



www.energy.imdea.org

Hidrógeno verde: integración de generación, consumo y ecodiseño

Moderador: IMDEA Energía, Félix Marín, responsable de Desarrollo y Transferencia de Tecnología.

Alsa, Miguel Ángel Alonso, Director de Ingeniería.

IMDEA Energía, María Beatrice Falasconi, Investigadora.

Matteco, Gonzalo Abellán, Co - Fundador y CTO.

Moeve, Carlos Alberto Prieto, Coordinador Dpto. Tecnologías de Transición Energética del Centro de Innovación.

Genera 19-11-2025

Estado de Desarrollo proyectos de electrólisis

Proyectos en España y Portugal. FID y Operativos

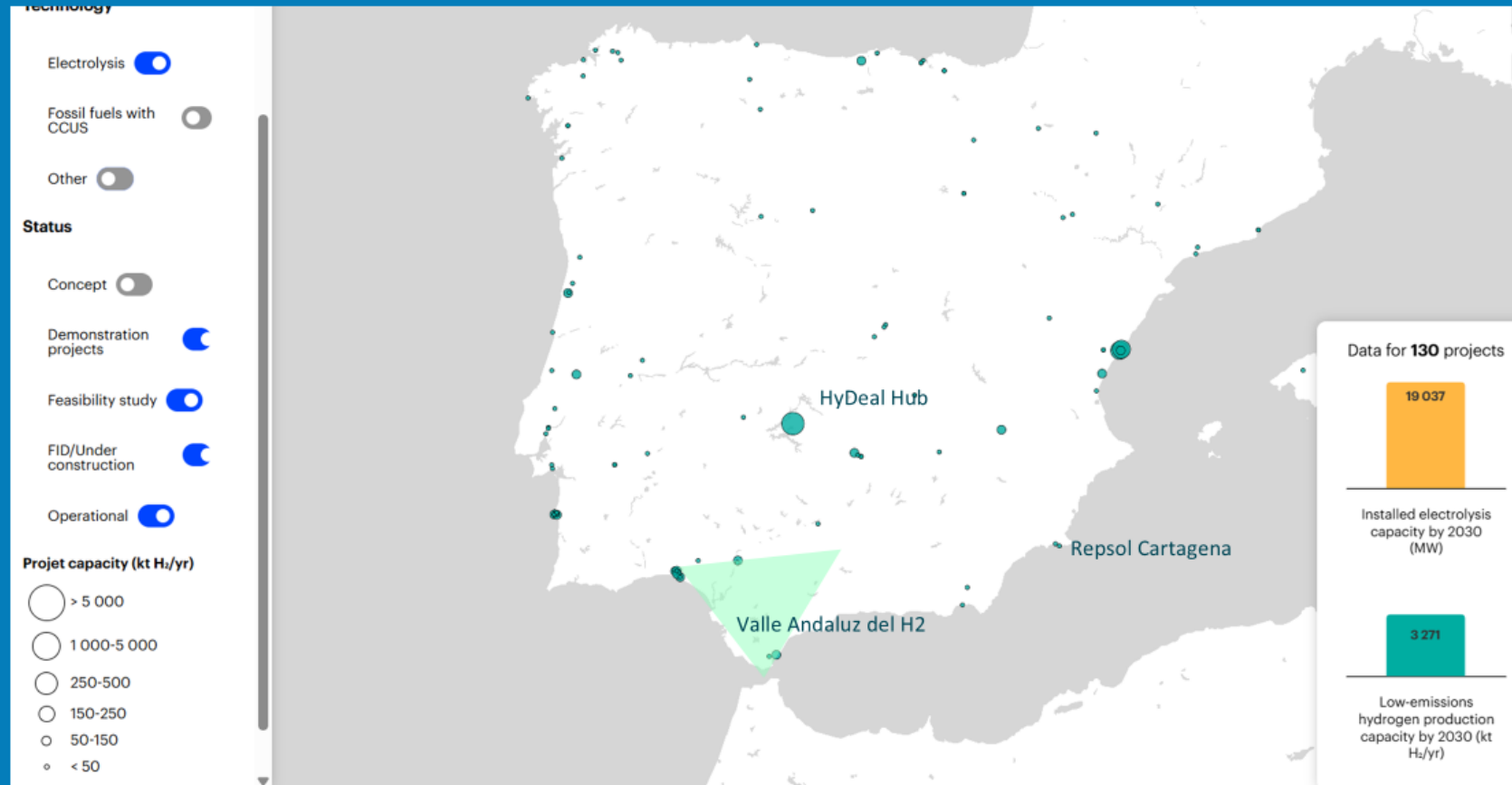


PNIEC 2030 = 12 GW
 29 proyectos = 244 MW

Proyectos en España y Portugal. Feasibility, FID y Operativos



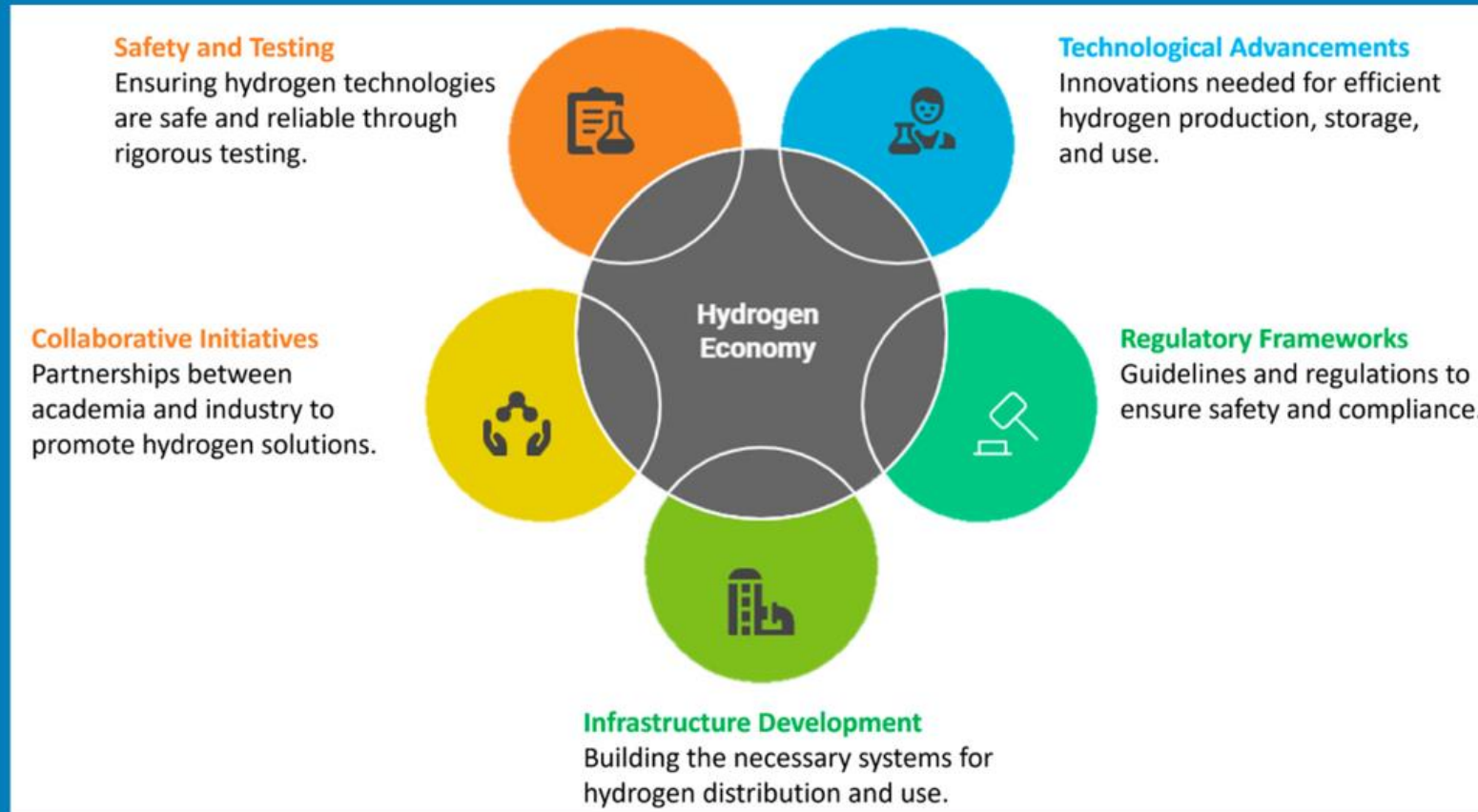
www.energy.imdea.org



PNIEC 2030 = 12 GW

130 proyectos = 19.04 GW

Hidrógeno verde: retos en el lado de la oferta y la demanda



Nayebossadri, S.; Walsh, M.; Smailes, M. *An Overview of the Green Hydrogen Value Chain Technologies and Their Challenges for a Net-Zero Future*. Hydrogen 2025, 6, 26. <https://doi.org/10.3390/hydrogen6020026>

Hidrógeno, la promesa energética verde

Motivo 1:
Ambiental Descarbonización de la economía

Alternativa en sectores difíciles de electrificar



Industrias pesadas



Transporte larga distancia



Almacenamiento de energía

Puede contribuir a reducir hasta

6 Gt/año

de emisiones de CO₂ hasta 2050

Motivo 2:
Geopolítica Independencia energética

Europa importa hoy

70%

de la energía que consume



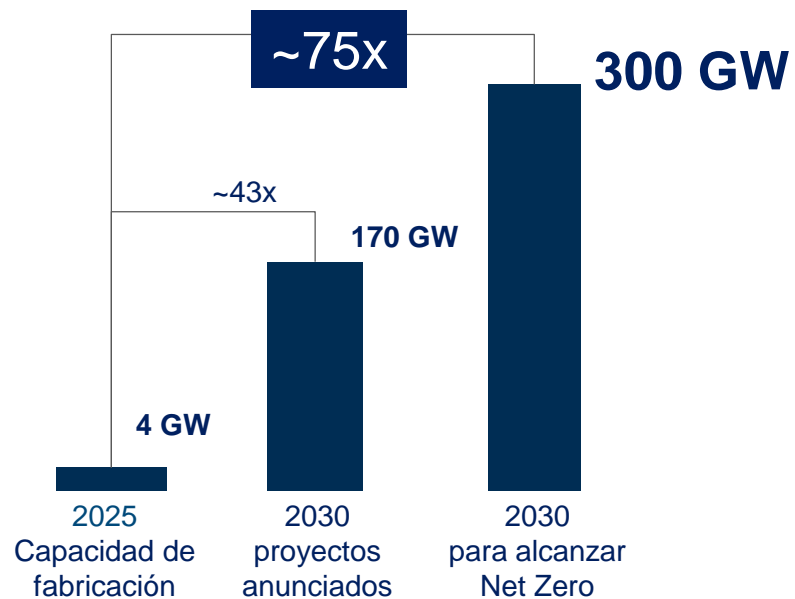
Fuente: Eurostat, IEA



Oportunidad | Tamaño del mercado

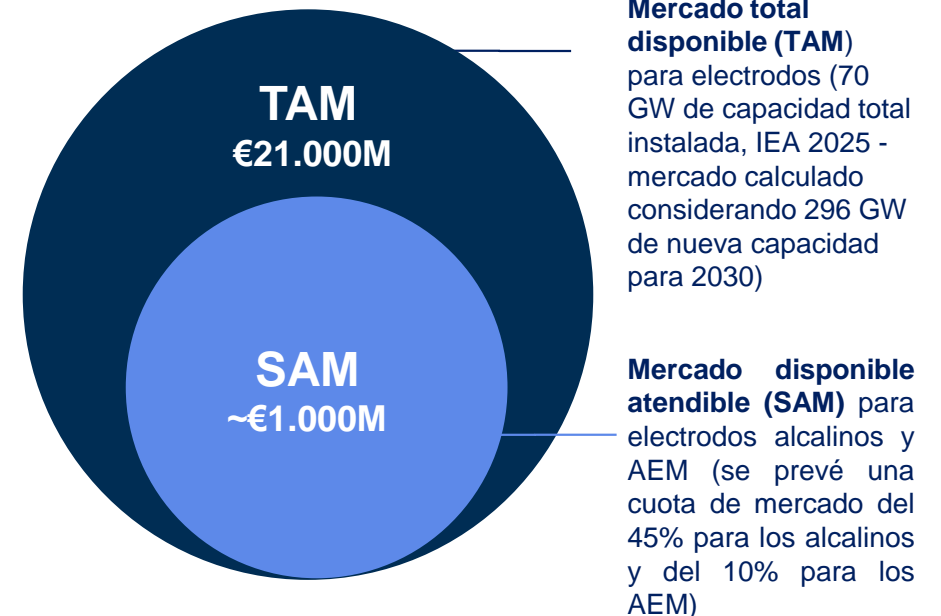
- La capacidad de electrólisis instalada se espera que crezca ~75x en 2030.
- Mercado preparado para expandirse hasta 300 GW en 2030 para emisiones cero en 2050

