora en proyectos en otras regiones.

06.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El PDHA 2021-2025 incluía 51 actuaciones a las que se han sumado dos más, tras el proceso colaborativo desarrollado, estas son la extracción del hidrógeno natural y el desarrollo de pilas y componentes asociados, y se ha eliminado una quedando un total de **52 actuaciones** en las líneas de trabajo tras esta revisión intermedia.
- El **grado de cumplimiento es extraordinario**, tal y como demuestran los datos globales. Del total de actuaciones planificadas **ya han sido iniciadas el 90,4%** (todas excepto cinco) y se han **superado los indicadores establecidos para el 75 %** de ellas (lo que representan 39 actuaciones)

Imagen 29: La directora general de Promoción Industrial e Innovación del Gobierno de Aragón, Mar Paños, como vicepresidenta de la FHa, recoge el premio Energy Globe Award en España, en la Categoría Aire, otorgado al proyecto LIFE ZEROENERGYMOD, impulsado por la Fundación Hidrógeno Aragón (FHa), acompañada de su director gerente, Fernando Palacín.



6.3 RECOMENDACIONES OPERATIVAS

Durante la realización del proceso de evaluación intermedia del Plan Director ha quedado patente el gran compromiso de las entidades aragonesas en el desarrollo de proyectos relacionados con toda la cadena de valor del hidrógeno, siguiendo la senda iniciada tras la creación de la FHa y la publicación de los sucesivos planes directores del hidrógeno en Aragón desde el inicio.

También se ha tenido constancia del poder de atracción de la región para el desarrollo de grandes proyectos, impulsado por las buenas condiciones para la generación de energías renovables y por tanto de hidrógeno verde, la situación geográfica de Aragón, así como el apoyo financiero proveniente sobre todo de fondos europeos, a lo que se suma el apoyo del Gobierno de Aragón fomentando la figura de proyectos de interés regional para agilizar y facilitar la puesta en marcha de estos proyectos.

El **éxito del cumplimiento** del Plan Director ha quedado patente en esta revisión intermedia y es indiscutible. No obstante, se recogen una serie de recomendaciones operativas que han sido objeto de discusión entre los diferentes agentes y que permitirán finalizar con éxito el del PDHA 2021-2025, así como su aplicación para el siguiente Plan director.

Las principales recomendaciones son:

- El gran apoyo a las tecnologías del hidrógeno a nivel europeo y nacional viene acompañado, además de los programas de financiación, de la publicación de cambios legislativos y normativos. Entre ellos se encuentran la reciente publicación de los actos delegados, la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a normas comunes para los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno, etc. Por ello resulta de especial interés

para las empresas y organismos implicados realizar un **seguimiento en materia normativa y legal**, para disponer de la seguridad jurídica en el desarrollo de sus actuaciones. Este seguimiento puede estar apoyado por alguna actividad de recopilación de la normativa que se lleve a cabo desde la FHa y se ponga a disposición de todos los agentes que lo requieran.

- Las empresas promotoras de los grandes proyectos integrales iniciados en la región deben mantenerse **informadas de los plazos establecidos por la Comisión Europea para el compromiso y ejecución de los proyectos financiados con Fondos Europeos**, para no poner en riesgo las inversiones contempladas.
- Se debe mantener en la región de un **buen nivel de proyectos de I+D** que permitan el **desarrollo de nuevos productos y componentes** que sigan posicionando a Aragón como región líder en relación con el hidrógeno. En este sentido se debe hacer una **reflexión sobre las capacidades de transferencia de tecnología** de los centros de investigación a las empresas regionales y su capacidad para poner en marcha nuevos productos de los que la comunidad carece, como por ejemplo la producción y comercialización de electrolizadores y sus componentes asociados.
- Durante el desarrollo de los proyectos se recomienda hacer un **seguimiento exhaustivo del funcionamiento** para poder ir recabando datos al respecto, y mejorar a futuro los sistemas productivos y de uso, a través de la **aplicación de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial**.

