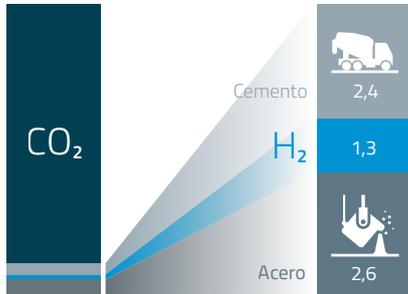


## HIDRÓGENO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

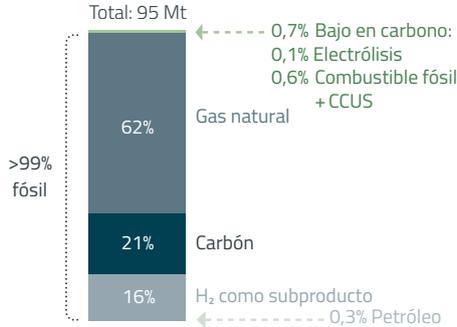
La producción de H<sub>2</sub> genera emisiones y gases de efecto invernadero. Contribuye aprox. un 2,5% a las emisiones globales de CO<sub>2</sub>eq.

Emisiones globales (Gt CO<sub>2</sub>eq)  
Total: 54 Gt



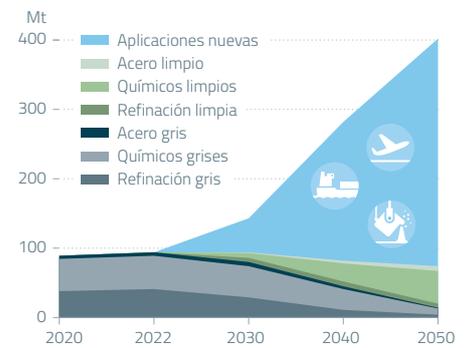
Actualmente el H<sub>2</sub> se produce principalmente con combustibles fósiles. El H<sub>2</sub> bajo en carbono representa una ínfima fracción de la demanda.

Producción global de hidrógeno por tecnología (Mt)



En el futuro, más industrias aparte de la refinación y productos químicos necesitarán H<sub>2</sub>.

Demanda global de hidrógeno por sector (Mt)



## EL PANORAMA GENERAL: VÍAS DE PRODUCCIÓN, COSTES Y CONSUMO ENERGÉTICO

El hidrógeno no contribuye a la seguridad energética, ya que su producción es intensiva en energía. Cada vía de producción conlleva a un coste y una penalización energética asociada.

| Vías de producción de hidrógeno                    | Combustible fósil      |            | Combustible fósil + CCS |                               | Biogénico     |                     | Renovable                     |
|--|------------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|
|  | Gasificación de carbón | Metano SMR | Metano SMR + CCS        | Gasificación del carbón + CCS | Biometano SMR | Biometano SMR + CCS | H <sub>2</sub> O electrólisis |
| Nivel de madurez tecnológico                       | 9                      | 9          | 5-9                     | 5-9                           | 9             | 7-8                 | 5-9                           |
| Producción actual (%)                              | 21                     | 62         | <0,6                    | <0,6                          | 0             | 0                   | ~0,1                          |
| Disponibilidad                                     | alta                   | alta       | alta                    | alta                          | escasa        | escasa              | baja                          |
| LCOH* (\$/kg H <sub>2</sub> )                      | 2,3 - 3,3              | 1 - 3      | 2 - 5                   | 2,8 - 3,8                     | 2,1**         | 2,8**               | 5 - 12                        |
| Emisiones (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> ) | 15 - 30                | 10 - 17    | 3 - 9                   | 2 - 10                        | 1-9           | -12 - -9            | 0,5 - 2,5                     |
| Materia prima (Kg/Kg H <sub>2</sub> )              | 7,6                    | 3,2        | 3,5                     | 8,4                           | 3,2           | 3,5                 | 11                            |
| Energía (kWh/kg H <sub>2</sub> )                   | 60                     | 41,5       | 45,5                    | 67                            | 41,5          | 45,5                | 55                            |

\* LCOH= Costo nivelado del hidrógeno (por sus siglas en inglés).  
 \*\* Sin aplicación comercial aún, sujeta a una alta incertidumbre.  
 \*\*\* Basado en un potencial de calentamiento global a 20 años (GWP20). Su GWP es de aproximadamente 30 en un periodo de 100 años.  
 \*\*\*\* Los requisitos de control de fugas de metano estrictos también se aplican a las minas de carbón.

Fugas: CH<sub>4</sub>, 1 kg CH<sub>4</sub> = 85 kg CO<sub>2</sub>\*\*\*

Escalabilidad limitada

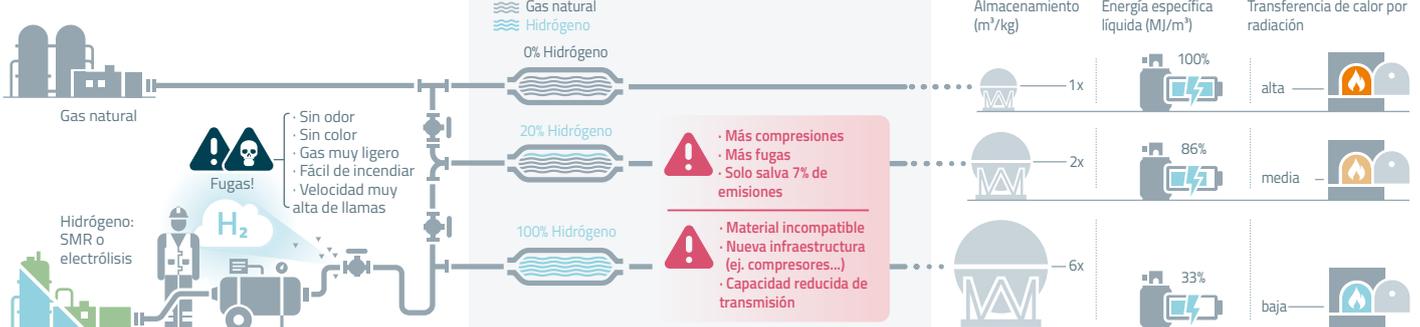
La energía solar y eólica son variables

## PANORAMA GENERAL: DESAFÍOS DEL HIDRÓGENO A LO LARGO DE LA CADENA DE VALOR

**Producción y manejo:** En comparación con el gas natural, el mayor rango de inflamabilidad y la menor energía de ignición del hidrógeno lo hacen más propenso a explosiones e incendios.

**Transporte:** Las propiedades únicas del hidrógeno requieren nueva infraestructura, por lo que los gasoductos de gas natural necesitarán una adaptación sustancial.

**Uso final:** El hidrógeno tiene propiedades diferentes a las de los combustibles hidrocarbura-dos y no puede considerarse una solución de reemplazo en todos los sectores.

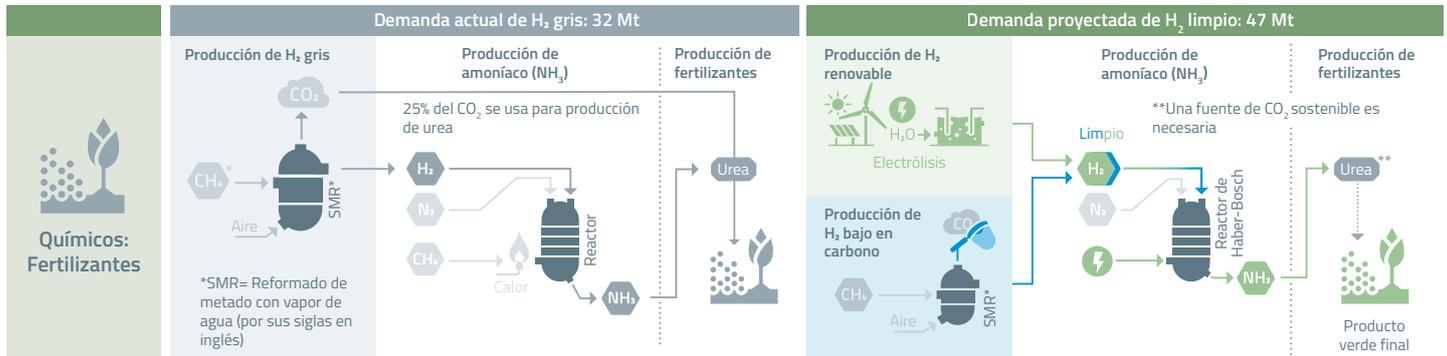


Fuentes: Our World in Data (2024), IEA (2023), Rosa & Mazzotti (2022), BNEF (2023), NREL (2022), Lou et al. (2023), S&P Global (2024), Zang et al. (2024), CATF (2023), Hydrogen Science Coalition (2024), IEA (2021), Lange et al. (2023), MIT Climate Portal (2023).  
 Metodología y fuentes completas: fcarchitects.org/content/future-cleantech-factsheet-hydrogen/

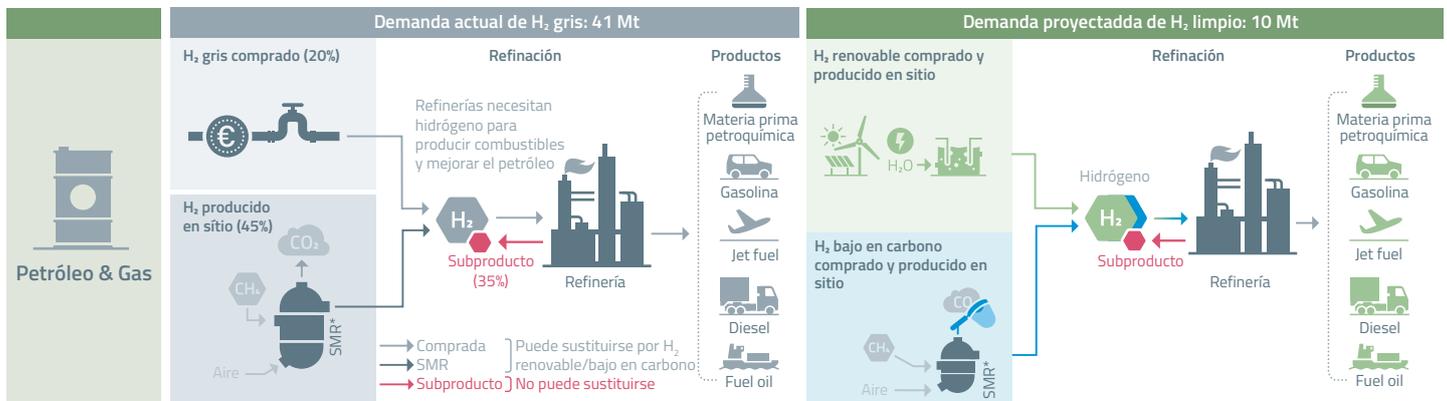


## PRIORIZACIÓN DEL HIDRÓGENO: PRINCIPALES CASOS DE USO DEL HIDRÓGENO

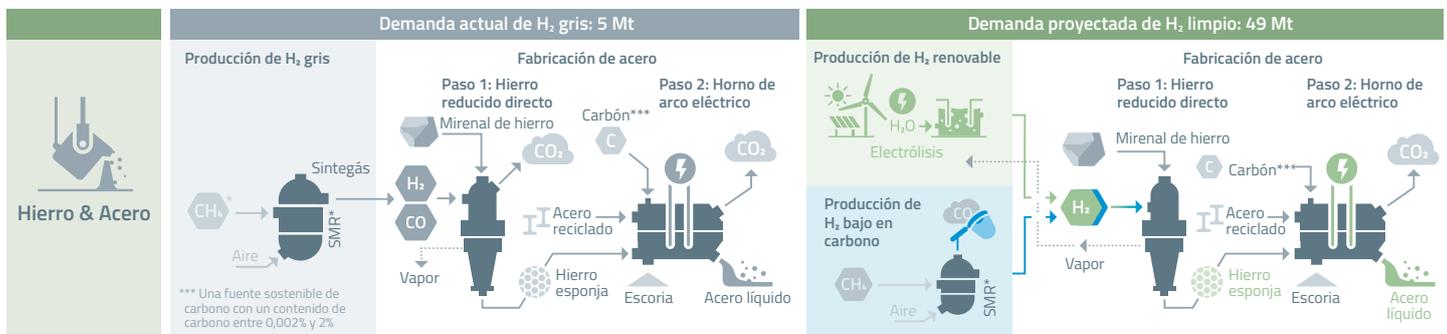
Varios sectores con altas emisiones dependen o dependerán del hidrógeno. Dado que el hidrógeno limpio seguirá siendo escaso y costoso durante las próximas décadas, los sectores que se describen a continuación deberían tener acceso prioritario a éste antes de introducirlo en otros sectores.



El hidrógeno es una materia prima crucial para la producción de amoníaco, el mayor emisor del sector químico. Actualmente, el uso de hidrógeno dedicado para amoníaco emite 400 Mt de CO<sub>2</sub> al año. El amoníaco es el precursor de la mayoría de los fertilizantes, de los cuales depende alrededor del 50% de la población mundial para producir alimentos necesarios.



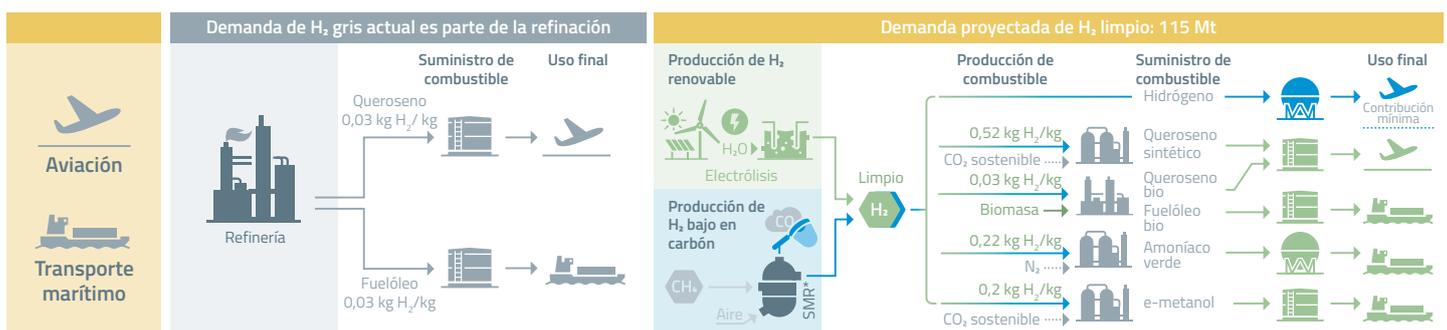
El hidrógeno es una materia prima crucial utilizada en muchos procesos de refinación. El hidrógeno en refinerías emite cerca de 380 Mt de CO<sub>2</sub> al año. A medida que los sectores se descarbonicen, la dependencia del petróleo y el gas como combustibles disminuirá, pero su uso en petroquímicos y asfalto permanecerá requiriendo el uso de hidrógeno en refinerías.



El hidrógeno es una materia prima prometedora para la producción de acero primario mediante reducción directa del hierro (DRI), actualmente una vía secundaria en la fabricación de acero. La producción de acero, responsable de 2,6 Gt/año o ~5% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, depende del carbón para cubrir el 75% de sus necesidades energéticas y de materias primas. El acero primario seguirá siendo clave, ya que la recolección de chatarra, actualmente en torno al 85%, es insuficiente para satisfacer la demanda mundial de acero actual y futura.

## PRIORIZACIÓN DEL HIDRÓGENO: CASOS DE USO VIABLE PARA EL HIDRÓGENO

Los sectores difíciles de descarbonizar, como el transporte marítimo y la aviación, requerirán hidrógeno en alguna medida para descarbonizarse.



Fuentes: IEA (2023), IEA (2021), Ding et al. (2023), Our World in Data (2017), Roland Berger (2020), Liebreich (2023), ITF (2023), The European Hydrogen Observatory (2021), Atsonios et al. (2023), Pagani et al. (2024), Sollai et al. (2023).  
Metodología y fuentes completas: [fcarchitects.org/content/future-cleantech-factsheet-hydrogen/](https://fcarchitects.org/content/future-cleantech-factsheet-hydrogen/)

¿Quieres aprender más? Visita [fcarchitects.org](https://fcarchitects.org) o contáctanos: [mail@fcarchitects.org](mailto:mail@fcarchitects.org)

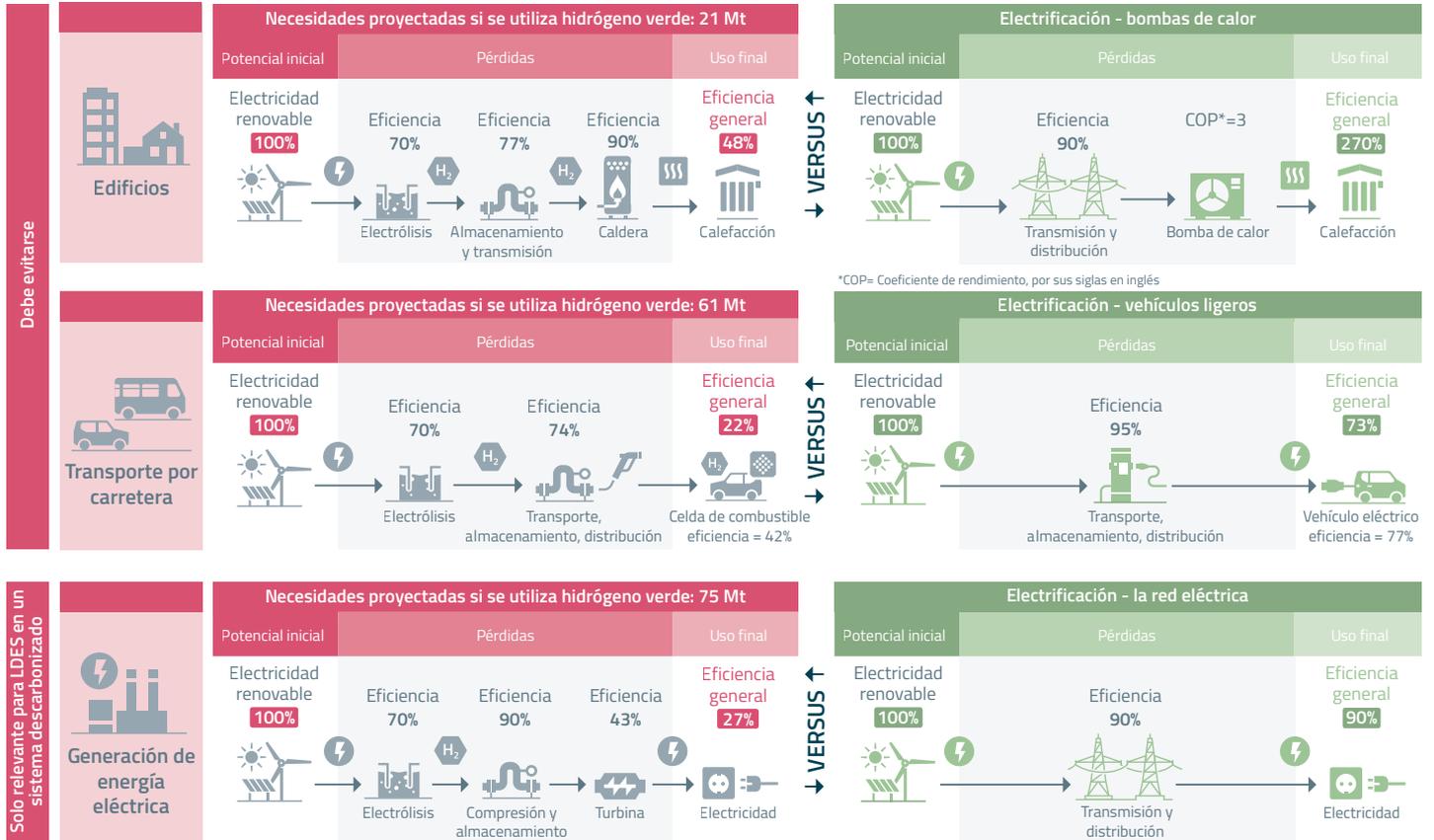


## PRIORIZACIÓN DEL HIDRÓGENO: SECTORES INCOMPATIBLES

El hidrógeno debe priorizarse para los sectores donde tenga el mayor potencial de reducción de carbono. Los sectores en los que la electrificación directa es factible, deben evitar el hidrógeno, dadas las significativas pérdidas de energía asociadas a sus procesos de conversión.

### ➔ Ruta ineficiente de hidrógeno

### ➔ Ruta de descarbonización más eficiente



Se podrían priorizar 157 Mt de hidrógeno limpio adicional, que sigue siendo un recurso escaso en la actualidad, para sectores difíciles de descarbonizar sin soluciones alternativas. Sectores como los edificios, el transporte por carretera y la generación de energía deberían optar por la ruta de electrificación directa que es más eficiente.

## RECOMENDACIONES

**Invertir en I+D**

El consumo actual de hidrógeno asciende a 95 Mt por año, de los cuales más del 99% es producido con combustibles fósiles. El hidrógeno limpio aún es escaso y costoso. Invertir en I+D es crucial para cerrar la brecha de comercialización y aumentar la producción para satisfacer las necesidades actuales y futuras.

**Descarbonizar los usos actuales del hidrógeno primero**

Los usos esenciales actuales del hidrógeno generan 1,3 Gt de emisiones anuales y deben descarbonizarse antes de expandirse a nuevos usos. Se debe que priorizar el hidrógeno limpio para la reducción de emisiones en sectores como la refinación, la química y el acero.

**Priorizar los sectores difíciles de descarbonizar**

El hidrógeno debe posicionarse como un facilitador de descarbonización para sectores difíciles de descarbonizar, además de materia prima industrial indispensable. El hidrógeno jugará un papel clave en sectores donde la electrificación directa no es viable, como la aviación y el transporte marítimo.

**Abandonar los sectores incompatibles**

Se necesitan directrices basadas en la ciencia para evitar que la valiosa y escasa electricidad renovable se pierda inherentemente en la producción y uso del hidrógeno en sectores donde se pueden implementar estrategias de descarbonización más efectivas y eficientes, como la electrificación directa.

- ▶ Aumentar la financiación de vías de producción de hidrógeno limpio que sean viables para aumentar la oferta en sectores sin alternativas.
- ▶ Invertir en vías complementarias innovadoras, como la termoquímica, para diversificar la cadena de suministro y reducir la dependencia de la electricidad renovable para la electrólisis
- ▶ Acelerar la I+D, inversión y escalabilidad en el abastecimiento de hidrógeno, infraestructura y almacenamiento, con el objetivo de evitar desafíos en el suministro para sectores indispensables.

- ▶ Implementar una asignación basada en datos objetivos de recursos escasos, como la electricidad renovable y el hidrógeno verde, sujetos a competencia entre sectores.
- ▶ Aumentar el despliegue de electricidad renovable, incluidas fuentes novedosas como la geotérmica, para eliminar cuellos de botella y reducir los costes del hidrógeno limpio.
- ▶ Considerar el hidrógeno bajo en carbono de gas natural con captura y almacenamiento de carbono como complemento al hidrógeno renovable en el corto y mediano plazo, con controles estrictos de fugas de metano.

- ▶ Desarrollar estrategias nacionales claras con directrices para hidrógeno limpio que prioricen los sectores difíciles de descarbonizar que dependen del hidrógeno para su descarbonización.
- ▶ Cerrar la brecha de comercialización con financiación dedicada, Contratos por Diferencia, incentivos y permisos para proyectos de hidrógeno y combustibles alternativos.
- ▶ Proporcionar visibilidad a largo plazo para el hidrógeno y combustibles alternativos mediante objetivos que eliminen las dudas sobre las vías de descarbonización y estimulen los acuerdos de compra.

- ▶ Eliminar sectores incompatibles, como el transporte por carretera y la generación de energía, de las estrategias de hidrógeno, ya que conducen a una asignación inefectiva de fondos públicos.
- ▶ Evitar estrategias de apertura tecnológica en sectores donde la electrificación directa es la solución más eficiente y rentable.
- ▶ Concientizar sobre la disponibilidad limitada del hidrógeno renovable y los desafíos en su obtención, transporte y almacenamiento, lo que requiere restringir su uso a los sectores difíciles de descarbonizar.

Fuentes: Liebreich (2023), IEA (2023), Hydrogen Science Coalition (2024), CATF (2023)

Metodología y fuentes completas: [fcarchitects.org/content/future-cleantech-factsheet-hydrogen/](https://fcarchitects.org/content/future-cleantech-factsheet-hydrogen/)