Previsión de la capacidad total instalada de electrólisis
(2025-30, en gigavatios)



Fuente: International Energy Agency (IEA)

Mercado potencial a 2030






Oportunidad | Tecnologías

- Cuatro tipos de electrólisis para satisfacer la demanda
- La tecnología alcalina es la más madura de las cuatro tecnologías; AEM, la más prometedora

Cuatro tipos de electrólisis para satisfacer la demanda

Alcalina 


Comercial (~60% cuota)

☒ Menor capex

☒ Libre de PGMs

☒ Madura

☐ Menor eficiencia

AEM 

Early stage

☒ Mayor eficiencia

☒ Menor capex

☐ En I+D

PEM

Comercial (~30% cuota)

☒ Probada

☐ Mayor capex

☐ Requiere PGMs

SOEC

Early stage

☒ Mayor eficiencia

☐ Requiere más calor

☐ En I+D

Proyección del coste de los electrolizadores por tecnología (€/kW)

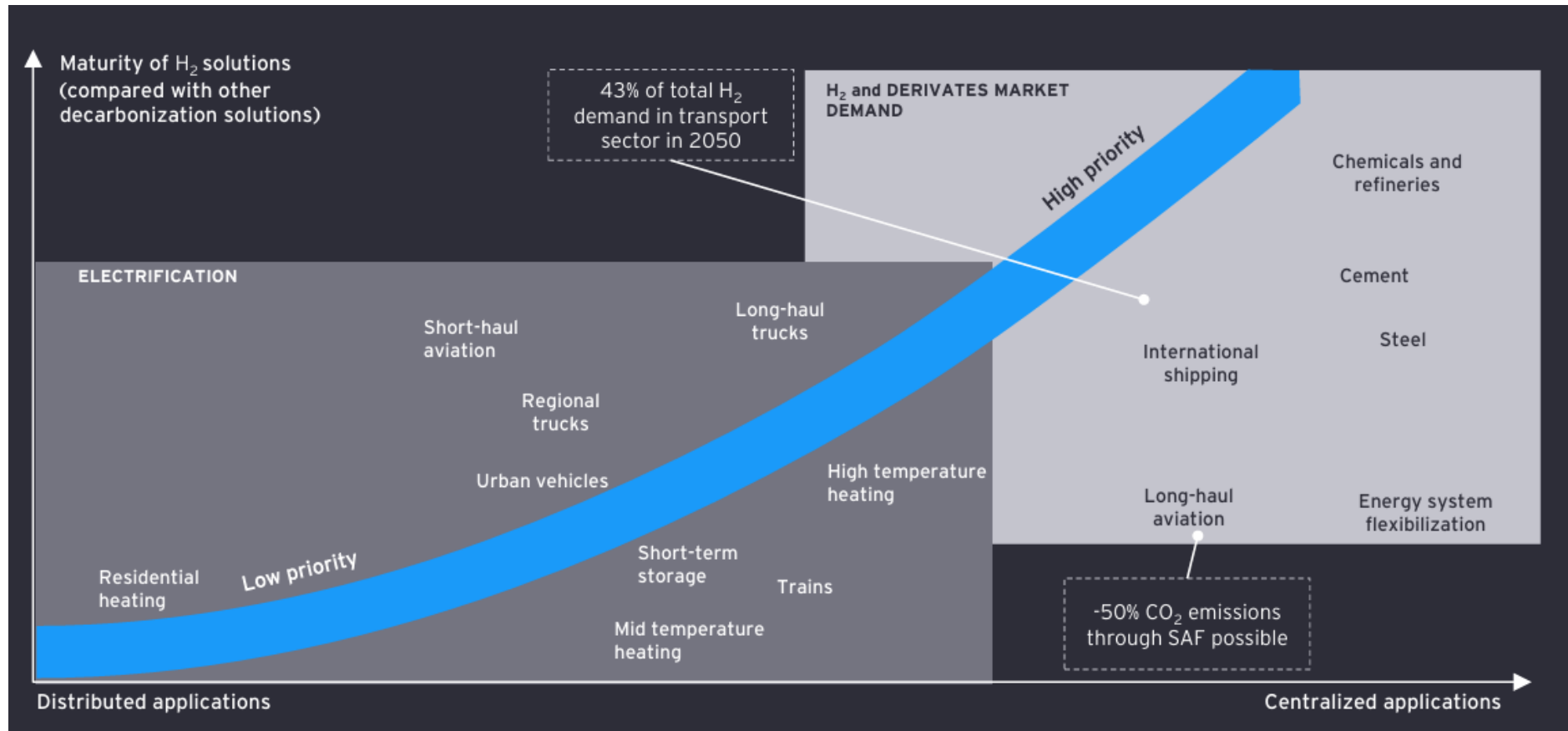
	2024	2030
Alcalina	950	530
AEM	550	300
SOEC	1.250	850
PEM	1.000	550

Fuente: IEA (2025), Clean H2 (2022), International Journal of Hydrogen Energy (2025)



Sectores de crecimiento

- Las tendencias globales del mercado muestran una fuerte utilización del hidrógeno y una clara diferenciación de casos de usos y sectores en comparación con la electrificación

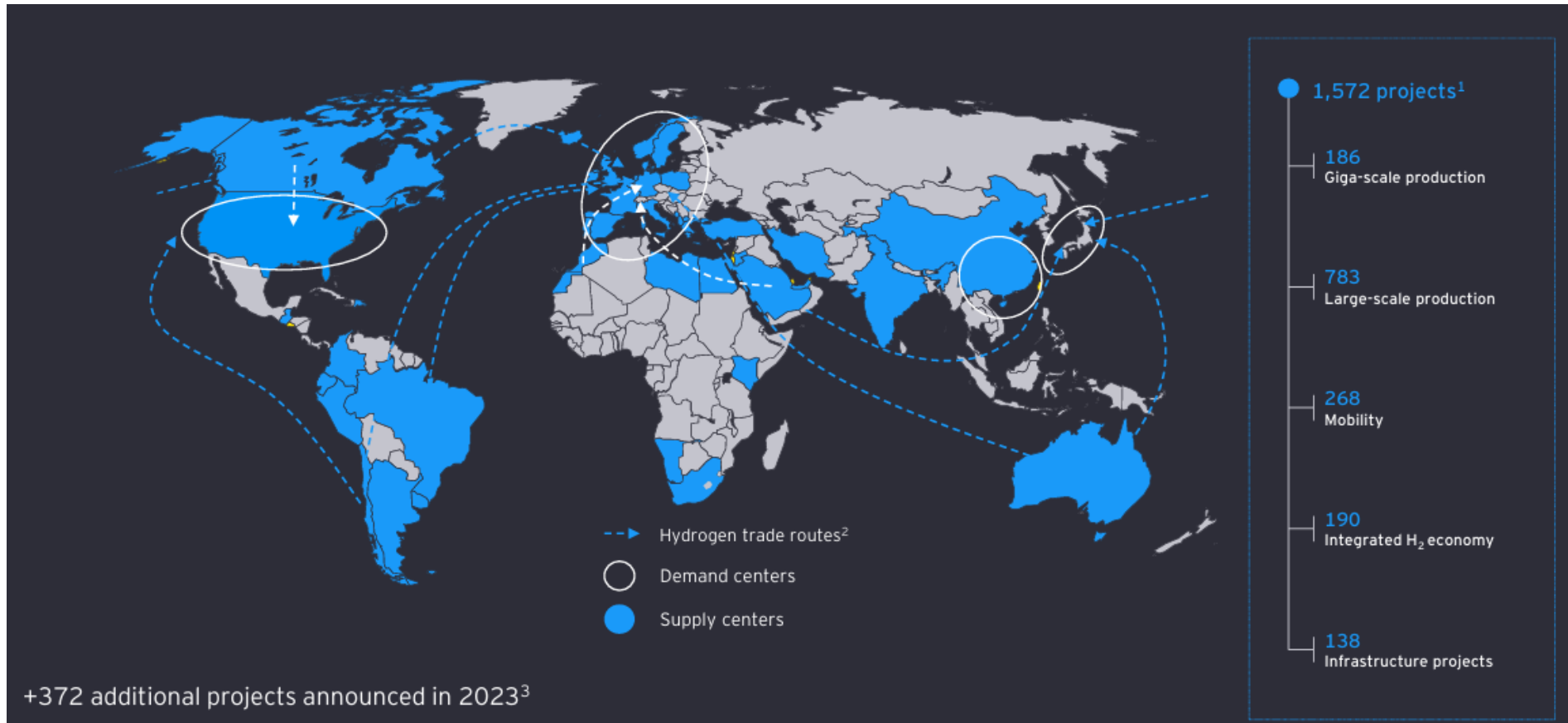


Fuente: EY



Cadena de valor y rutas comerciales

- Las nuevas cadenas de valor globales del hidrógeno permitirán en los próximos años exportar energía renovable a los centros de demanda mundiales



Fuente: EY



Potencial de crecimiento e inversión

- Empresas y agentes del ecosistema se están posicionando a través de megaproyectos y corredores verdes, mientras las instituciones públicas despliegan sus hojas de ruta

España acelera su apuesta por el hidrógeno verde con inversiones récord hasta 2030

por Belén Valdehita | Ago 14, 2025 | Aplicaciones, Proyectos e Investigación | 0 Comentarios



By Fuel Cells Works
September 26, 2025 at 9:28 AM EDT



HIDRÓGENO

Bruselas concede 992 millones a 15 proyectos de hidrógeno, 8 de ellos de España

Los proyectos ubicados en España, Alemania, Países Bajos, Finlandia y Noruega producirán alrededor de 2,2 millones de toneladas de hidrógeno renovable en un periodo de 10 años

Redacción
20/05/2025

España albergará la mayor planta de hidrógeno verde de Europa con una inversión superior a €3.000 millones

Por Revista Economía - 12 septiembre, 2025



Capacidad instalada de electrólisis en España 2025 vs. objetivo del PNIEC a 2030

32 MW



2025
Capacidad
instalada

13 GW



2030
Objetivo
PNIEC

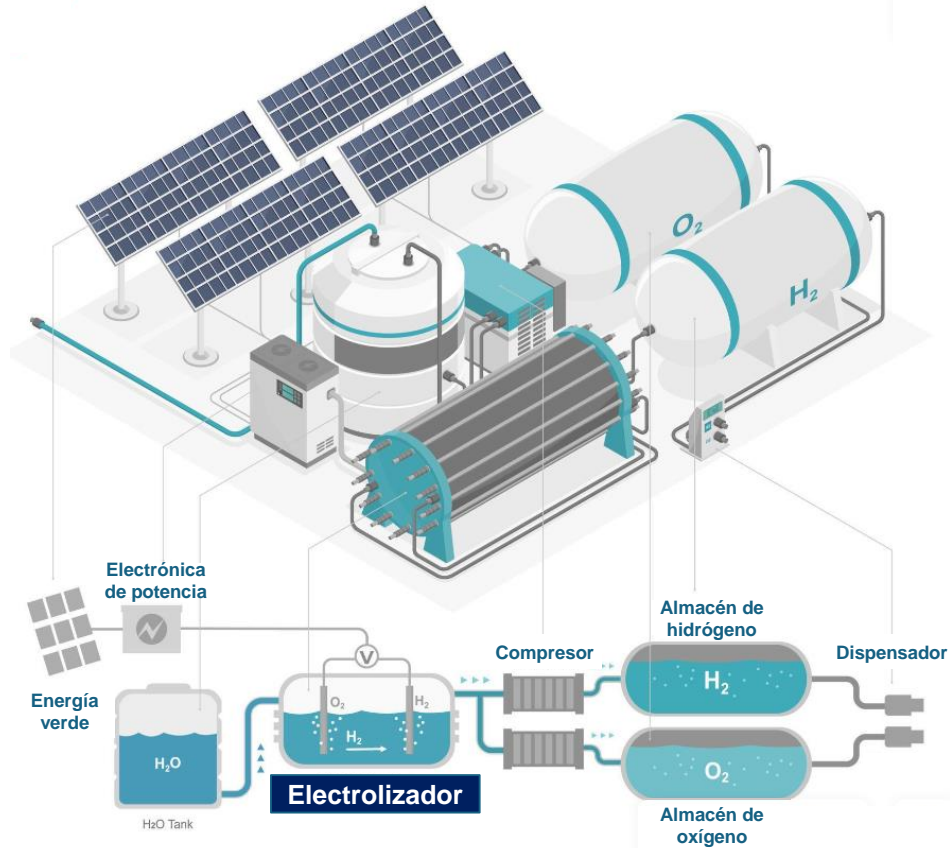
Fuente: AeH2 (2025)



Impacto desde la tecnología

- Situados en el corazón del proceso de producción del hidrógeno verde

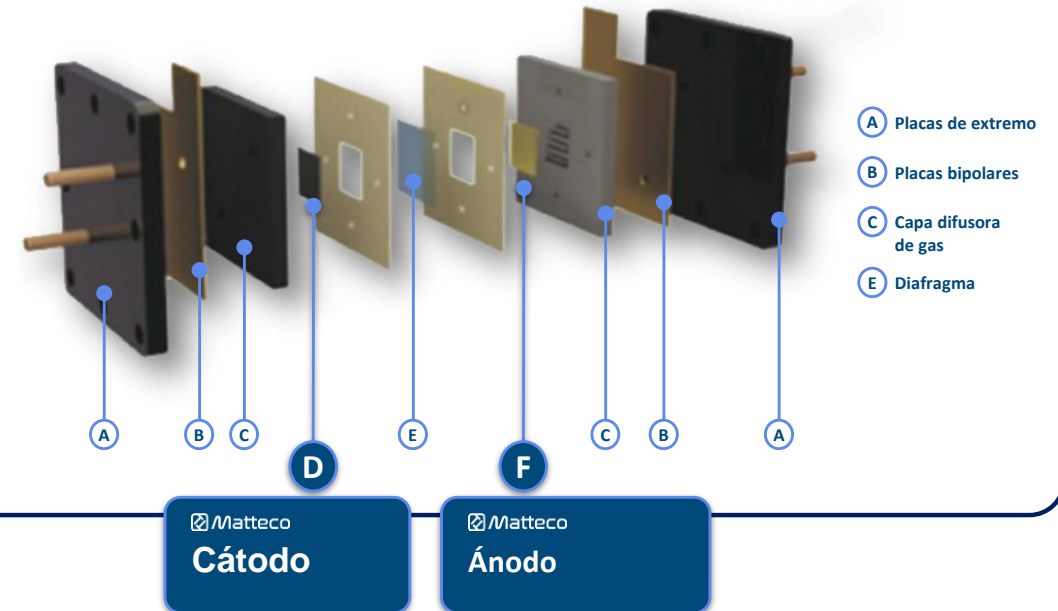
Esquema de una planta de hidrógeno



Esquema de una celda de electrólisis

La celda de electrólisis es el componente clave del electrolizador, donde tiene lugar la reacción que permite obtener hidrógeno verde a partir de agua.

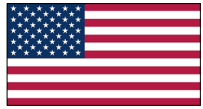
Los electrodos (ánodo y cátodo) son los componentes clave que determinan la eficiencia energética y, por tanto, el coste de este proceso.





Resumen de las tecnologías de electrólisis

	Alkalyne Electrolyser (AE)	Proton Exchange Membrane Electrolyser (PEME)	Anion Exchange Membrane Electrolyser (AEME)	Solid Oxide Electrolyser (SOE)
TRL (2024)	9–11 (mercado)	9–11 (mercado)	6–7 (pilot/demo)	7–8 (industrial demo)
Temperatura de funcionamiento [°C]	60–90	50–80	40–60	650–850
Consumo eléctrico «sistema» [kWh/kg H ₂ , LHV]	48–55	46–55	50–60	~35-40 (42-47 si vapor eléctrico)
Eficiencia eléctrica [% LHV]	61–70	61–72	55–70	88–95 (~71-79 si vapor eléctrico)
Dinámica y carga parcial	Buena (s–min) Rampa 20–100 %	Óptima (ms–s) Amplio rango	Similar a PEM	Más lenta (min–h) por inercia térmica
Vida útil de stack [h]	60,000–90,000	40,000–80,000	3,000–10,000	10,000–30,000
CAPEX típico «sistema» [USD/kW]	500	1000	1,000–1,800	2,500
Fortalezas principales	✓ Menor coste ✓ Madurez	✓ Alta densidad de corriente ✓ Dinámica rápida	✓ Materiales menos críticos (menos Pt/Ir) ✓ Potencial reducción coste	✓ Máxima eficiencia eléctrica (si hay calor disponible) ✓ Posibilidad de co-electrolisis
Puntos críticos principales	✗ Gas crossover/KOH ✗ Dinámica limitada	✗ Catalizadores nobles (Ir/Ru) ✗ Agua ultrapura	✗ Durabilidad aún limitada	✗ Alta T/integración calor y ciclos termicos



FuelCell
Energy



Idaho National Laboratory

4 MW
25 M USD

Bloomenergy®



TOPSOE
Making Energy Transition

500 MW
up to 5 GW
94 M€



 sunfire



2.6 MW
20 M€



Schlumberger



is now



1 MW
30 M€



TNO innovation
for life



Institute for
Sustainable
Process Technology



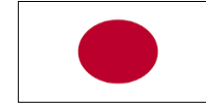
ceres®



elcogen
Affordable green hydrogen

1 MW
15 M€

Proyectos SOE en el mundo



MITSUBISHI
HEAVY INDUSTRIES



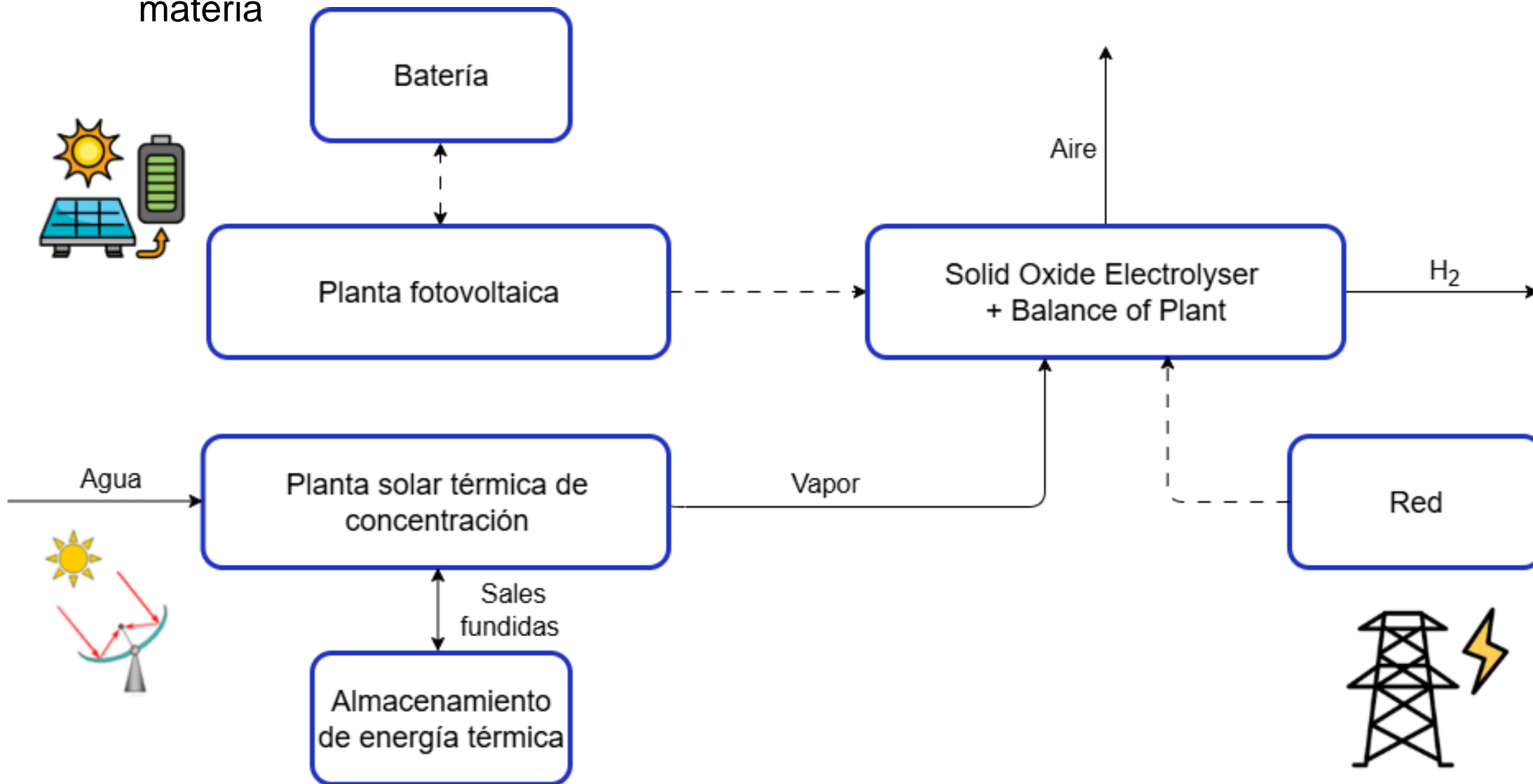
SINOPEC

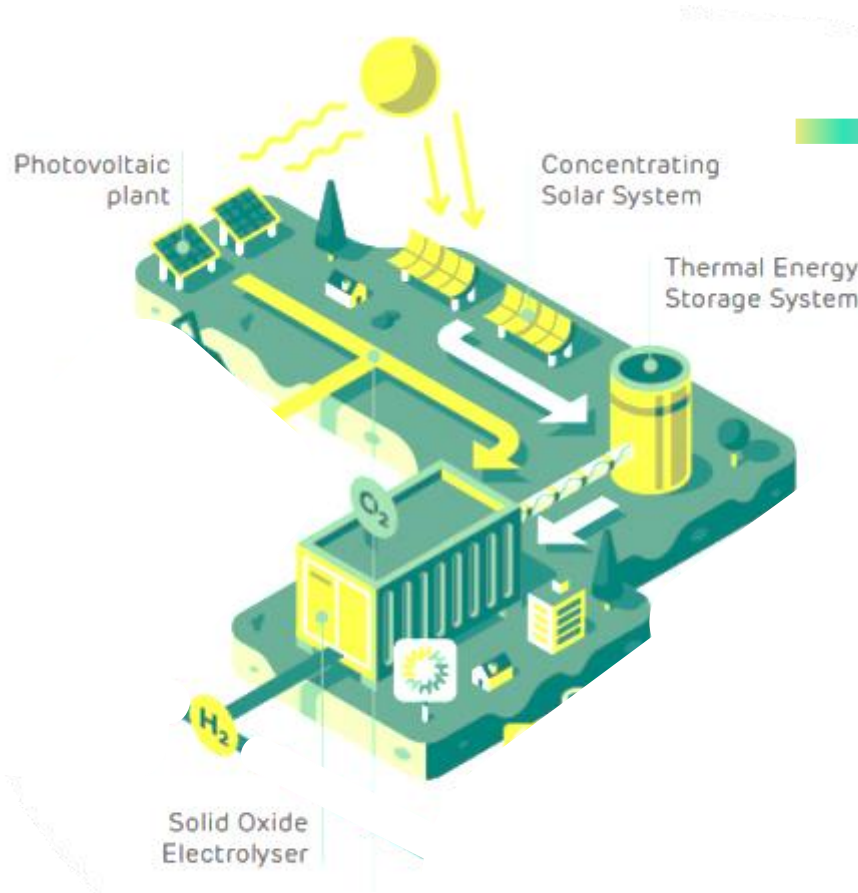


Hysata

Metodología de integración entre SOE y plantas FV y CST

---> Electricidad
—> Flujos de materia





→ Caudal máxima del prototipo de $25 \text{ kW} \geq 15 \text{ kg}_{\text{H}_2}/\text{day} = 7 \text{ Nm}^3/\text{h}$

→ $\geq 1,000$ horas funcionamiento del prototipo

→ Eficiencia Power-to-H2 (LHV): $< 39 \text{ kWh}/\text{kgH}_2$
 $\geq 85\%$

→ Eficiencia Solar-to-H2 (LHV) $\geq 10\%$

→ $\text{LCOH} \leq 2 \text{ €/kgH}_2$ (after 2030)

PROMETEO es un proyecto “orientado al producto”...
→ por lo que partimos de los requisitos de los usuarios finales.

www.energy.imdea.org



Energy industry

- Gestión de restricciones
- Servicios de red
- Almacenamiento estacional
- On-grid & off-grid



SPAIN

Large renewable energy projects promotion platform focused on off/on shore wind energy, biodiesel, PV and



Chemical industry

- Funcionamiento 24/7
- +5/-10 % de caudal
- Control de pureza H₂



THE NETHERLANDS

Large company, leader in the development of fertilizer technology and in the supply of services related to urea



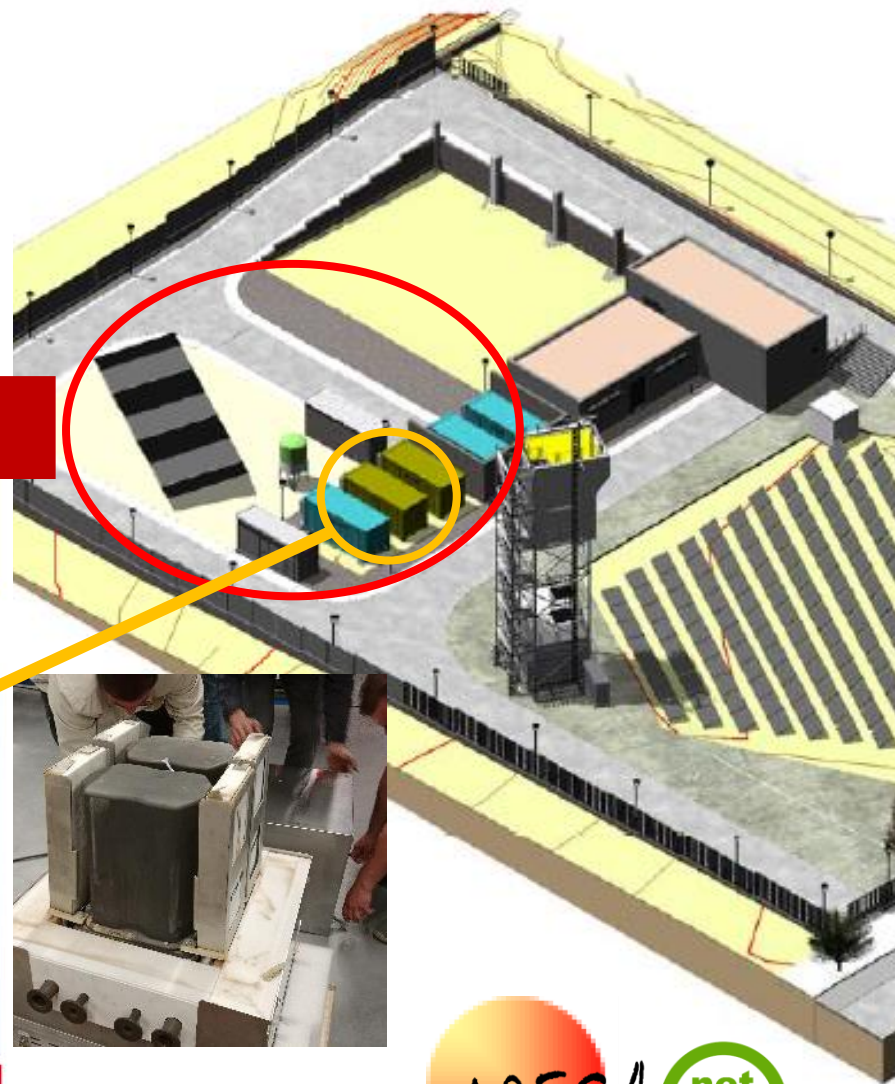
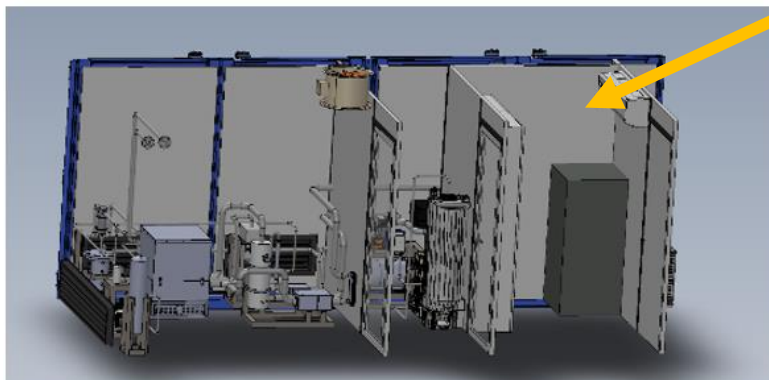
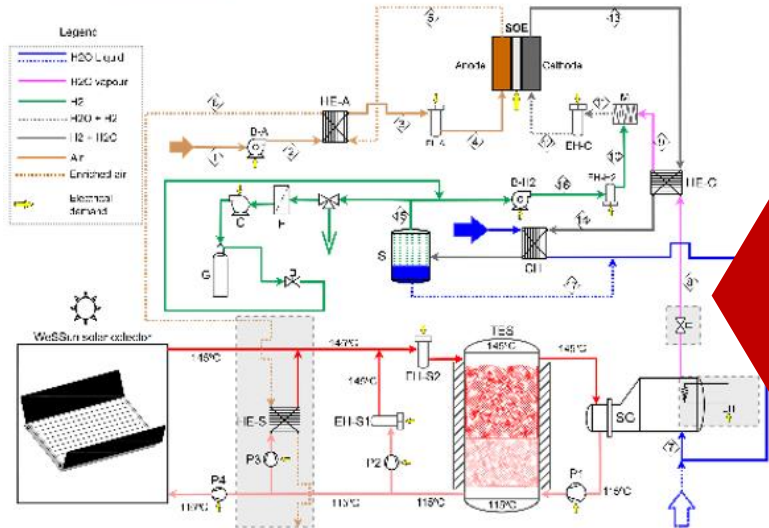
Gas industry

- Power-to-gas aplicación
- Mezclas H₂/GN
- Control de las propiedades del H₂



ITALY

Large energy infrastructure company, operating the largest natural gas transmission network and

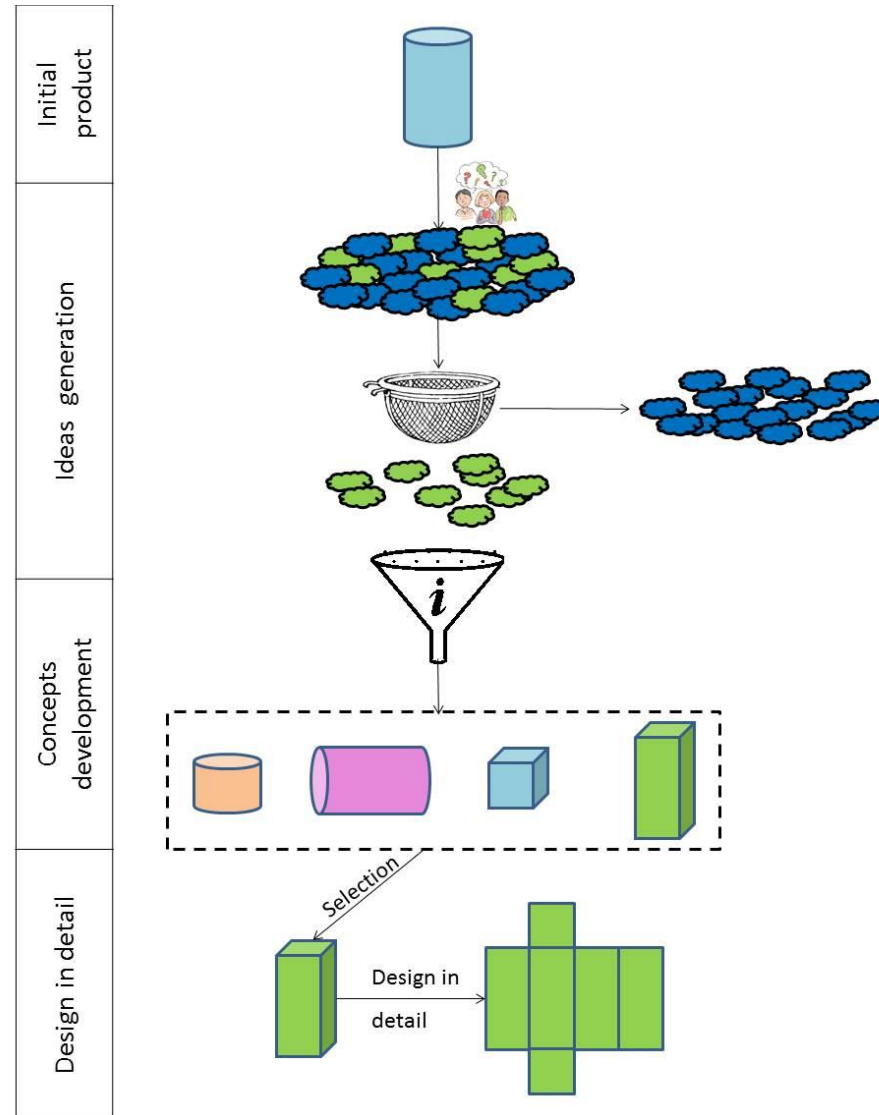


Sistema de generación de hidrógeno renovable

- Módulo SOEC de 9 kW con caja caliente de SolydEra
- Módulo SOEC de 10 kW con caja caliente de eGen
- Sistema BoP integrado en contenedor que incluye recuperación de calor, soplante de aire, generador de vapor (eléctrico), sistema de suministro de agua desmineralizada y sistema de control automático
- Lazo solar con circuito de generación de vapor
- Rack con 10 baterías Lithium Ecoline 48 V 2400 W de alto voltaje cada una y convertidor de corriente CA/CC.

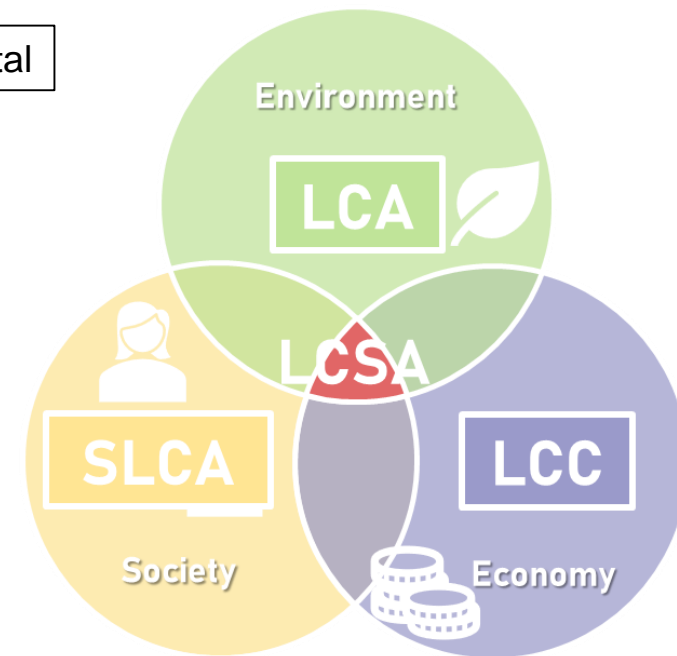
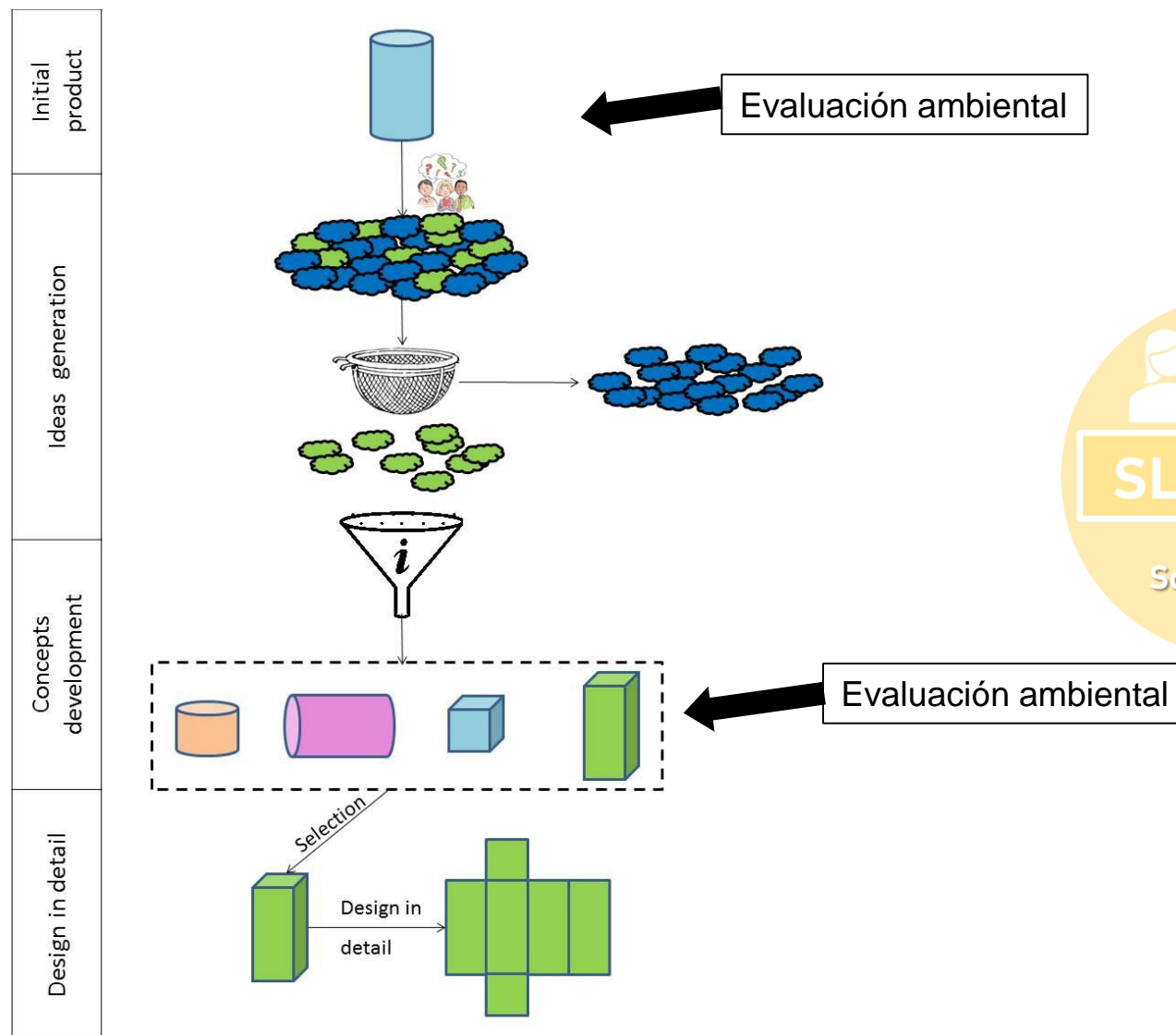


Desarrollo típico de productos





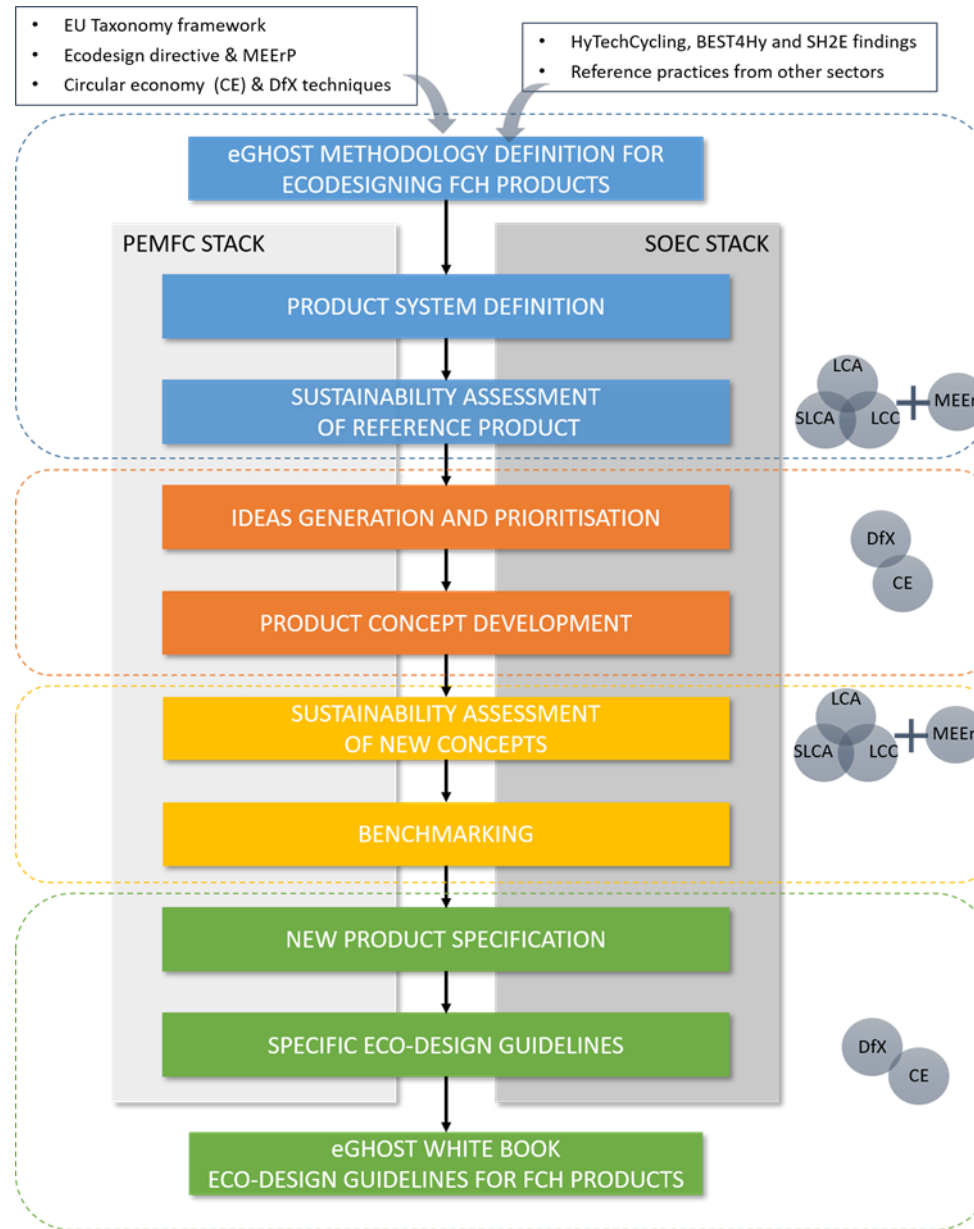
Ecodiseño de productos



- Primer hito en el ecodiseño de sistemas de hidrógeno.
- Proporciona directrices sólidas de diseño sostenible para tecnologías de H₂ en diferentes niveles de desarrollo.
- Guías específicas para stacks de PEMFC y SOE.



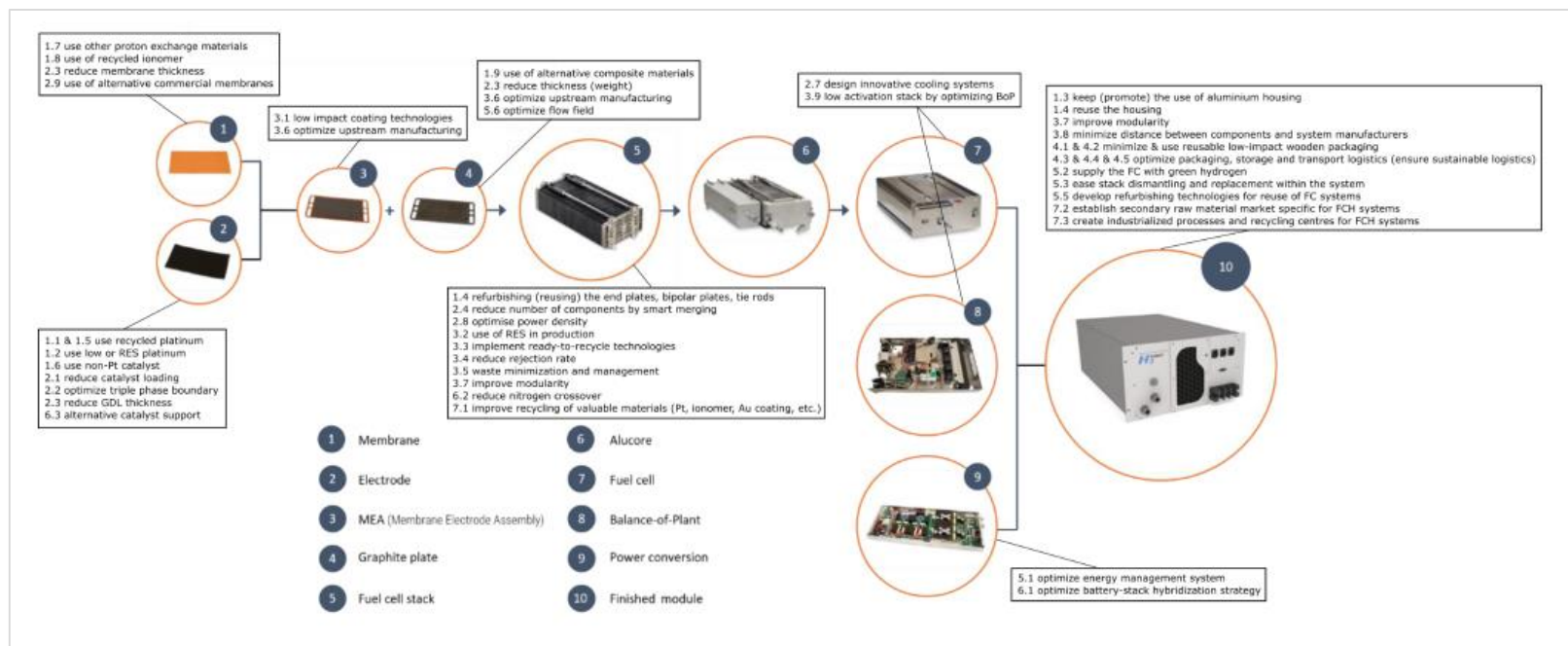
<https://eghost.eu/>



© eGHOST project, 2022

eGHOST project

PEMFC STACK: PRODUCT CONCEPTS



Realistic product concept

Short-term + Medium-to-long-term

Optimistic product concept

Disruptive product concept

Schematic of the fuel cell system and eco-design actions in developing product concepts (original image courtesy of Advent Technologies A/S) [eGHOST D3.2]

SOEC PRODUCT CONCEPTS

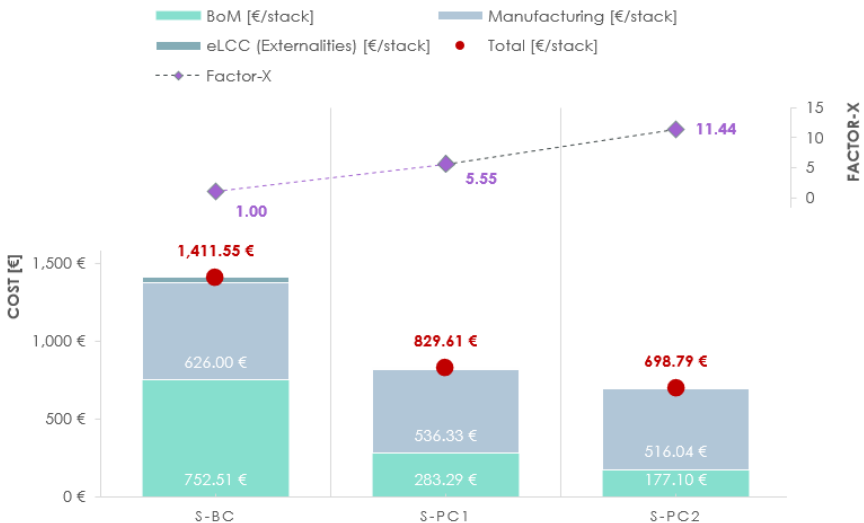
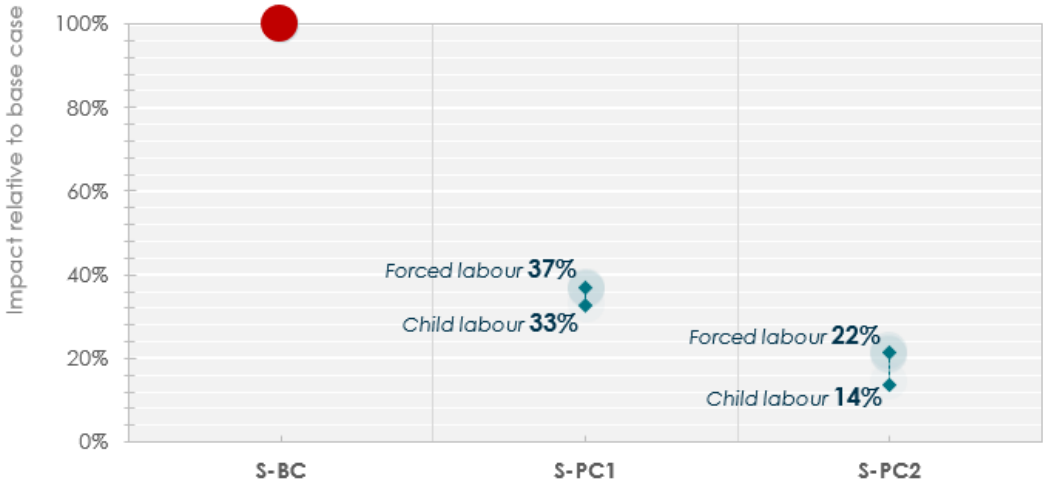
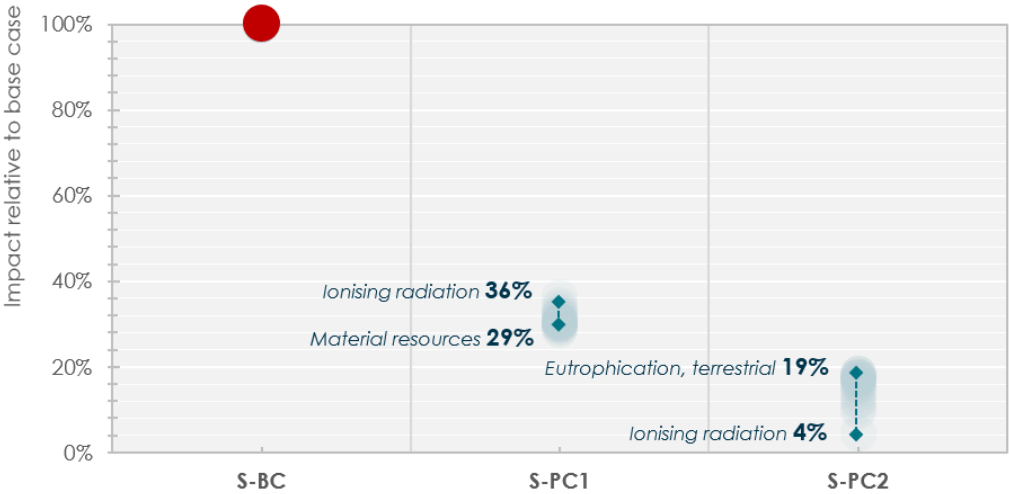