06.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Todos los desarrollos tecnológicos que suponen una novedad en la sociedad requieren de conocimiento y formación. A este respecto se ha resaltado especialmente que las actividades que se realicen **respondan a las necesidades de las empresas y organismos**, y por otra parte que la **información difundida esté acompañada del desarrollo de la tecnología** de manera que no se levanten falsas expectativas en los futuros consumidores.
- El segundo periodo de vigencia del PDHA-2021-2025 debe destacarse por el trabajo a realizar para **desarrollar con éxito los proyectos iniciados**, cumplir con los objetivos establecidos en los mismos y posicionar a Aragón para que el siguiente Plan Director pueda constituir una **hoja de ruta más técnica** en la que puedan recogerse los primeros resultados de la puesta en marcha y la comercialización del hidrógeno y los productos en toda la cadena de valor.
- La realización de los Planes Directores del Hidrógeno en Aragón son una oportunidad para el **monitoreo y seguimiento de los proyectos** que se realizan en la región y la puesta en conocimiento para todo el sector (empresas, organismos de investigación, público en general). Los procesos participativos que se realizan constituyen asimismo un **foro de encuentro** en el que se pueden encontrar mecanismos de trabajo conjunto. Desde la FHa y todos sus patronos se anima a todas las agentes a participar en este proceso para entre todos encontrar la mejor hoja de ruta de desarrollo del hidrógeno en Aragón.



Imagen 30: Clausura del acto conmemorativo del vigésimo aniversario de la Fundación, presidido por la Vicepresidenta y Consejera de Presidencia, Economía y Justicia, María Del Mar Vaquero Perianez.

07

AGRADECIMIENTOS

07. AGRADECIMIENTOS

Una vez más, la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón desea expresar su profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la revisión y elaboración de la Evaluación Intermedia del Plan Director del Hidrógeno en Aragón 2021-2025.

Asimismo, queremos extender nuestra gratitud a los participantes en las mesas de trabajo convocadas específicamente para esta evaluación intermedia. Su conocimiento y dedicación han sido fundamentales para la actualización y adaptación de las líneas estratégicas y acciones previstas.

Por último, pero no menos importante, queremos reconocer el esfuerzo y compromiso al equipo de personas que conforman y trabajan diariamente en la Fundación.

Excma. Sra. D ^a . M ^a del Mar Vaquero Perianez	Presidenta del Patronato de la Fundación. Vicepresidenta y Consejera de Presidencia, Economía y Justicia del Gobierno de Aragón
Ilma. Sra. D ^a . M ^a del Mar Paños de Arriba	Vicepresidenta del Patronato de la Fundación. Directora General de Promoción Industrial e Innovación del Gobierno de Aragón.
D. Carlos Javier Navarro Espada	Asesor técnico ingeniero industrial del Gobierno de Aragón. Patrono a título nominativo de la Fundación.
Fernando Losada	ABEI Energy
Javier Quintanilla	ABEI Energy
Paula Nuñez	ABEI Energy
Elena Aguirre	ACCIONAPLUG
Isabel Maria Pascual	Acciona Generación Renovable, S.A.U.
Sixto Alonso	Acciona Generación Renovable, S.A.U.

Ignacio Cossio	Acciona Generación Renovable, S.A.U.
Roberto Asín	Acciona Generación Renovable, S.A.U.
Isabel Pascual	Acciona Generación Renovable, S.A.U.
Miguel Ayuso	AERA - Clúster Aeroespacial de Aragón
Juan Carlos Domingo	Air Liquide España
Ramón Olavarría	Air Liquide España
Marta Maroño	AIRBUS
Berta Gonzalvo	AITIIP
Jesus Montero	ARPA EMC
José Luis Díaz	ARPA EMC
Ines Carreras	ARPA EMC
Gonzalo Peña	ARPA EMC
Sergio Serrano	Asociación Española de Fabricantes Exportadores de Maquinaria para Construcción, Obras Públicas y Minería (ANMOPYC)
José Antonio García	AYESA
Jacob Sobreviela	Base Sistemas
Íñigo Benjumea	BENBROS ENERGY
Rafael Calvera	Calvera Maquinaria e Instalaciones S.L.
Celia Gordon	Capital Energy
Fernando Liso	Capital Energy
Julia Romeu	Carbuos Metálicos
Alfonso Arnedo	Centro Integrado de Formación Profesional Pirámide
Ana Ibáñez	Centro Integrado de Formación Profesional Pirámide