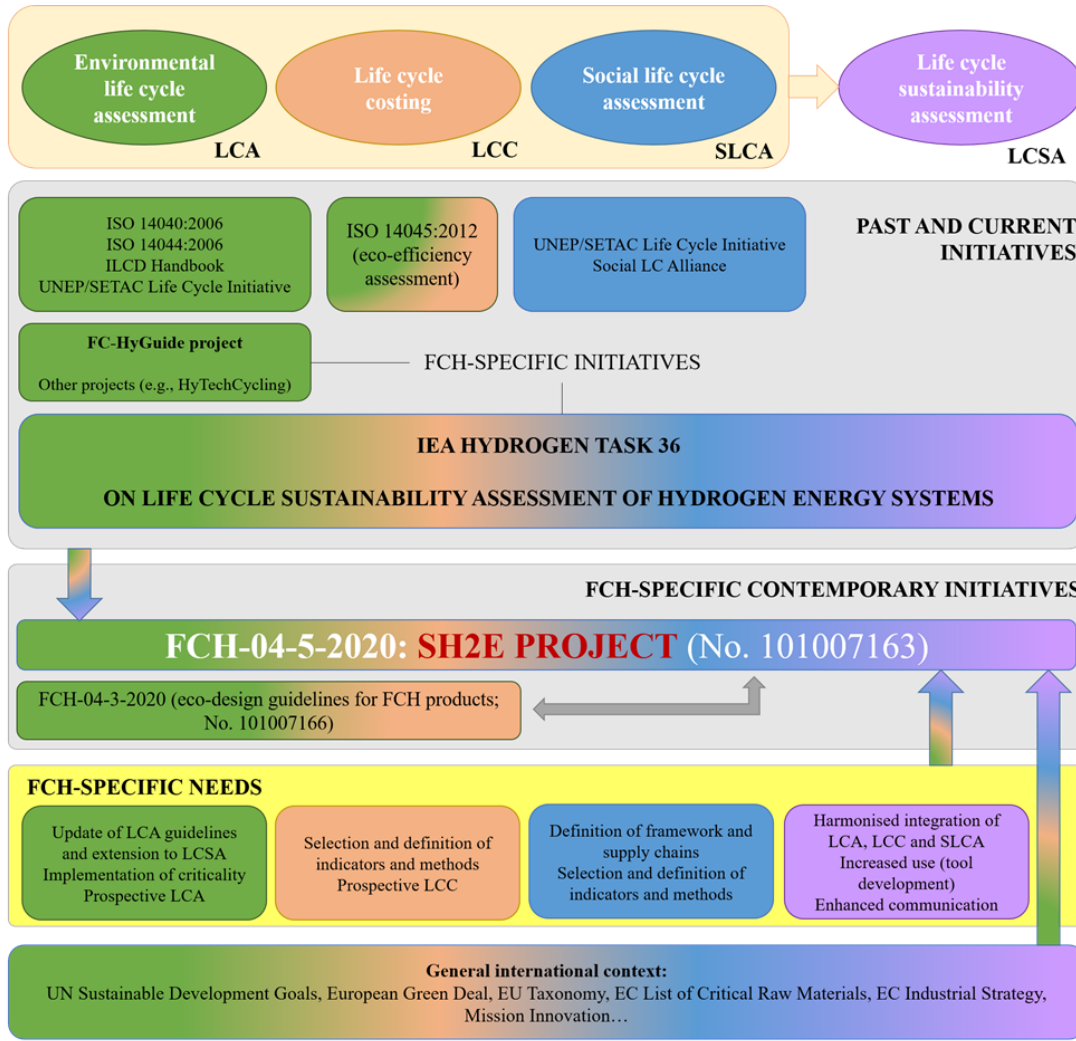
Schematic of the solid oxide system and eco-design actions in developing product concepts (original image courtesy of Sunfire GmbH) [eGHOST D3.2]

Enhanced realistic product concept

Optimistic product concept

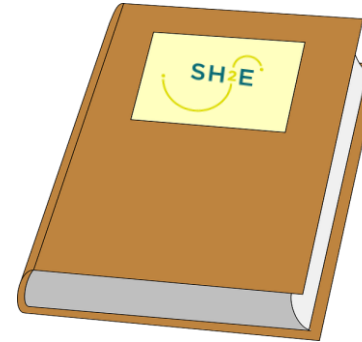
SOEC PRODUCT CONCEPTS – SUSTAINABILITY EVALUATION





© SH2E project, 2022

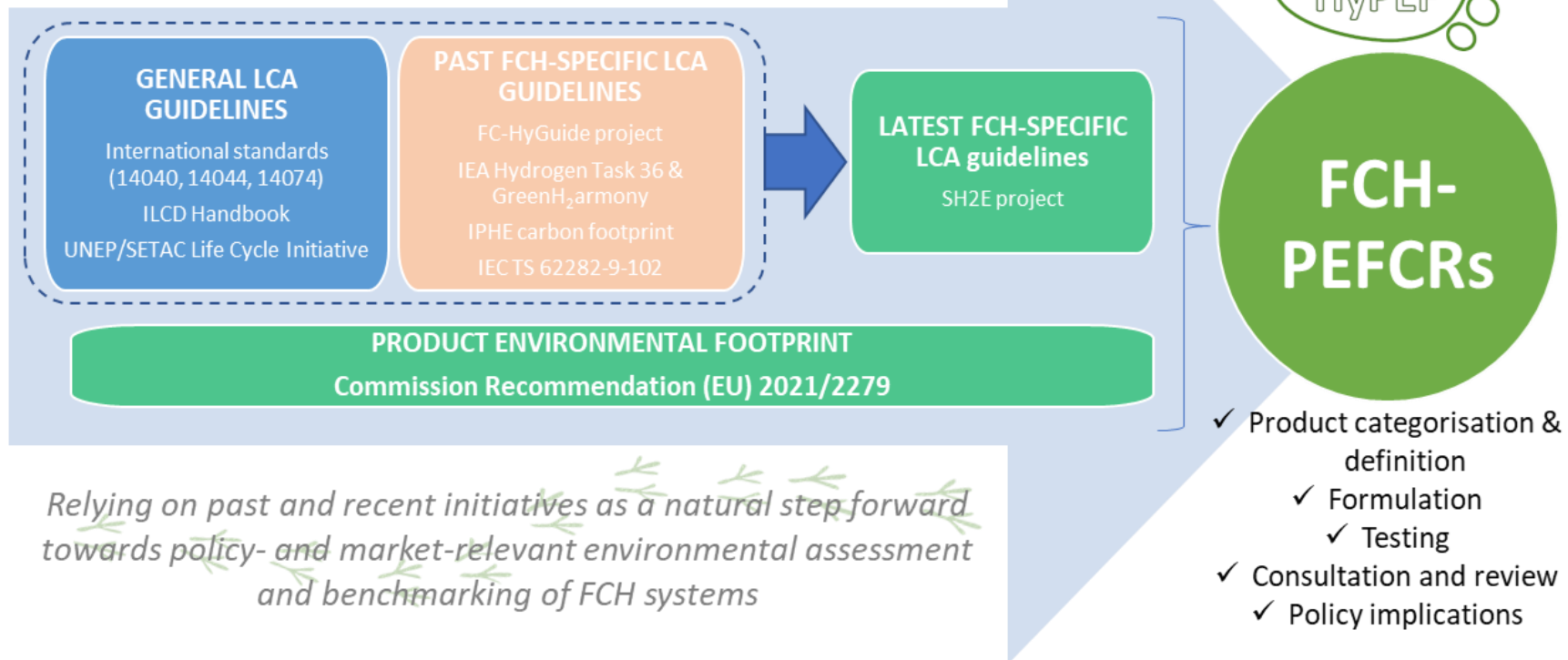
SH2E project



<https://sh2e.eu/>

- 1 document of FCH-LCA guidelines
- 1 document of FCH-LCC guidelines
- 1 document of FCH-SLCA guidelines
- 1 document of FCH-LCSA guidelines
- 1 integrated FCH-LCA/LCC/SLCA/LCSA software tool
- 2 FCH systems assessed and benchmarked from a life-cycle sustainability perspective

ENVIRONMENTAL LIFE CYCLE ASSESSMENT & FCH PRODUCTS



HyPEF project

HyPEF apoya y promueve el establecimiento de una economía del hidrógeno responsable con el medio ambiente mediante el desarrollo y la demostración de las primeras Reglas de Categoría de Huella Ambiental de Producto (PEFCR) específicas para los productos FCH.

<https://www.hypef.eu/>

GUESS-Why project

GUESS-WHy targets three core aspects of the hydrogen value chain



Production

In production, we examine electrolyzers (including PEM, alkaline, and SOE) to ensure improved design concepts.



Storage

For storage, we focus on metal hydrides as innovative, safe-by-design solutions offering compactness, efficiency, and improved system integration.



Utilization

For utilization, we focus on fuel cells and hydrogen-fueled gas turbines to reduce environmental impacts while maximizing reliability.

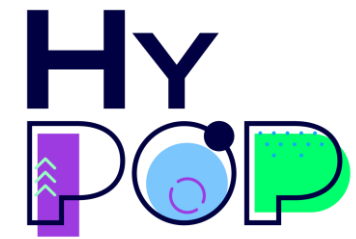
El proyecto GUESS-WHy pretende mejorar la sostenibilidad y la seguridad de los sistemas de pilas de combustible e hidrógeno (FCH) promoviendo el enfoque seguro y sostenible desde el diseño, metodología SSbD.

GUESS-WHy

<https://guesswhy.eu/>

El objetivo de HYPOP es aumentar la concienciación y la confianza del público en las tecnologías del hidrógeno y sus beneficios sistémicos mediante:

- a) la preparación de directrices y buenas prácticas que ayuden a definir de forma más eficaz cómo pueden participar los ciudadanos, los consumidores/usuarios finales y las partes interesadas en la aplicación de las tecnologías del H₂.
- b) la creación de una plataforma web que recoja material de comunicación, principalmente vídeos, sobre las nuevas tecnologías del hidrógeno, desarrollado de acuerdo con los primeros resultados de las actividades de participación pública.

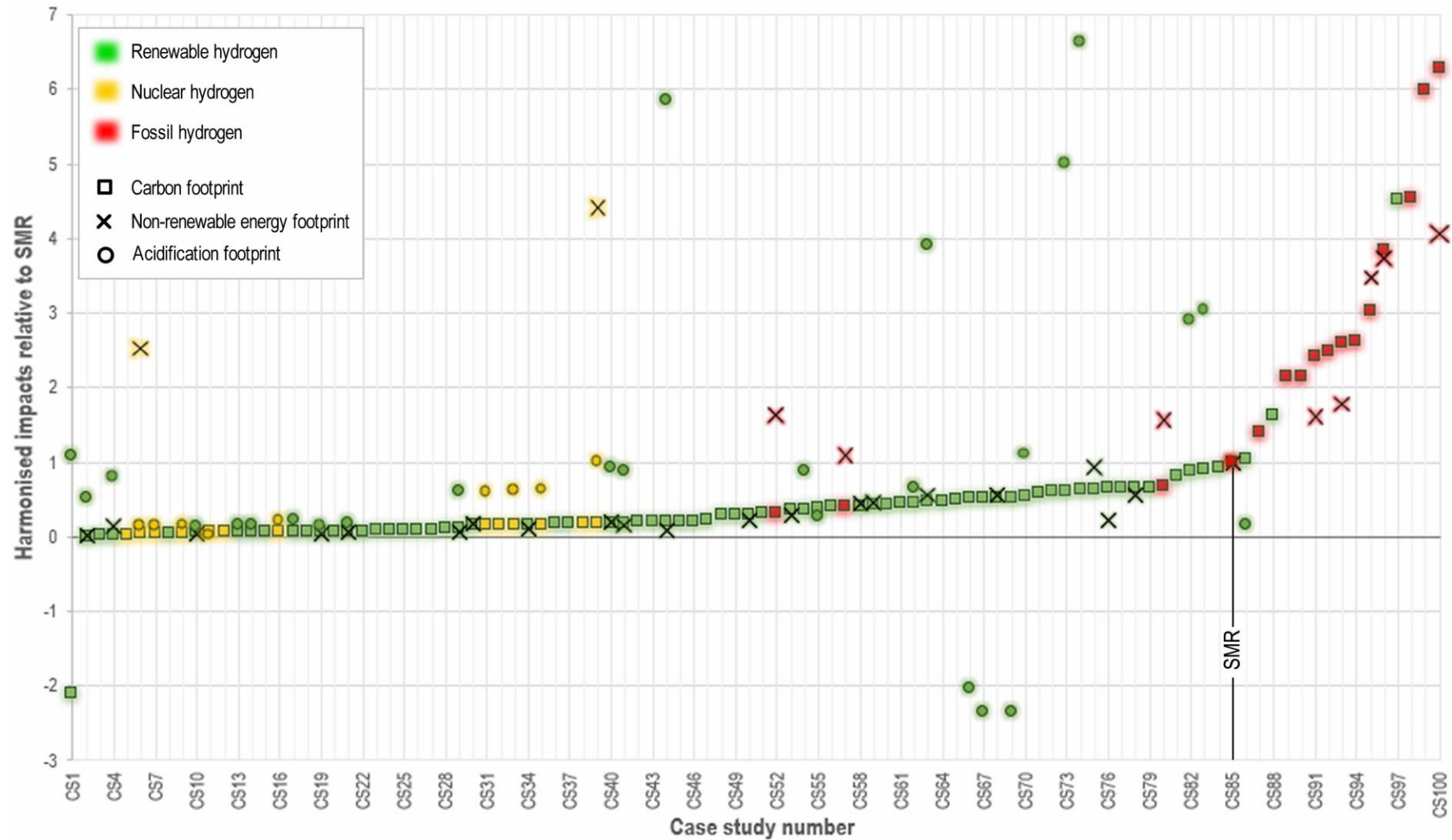


<https://www.hypop-project.eu/>

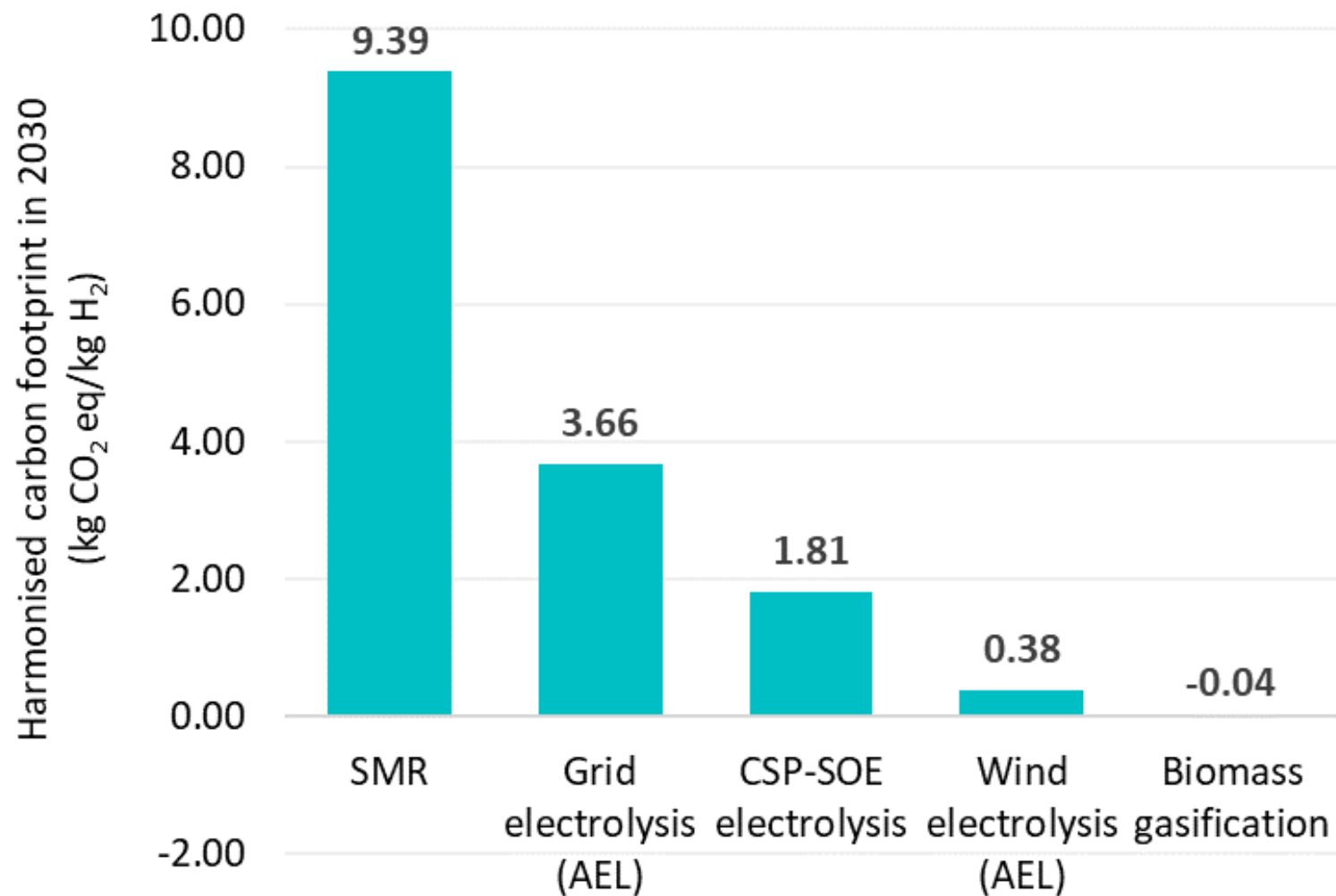


Impacto ambiental

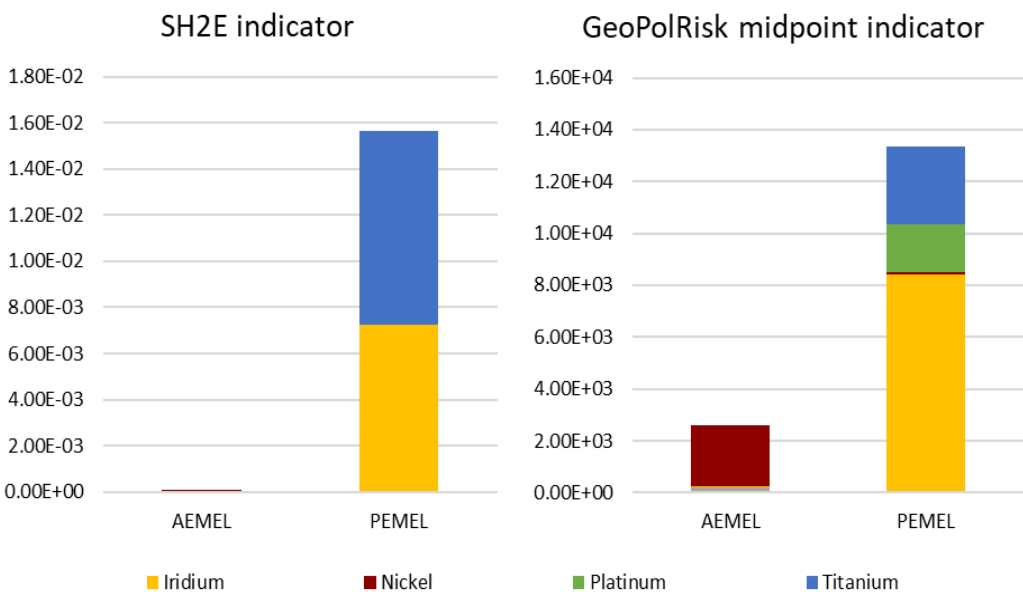
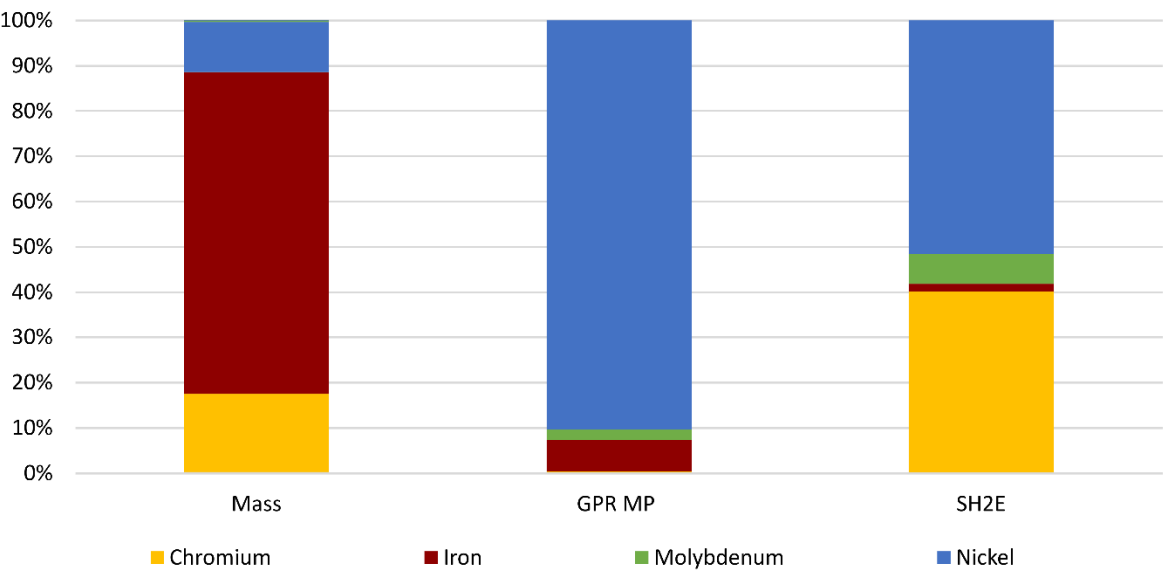
Resultados



Huella de carbono en función del modo de generación del H₂



Materiales críticos y riesgo geopolítico



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Cronograma tecnológico soluciones sostenibles.

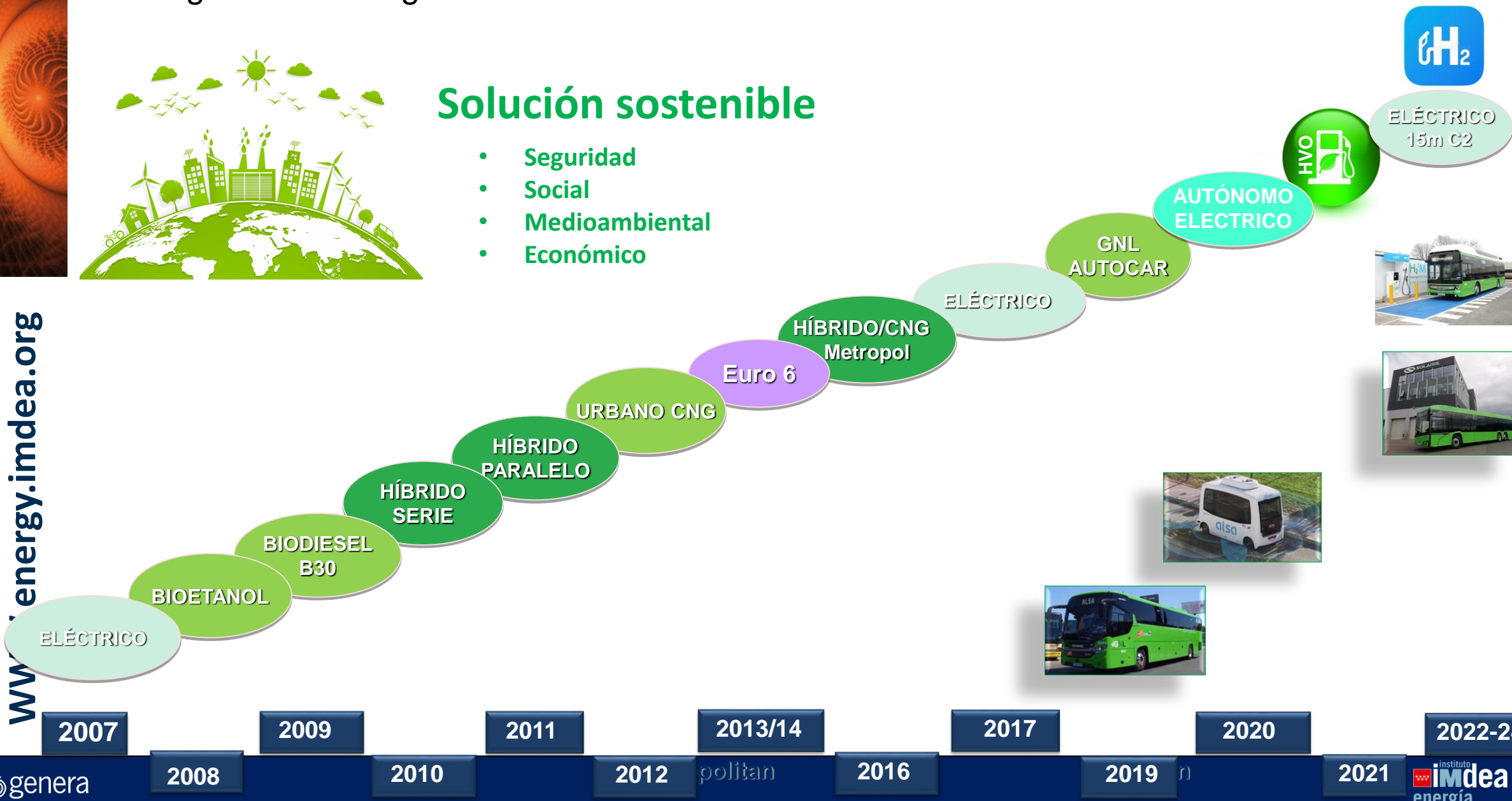
alsa



Solución sostenible

- Seguridad
- Social
- Medioambiental
- Económico

www.energy.imdea.org



En **Alsa** nos movemos en **verde**.

Tipología



ICE / FCEV (H2)



FCEV (H2)



BEV (Battery)



CNG/LNG



Hybrid



Diesel Euro 6

Metropolitan

Urban



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
 Flota de H2 (CRTM: Torrejón de Ardoz)



Primer bus FCEV en operación en España desde enero 2022.
 Toyota-Caetano



Segundo bus FCEV en
 operation desde marzo 2023.
 CAF-Solaris

En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Aerobus Zaragoza. Línea del aeropuerto

alsa



Primera línea 100% de H2 desde enero 2024.

SHYNE
Spanish Hydrogen Network

ZOILORÍOS
GRUPO

REPSOL

TOYOTA

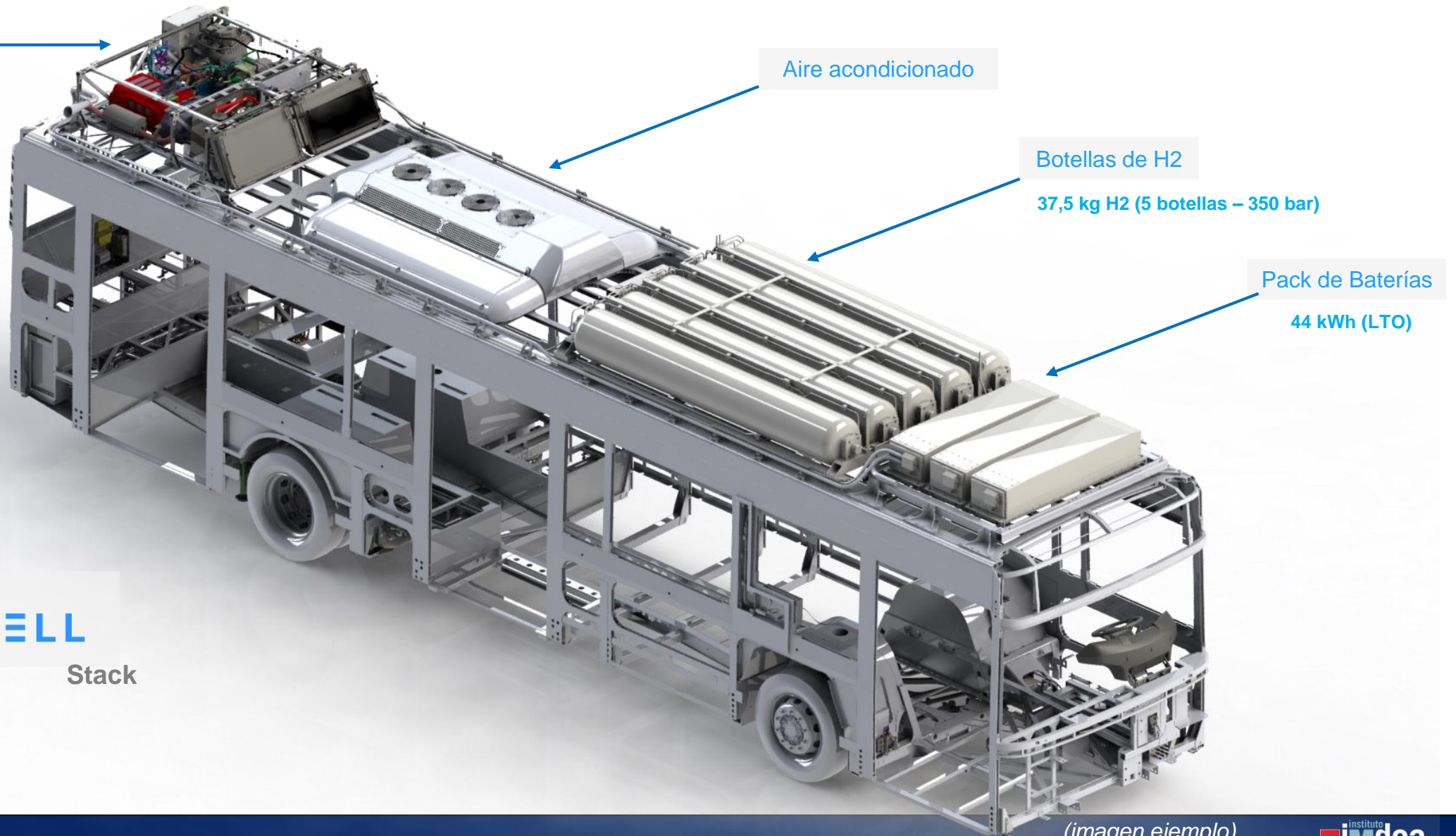
alsa

En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Aerobus Zaragoza. Línea del aeropuerto

alsa



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Bus de pila de combustible



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Experiencia con el H₂

alsa

- ✓ **Cero emisiones.**
- ✓ **Silencioso.**
- ✓ **Autonomía.**
- ✓ **Tiempo de carga.**
- ✓ **Fiabilidad.**
- ✓ **Comportamiento dinámico.**
- ✓ **Solución necesaria para medio y largo recorrido (Autocar)**
- ✓ **Escalabilidad con la agregación de demanda.**
- ✓ **Proyecto País?**

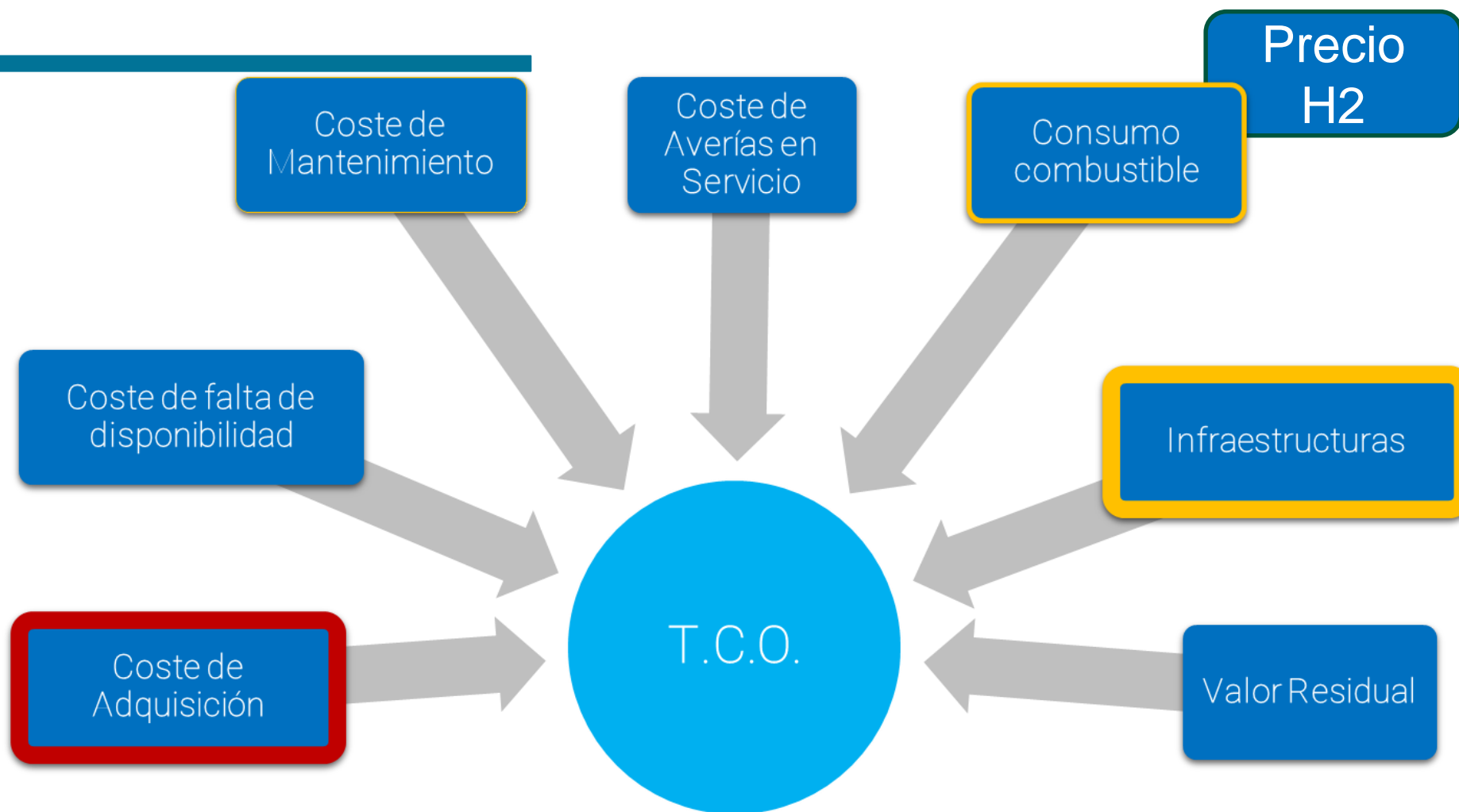


- × Desarrollo del Autocar.
- × Marco normativo.
- × Coste de la infraestructura de recarga.
- × Disponibilidad: No hay red de producción y distribución.
- × Dependiente de ayudas europeas.
- × Precio del bus.(Capex)
- × Precio todavía alto del H2 verde. (OPEX)
- × T.C.O. (Coste total de la propiedad).



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
T.C.O.

alsa



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Autobuses de H₂

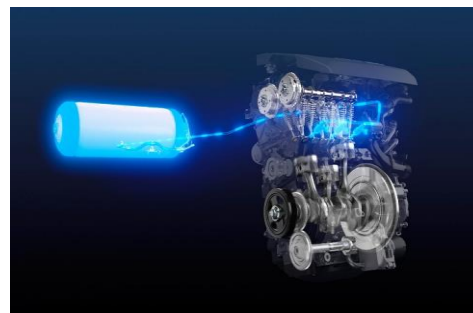
alsa



En **Alsa** nos movemos en **verde**.
Autocares de H₂



alsa





En **Alsa** nos movemos en **verde**.

Medidas para una transición sostenible con H₂

alsa

1. Para conseguir transicionar de forma sostenible es necesario:
 - **Colaboración público-privada e incentivos:**
 - **Tanto a la oferta como a la demanda**
 - **Certidumbre**
 - **Continuidad**
 - **Menos burocracia.**
2. Desarrollo de **nuevas tipologías de autobuses y autocares de H₂**.
3. **Neutralidad tecnológica.** Objetivo es descabornizar de forma sostenible, no hay tecnologías ganadoras.
4. Enfoque hacia la **agregación de demanda de los diferentes sectores**, para conseguir economías de escala y precios que permitan la transición. Colaboración privada.
5. Necesaria **regulación clara** y una **adecuación de las infraestructuras** (Estaciones de autobuses, Intercambiadores de Transporte,...)



¿H₂ Proyecto País?





www.energy.imdea.org

Hidrógeno verde: integración de generación, consumo y ecodiseño

Moderador: IMDEA Energía, Félix Marín, responsable de Desarrollo y Transferencia de Tecnología.

Alsa, Miguel Ángel Alonso, Director de Ingeniería.

IMDEA Energía, María Beatrice Falasconi, Investigadora.

Matteco, Gonzalo Abellán, Co - Fundador y CTO.

Moeve, Carlos Alberto Prieto, Coordinador Dpto. Tecnologías de Transición Energética del Centro de Innovación.

Genera 19-11-2025