07. AGRADECIMIENTOS

Monica Aguado Alonso	CENTRO NACIONAL DE ENERGIAS RENOVABLES
Miguel Ángel Fernández	CENTRO NACIONAL DEL HIDRÓGENO
José María Herrero	Cerney (CLENAR)
Carlos Aranda	Cerney (CLENAR)
Francisco Cabrera	Cetil Dispensing Technology, S.L.
Eduardo Cembrano	Fundación Circe (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos)
Alessandro Truta	Fundación Circe (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos)
Víctor Rodrigo	CONSEJO ARAGONÉS DE CÁMARAS DE COMERCIO, INDUSTRIA Y SERVICIOS
Mº Jesus Lázaro	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)
Jonás Gurauski	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)
Antonio Lozano	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)
Isabel Suelves	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)
Aaron Garcia	Corporación Alimentaria de Guissona S.A.
Sergi Contelles	DEKRA
Gabriel Rojas	DEKRA
María Marínez	DEKRA
Noé Augusto Afonso	Deloitte
Alberto Arellano	Destilerías San Valero S.Coop
Raquel Fernandez	DH2 Energy España, S.L.
Paula de la Puente	DH2 Energy España, S.L.
Raúl Marqués	Diverxia Infrastructure
Michel Zarzuela	Ebropolis

Carlos Morilla	EDP
Borja Pinera	EDP
Mónica Sánchez	ENAGAS RENOVABLE
Luis Carlos Gutierrez	Enagás S.A.
Ignacio Ciordia	Enagás S.A.
Vanessa Aragonés	Endesa Generación, S.A.U. (ENEL)
José Mendez	Endesa Generación, S.A.U. (ENEL)
Lucía Ribero	Endesa Generación, S.A.U. (ENEL)
Vanesa Aragonés	Endesa Generación, S.A.U. (ENEL)
José Mendez	Endesa Generación, S.A.U. (ENEL)
Marcos Adán	ENERLAND
Víctor Ruiz	ENERLAND
Diego Embid	ENVISION ENERGY
Pilar Molina	Epic Power Converters S. L.
María Jaén	EPRI
Irene Aznar	Equimodal
Sergio Martín	Equimodal
Jerusalem Jaime	ESCIENCIA EVENTOS CIENTÍFICOS S.L.
Victor Gené	Escuela de Bomberos. Ayuntamiento de Zaragoza.
Juan Milla	Escuela de Bomberos. Ayuntamiento de Zaragoza.
Jesús García	EU ENERGY SOLUTIONS & INNOVATION S.L.
Javier Otín	Fabricación Compresores de Hidrógeno

07. AGRADECIMIENTOS

Carmen González	FEMZ
Luis Correas Usón	Fertinagro Biotech (Grupo Tervalis)
Shenchung Yu	FONT CORPORATION/RAVEN/HELIOS
Lorenzo Ortega	Fundación San Valero
Luis Dominguez	Ghenova
Alberto Lorenzo	Green Capital Power, S.L. (Capital Energy)
Joaquin Mora	Green Grouping
Jorge Gómez	GRUPO CÁMARA HUESCA (CÁMARA HUESCA Y FUNDESA)
Ricardo Almenara	Grupo Técnico RIVI
Luis Sacristán	H2GREEM Global Solutions
Alejandro Blanco	Hiperbaric
Rebeca Ruiz	Hiperbaric
Daniel Fantacone	Hydrogen Senior Advisor
Luis Guillermo Gerling	ICFO
Pedro Montaner	IDOM Consulting Engineering Architecture SAU
Rafael Pérez	IES Miralbueno
Pedro Ruiz	INDUSTRIAS QUIMICAS DEL EBRO, SA
Juan Muñoz	INSTALAZA S.A.
M ^a Carmen Mayoral	Instituto de Carboquímica CSIC
	Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A-UNIZAR)
Esther Izquiero	Instituto Geológico y Minero de España
María Jesús Lázaro	INSTITUTO NANOCIENCIA Y MATERIALES DE ARAGON (CSIC)

María García Camprubí	Instituto Tecnológico de Aragón (ITA)
Marcos Rubio Redondo	Inycom
Alberto Martín	Jorge S.L.
Miguel Gil	KALFRISA
Raquel Revilla	KALFRISA
Alfonso Allepuz	Laguens y Pérez S.L.U. (GRUPO LAPESA)
Rafael Gerona	Laguens y Pérez S.L.U. (GRUPO LAPESA)
Alfonso Allepuz	Laguens y Pérez S.L.U. (GRUPO LAPESA)
Rafael Gerona	Laguens y Pérez S.L.U. (GRUPO LAPESA)
Alfonso Allepuz	Laguens y Pérez S.L.U. (GRUPO LAPESA)
Franz Bechtold	LHYFE ES
Manuel Muñoz	Lumiker Aplicaciones Tecnologicas S.L
José María Canales	Mondragon Goi Eskola Politkenikoa José María Arizmendiarieta Sociedad Cooperativa
Guillermo Orduña	Munkun, estrategia, aprendizaje y comunicación
Alejandro Ibrahim	Plataforma Aeroportuaria-Teruel
Andrés Visus	PREDICTLAND
Javier Orus	PREDICTLAND
Javier Banús	Copenhagen Infrastructure Service Co.
Celia Gordon	Quantum Hydrogen
Carlos Delgado	Química del Cinca
Alberto Andrés	Redexis

07. AGRADECIMIENTOS

Alberto Cerezo	Redexis
Ana Cuadrat	SAICA
Miguel Lombarte	Sedigas
Juan Antonio Pérez	Sedigas
Francisco José Sichar	Sedigas
Pedro Palencia	Sedigas
Nicolás van Dijk	SFICE Innovative Minds SL
Laura López	SFICE Innovative Minds SL
Fernando Bagüés	Sistemiza Fluids Handling S.L.
Eduardo Arcos	SMARTENERGY Group AG
Juan Luis Soriano	SMARTENERGY Group AG
José María Llopis	SMARTENERGY Group AG
Jorge Parra	Smartpoint
Mario Escárraga Torres	Socotec Spain (BAC Engineering Consultancy Group)
Jesús La Parra	Solarig
Alejandro Cardona	SOLTEC
Daniel Soriano	SOLTEC
Mariana Alvarez	SOLTEC
Alejandro Cardona	Soltec Power Holdings, S.A.
Daniel Soriano	Soltec Power Holdings, S.A.
Mariana Alvarez	Soltec Power Holdings, S.A.
Sergio Sanmartin	Centro de Formación Somorrostro

Daniel Serón	SUNO GLOBAL
Rafael M ^a López	Taiichio and Wolf Projects SLU
Luis Correas	Tervalis Desarrollo S.A.
Luis Martinez	Turn2X
Mario Sánchez	Universidad Carlos III de Madrid
Alfredo Ortiz Sainz de Aja	Universidad de Cantabria
César García	Universidad de Zaragoza
Joaquín Coronas	Universidad de Zaragoza
José Angel Peña	Universidad de Zaragoza
Alberto Abánades	Universidad Politécnica de Madrid
David Asiain	UNIZAR La Almunia de Doña Godina
Jorge Giménez Yarza	Valeo Térmico SAU
Mario Alfonso Escárraga	Vea Qualitas S.L. SOCOTEC
Silvia Serrano	Vea Qualitas S.L. SOCOTEC
Ramón Pascual	VIA AUGUSTA, S.A.
Antonio Ros	VINCI ENERGIES SPAIN
Victor Fernandez	VODIK GREEN ENERGY
Yaiza Hortal	VODIK GREEN ENERGY
Zoilo Ríos	ZOILO RIOS S.A.
Maika Litago	ZOILO RIOS, S.A.
Judit Serra	2G Solutions of Cogeneration S.L

www.hidrogenoaragon.org

Subvenciona:

