

Fraunhofer Chile Research:  
A bridge between Germany and Chile for the energy transition

---

# Casos de Uso del H2V

## Oportunidades en la Región de Antofagasta

Thomas Lindsay, Coordinador de Proyectos

# Fraunhofer-Gesellschaft

## Un puente entre la ciencia y la industria

Desde su **fundación en 1949 en Alemania**, la Sociedad Fraunhofer es la organización líder en investigación aplicada a nivel mundial. Priorizando las tecnologías relevantes para el futuro y la comercialización de sus resultados en empresas e industrias, ha jugado un papel importante en el proceso de innovación. Pionera y creadora de tendencias en materia de desarrollos innovadores y excelencia en la investigación, contribuye a dar forma a nuestra sociedad y a nuestro futuro.



# Fraunhofer-Gesellschaft

## Red Europea de Investigación Aplicada #1

---



**76**

Institutos en  
Alemania



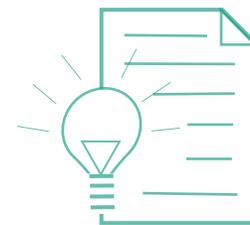
**30.000**

Investigadores e  
Ingenieros



**2.900**

Millones de EUR  
de presupuesto  
anual



Más de **2** patentes al día

# Fraunhofer Chile Research

## Center for Solar Energy Technologies (CSET)

El Centro fue fundado en 2014 en respuesta al llamado de los Ministerios de Energía y de Economía, financiado por el Ministerio de Energía a través de CORFO y ANID, y con la participación de Fraunhofer ISE (Friburgo, Alemania) y la Pontificia Universidad Católica.



### Sistemas Fotovoltaicos

Tecnologías fotovoltaicas

Agrovoltaico

Fotovoltaico flotante



### Sistemas Solares Térmicos

Calor Solar para Procesos Industriales

*District Heating*

Tratamiento de Aguas



### Nuevas Tecnologías

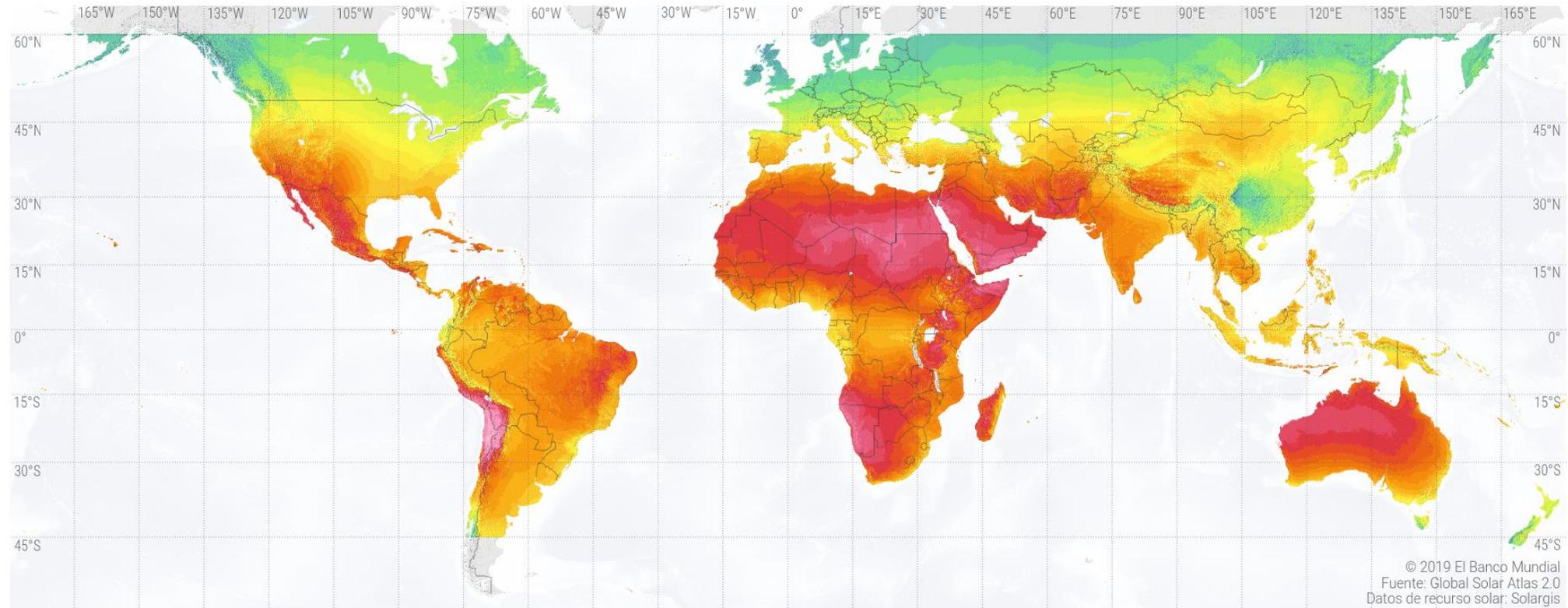
Modelos económicos

Hidrógeno verde

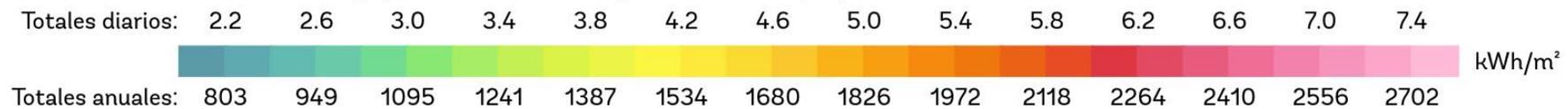
Electromovilidad

# La Energía Solar en Chile y el Mundo

## Irradiación Global Horizontal

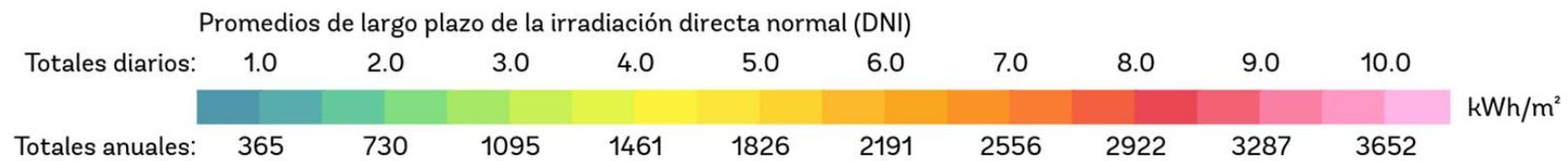
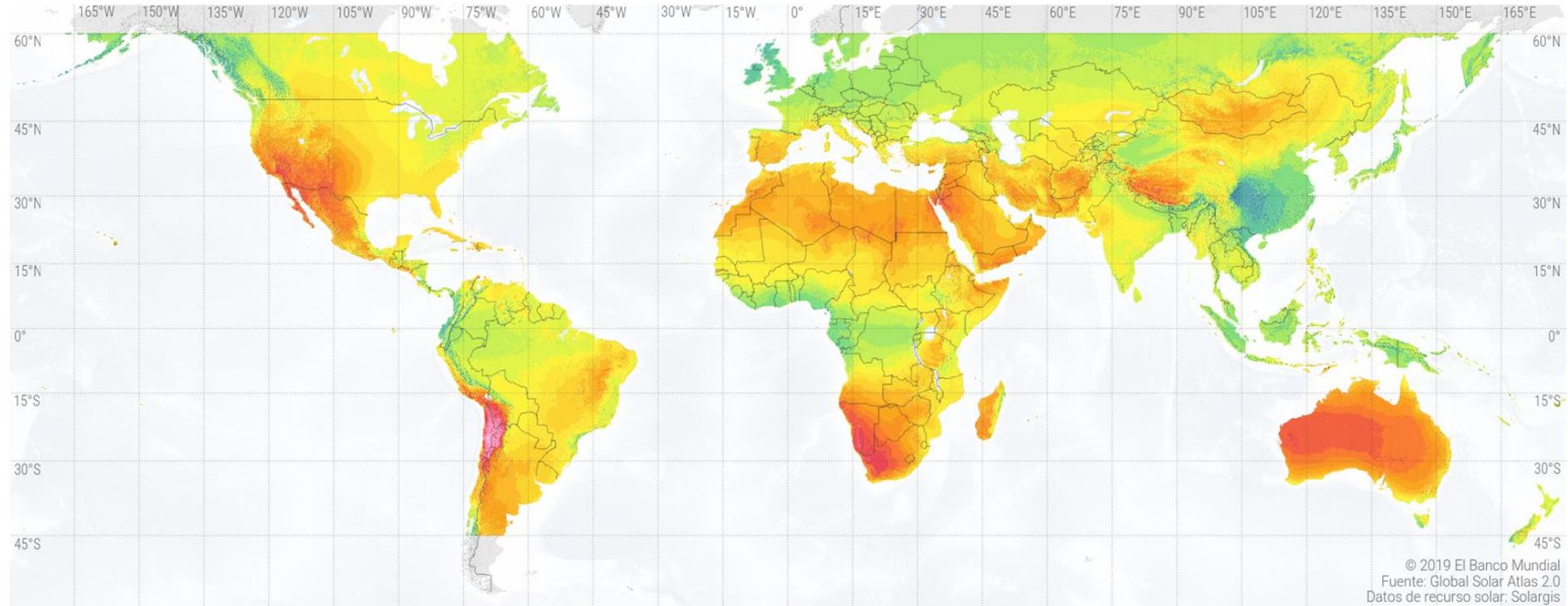


Promedios de largo plazo de la irradiación global horizontal (GHI)



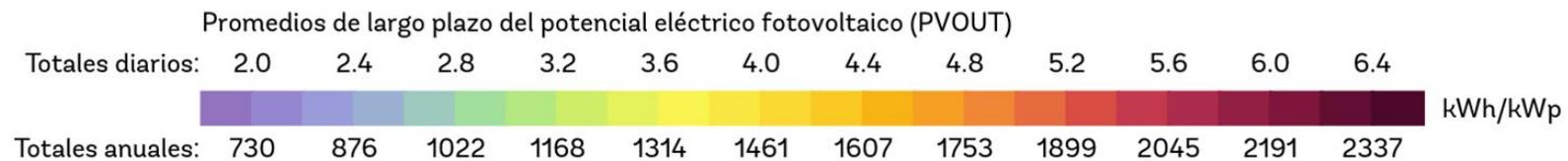
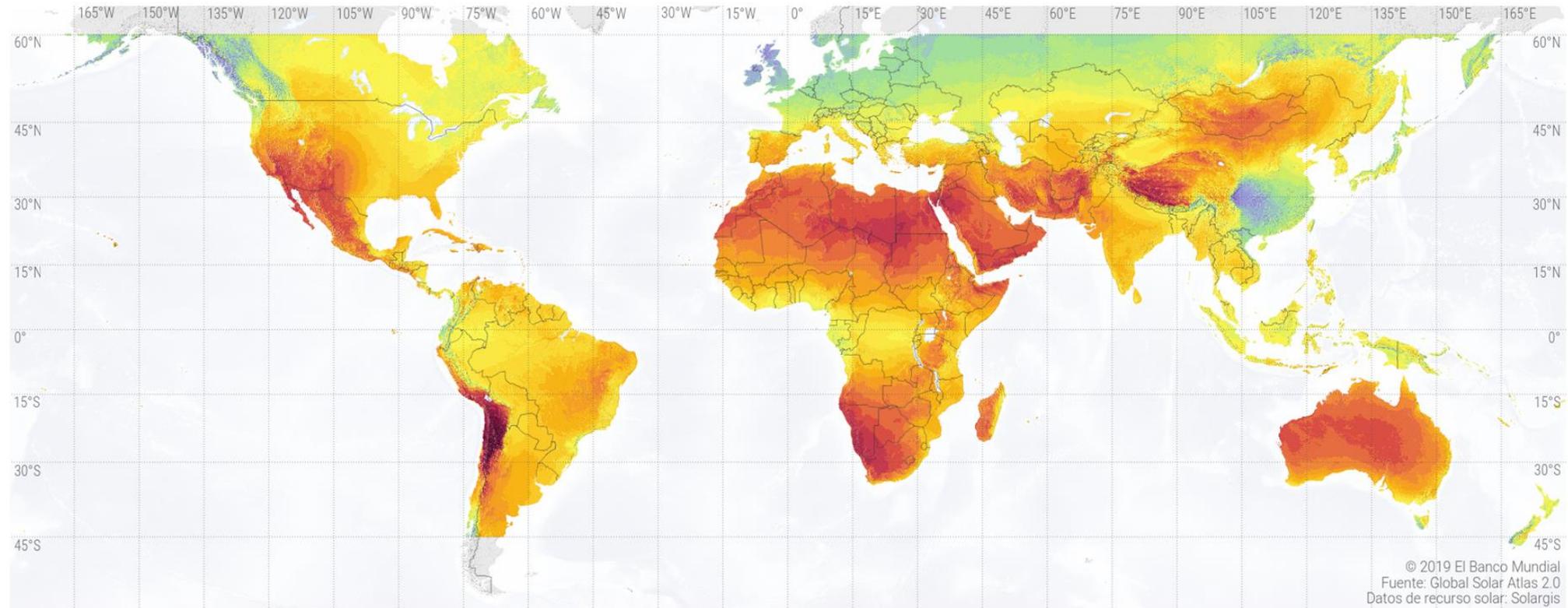
# La Energía Solar en Chile y el Mundo

## Irradiación Directa Normal



# La Energía Solar en Chile y el Mundo

## Potencial Eléctrico Fotovoltaico



# Región de Antofagasta

## El potencial solar más alto del mundo

### CONTEXTO

- Mejor radiación del mundo
- Cielos despejados y secos durante todo el año
- Polvo y ensuciamiento de paneles
- Gran Minería
- Oscilaciones de temperatura
- Dependencia a las horas de luz
- Transmisión insuficiente
- Vertimiento



# Región de Antofagasta

## El potencial solar más alto del mundo

### OPORTUNIDADES

- Vínculo con industria minera, intensiva en energía
- Productos y servicios de gestión de limpieza
- Materiales y sistemas que resistan los factores meteorológicos
- Mejoras en red de transmisión
- Generación distribuida
- Sistemas de almacenamiento
- Concentración Solar de Potencia
- Hidrógeno Verde



# Hidrógeno

## Breve definición

---

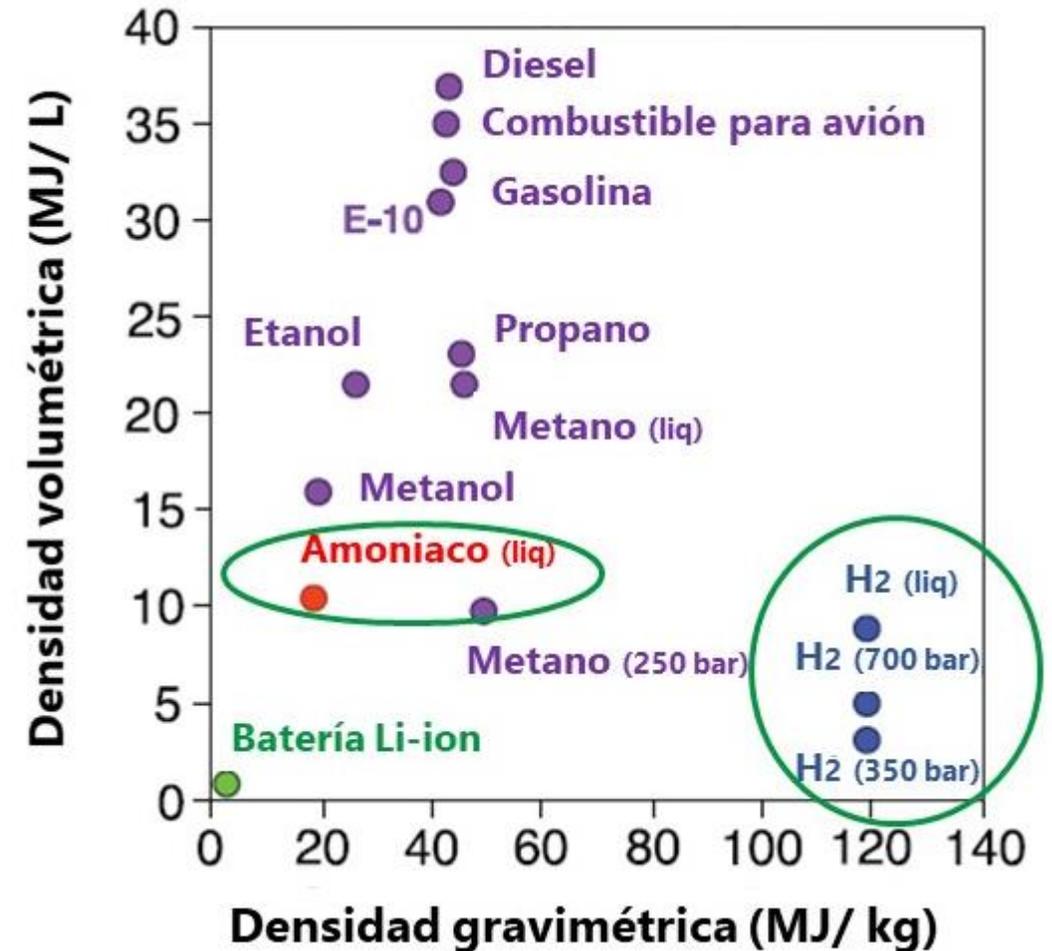
- 1er elemento de la tabla periódica, el más abundante del universo
- Tiene una gran densidad energética por unidad de masa, y una baja densidad energética por unidad de volumen
- A través de la electrólisis, puedo separar la molécula del agua en  $H_2$  y  $O_2$
- Si la electrólisis es realizada con suministro de energía renovable, como la energía solar, el hidrógeno producido es considerado hidrógeno verde, es decir, un combustible cero emisiones



# Hidrógeno

## Breve definición

- 1er elemento de la tabla periódica, el más abundante del universo
- Tiene una gran densidad energética por unidad de masa, y una baja densidad energética por unidad de volumen
- A través de la electrólisis, puedo separar la molécula del agua en H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>
- Si la electrólisis es realizada con suministro de energía renovable, como la energía solar, el hidrógeno producido es considerado hidrógeno verde, es decir, un combustible cero emisiones

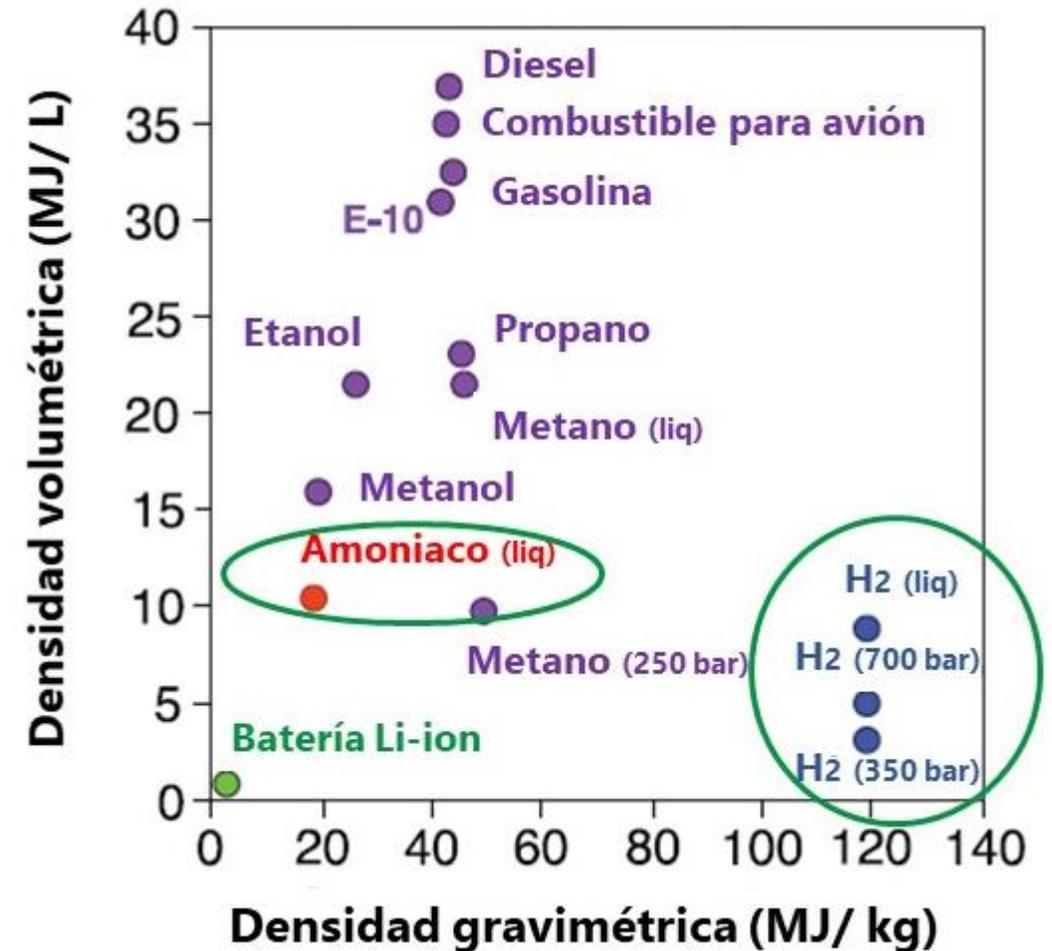


# Hidrógeno

## Breve definición

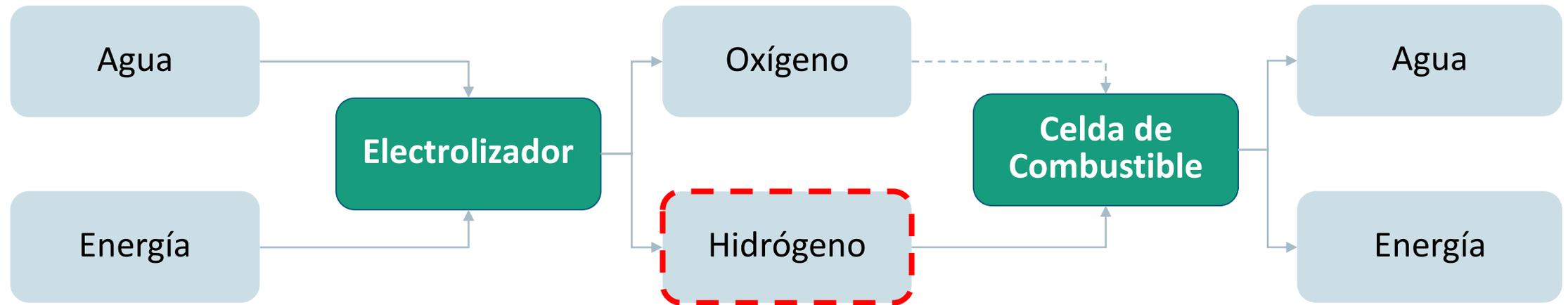
### Algunos problemas...

- La baja densidad energética por unidad de volumen
- Dificultad de comprimir y transportar el hidrógeno
- Requiere una gran inversión y cambio en la infraestructura (producción, almacenamiento, transporte y aplicaciones)
- Aún no es costo-eficiente comparado con los combustibles fósiles



# Hidrógeno

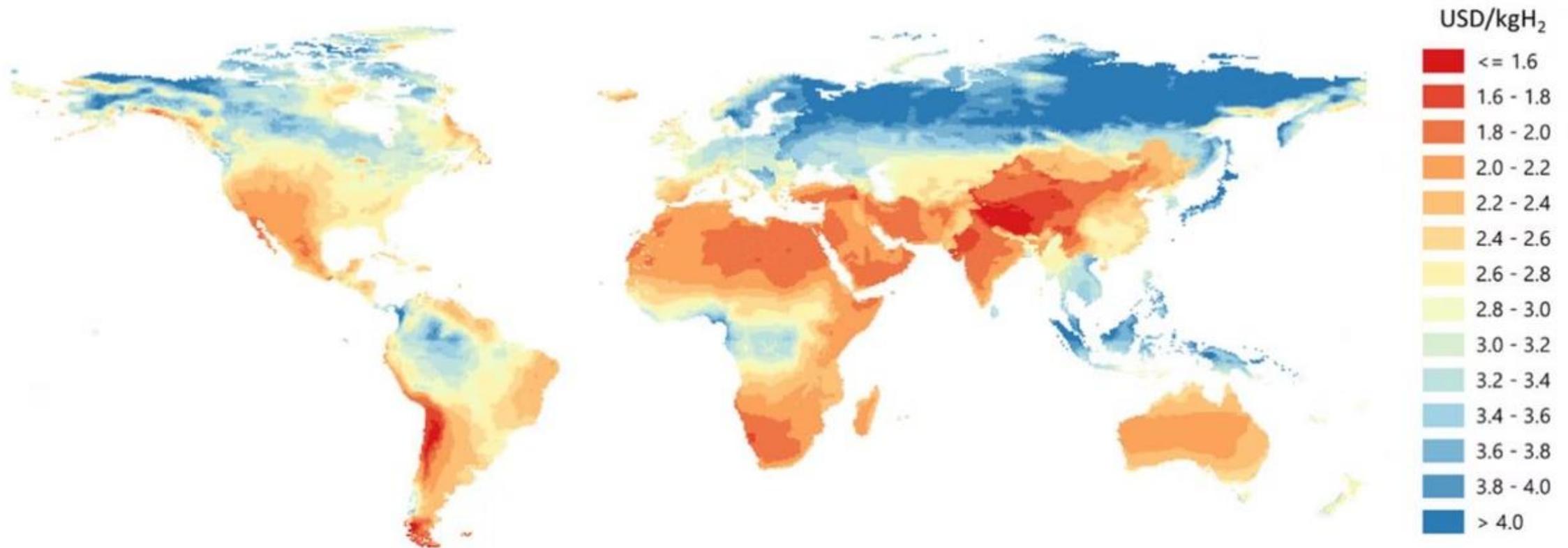
## Breve definición



# La Oportunidad del Hidrógeno Verde en Chile

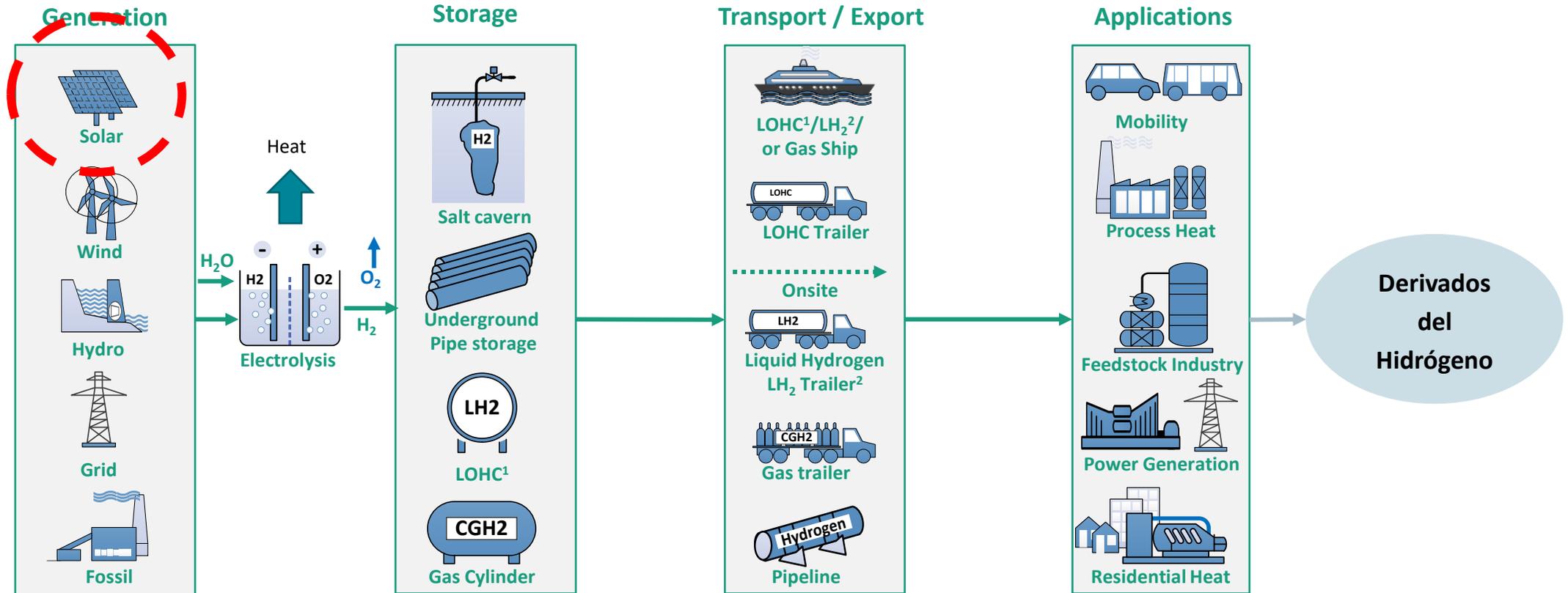
## Costos de producción de H<sub>2</sub>V mediante energía solar y eólica

Dado el potencial solar en el norte de Chile, el costo de producción de 1 kg de H<sub>2</sub> podría alcanzar **menos de \$2 USD** en el largo plazo. De la misma manera, dado su potencial eólico, la Patagonia sería otro lugar potencial para la producción de H<sub>2</sub> por debajo de \$2 USD/kg.



# Cadena de Valor del Hidrógeno Verde

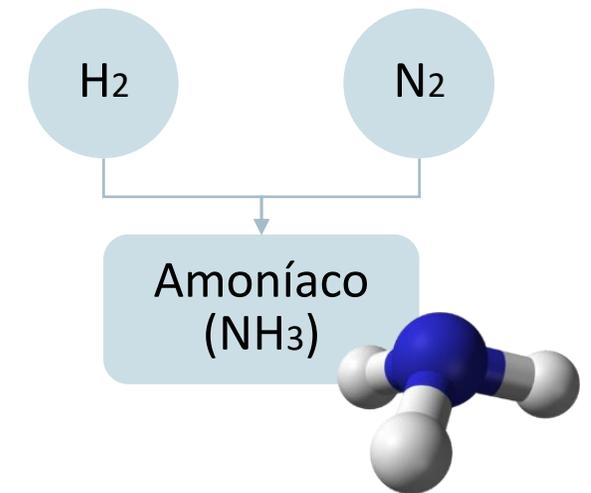
## Oportunidades para la Región de Antofagasta



# Proyectos Anunciados en Hidrógeno Verde para la Región de Antofagasta

## HyEx

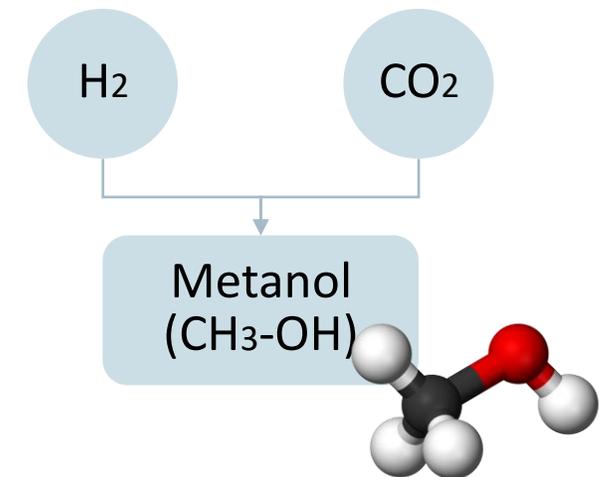
- Consorcio liderado por Engie, con participación de Enaex
- Producción de hidrógeno verde con una capacidad de electrólisis de 26 MW, equivalente a 3.200 toneladas de H<sub>2</sub>/año
- El hidrógeno verde producido será usado para sintetizar amoníaco verde, 18.000 ton/año, para explosivos de voladura al año 2025
- El amoníaco gris hoy usado por Enaex representa ~90% de su huella de carbono
- Reducirá 30.000 ton/año de CO<sub>2</sub>
- Adjudicatario de ~\$2,5 millones de USD de parte de CORFO



# Proyectos Anunciados en Hidrógeno Verde para la Región de Antofagasta

## AMER (Antofagasta Mining Energy Renewable)

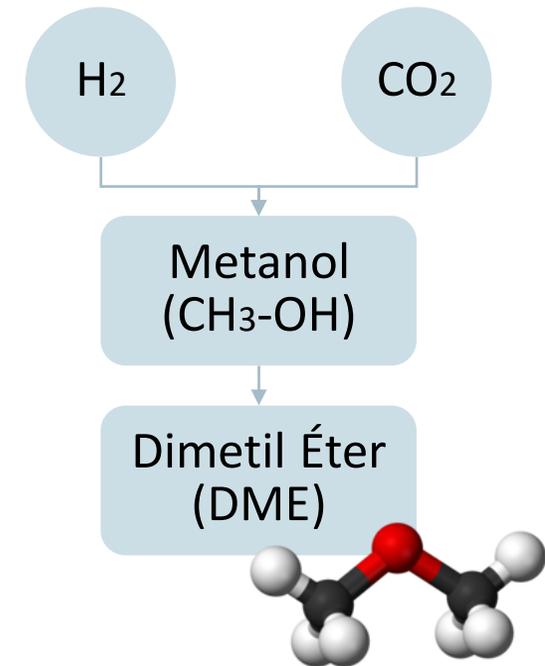
- Proyecto liderado por Air Liquide, con apoyo de socios industriales
- Producción de hidrógeno verde con una capacidad de electrólisis de 80 MW
- El hidrógeno verde producido será usado para sintetizar metanol verde, 60.000 ton/año, potencialmente usado para *blending* con combustibles fósiles
- Utilizará CO<sub>2</sub> desde una fuente industrial
- Adjudicatario de ~\$9,5 millones de USD de parte de CORFO



# Proyectos Anunciados en Hidrógeno Verde para la Región de Antofagasta

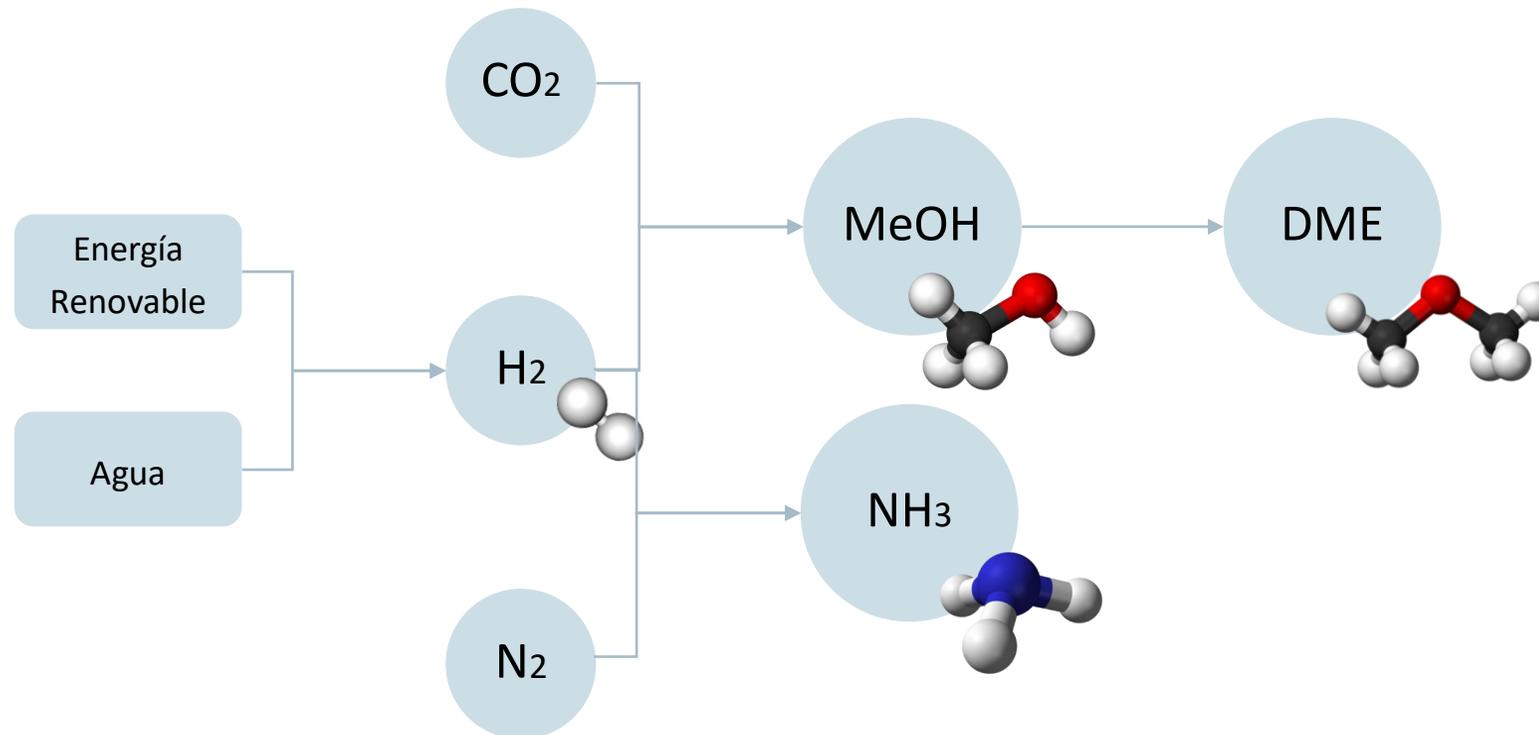
## Power-to-MEDME

- Consorcio científico-industrial, con stakeholders nacionales e internacionales
- Desde la generación de energía renovable hasta la aplicación del dimetil éter producido
- Producción de hidrógeno verde en 3 etapas (8,7 MW | 100 MW | 1-3 GW), 1.340 ton/año de H<sub>2</sub> para la primera etapa
- Producción de metanol verde y eDME, 5.800 y 4.200 ton/año para la primera etapa, respectivamente, para el año 2024
- Proyecto pre-clasificado para fondo alemán Funding Guidelines de \$25 millones EUR



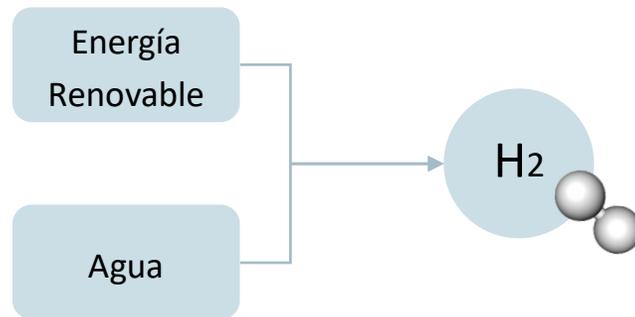
# Hidrógeno Verde

## Derivados como camino de transición



# Hidrógeno Verde

## Derivados como camino de transición



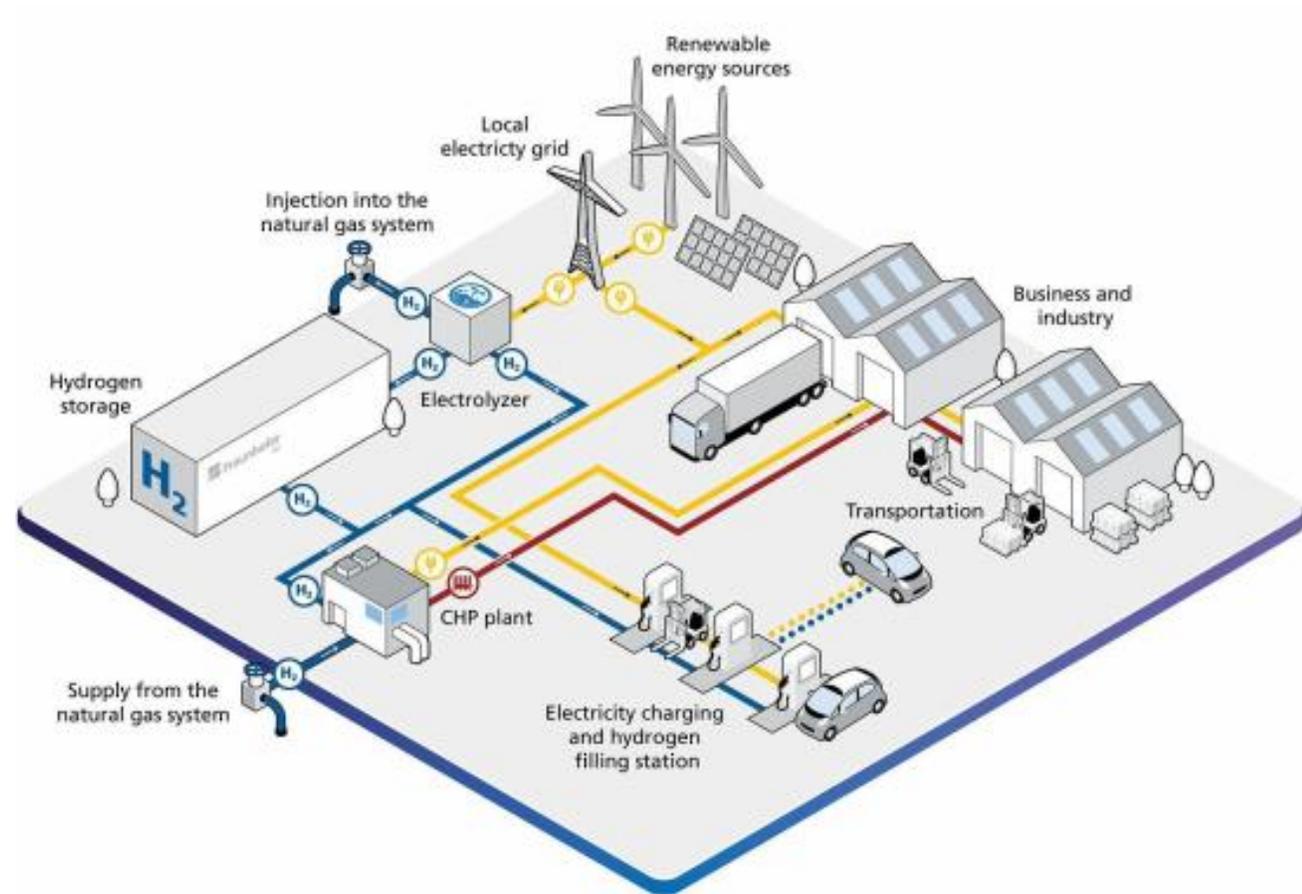
- Se crean conocimientos y capacidades en torno al hidrógeno verde
- Es posible compartir riesgo e infraestructura
- Proyectos demostrativos que atraerán mayor inversión, más proyectos y más capacidad instalada para producir hidrógeno verde
- Camino de transición mientras bajan los costos de las tecnologías y mejoran su eficiencia

**... pero existe una gran brecha de información entre las empresas.**

# Hidrógeno Verde

## Plantas de producción de H<sub>2</sub>V del futuro

- Interconexión entre empresas
- Múltiples servicios
- Compartir riesgos e infraestructura
- Aplicaciones industriales, de transporte, residenciales y más
- Es necesario potenciar e incluir una red de proveedores que sostenga la industria del hidrógeno...





# Iniciativas de Sensibilización, Capacitación y Redes para Proveedores

## Red + Energía - CEIM

---

- Programa ejecutado por el Centro de Entrenamiento Industria y Minero (CEIM) de Fundación Educacional Escondida
- Adjudicatario de FIC-R del GORE Antofagasta, con apoyo del Comité Corfo Antofagasta y el Cluster de Energía
- Duración de 2 años, con el objetivo de formar y transferir capacidades a emprendimientos y empresas en torno a la industria energética, a través de su Escuela de Desarrollo de Competencias para la Industria Energética
- Fases de levantamiento, capacitación y prospección tecnológica para empresas y emprendimientos de la región



# Iniciativas de Sensibilización, Capacitación y Redes para Proveedores Hidrógeno Verde, una oportunidad para la Región de Antofagasta – Quintil Valley

---

## Quintil Valley



- Quintil Valley, agencia de innovación orientada al rubro minero, con presencia en Chile, Perú y Colombia. Foco en hidrógeno verde y electromovilidad
- Adjudicatario de “Programa de Difusión Tecnológica” de Corfo, para la realización de distintos talleres en torno al hidrógeno verde, en temáticas como:
  - Cadena de Valor
  - Oportunidades de financiamiento
  - Regulación y normativa
  - Capital humano

# Iniciativas de Sensibilización, Capacitación y Redes para Proveedores

## H2VA – CICITEM, Club de Innovación y Fraunhofer Chile

---

- Proyecto “Bienes Públicos” impulsado por Comité Corfo Antofagasta y GORE Antofagasta, ejecutado por CICITEM y co-ejecutado por Club de Innovación y Fraunhofer Chile
- El proyecto consta de tres focos:
  - Identificar y capacitar a la red de proveedores con presencia regional
  - Validar y priorizar con la industria los principales (9) casos de uso para el hidrógeno en la región
  - Vincular a grandes empresas con proveedores, en torno a los casos de uso priorizados



# Casos de uso del hidrógeno verde Región de Antofagasta ¿Dónde están las oportunidades regionales?

Proyecto apoyado por



Ejecutado por

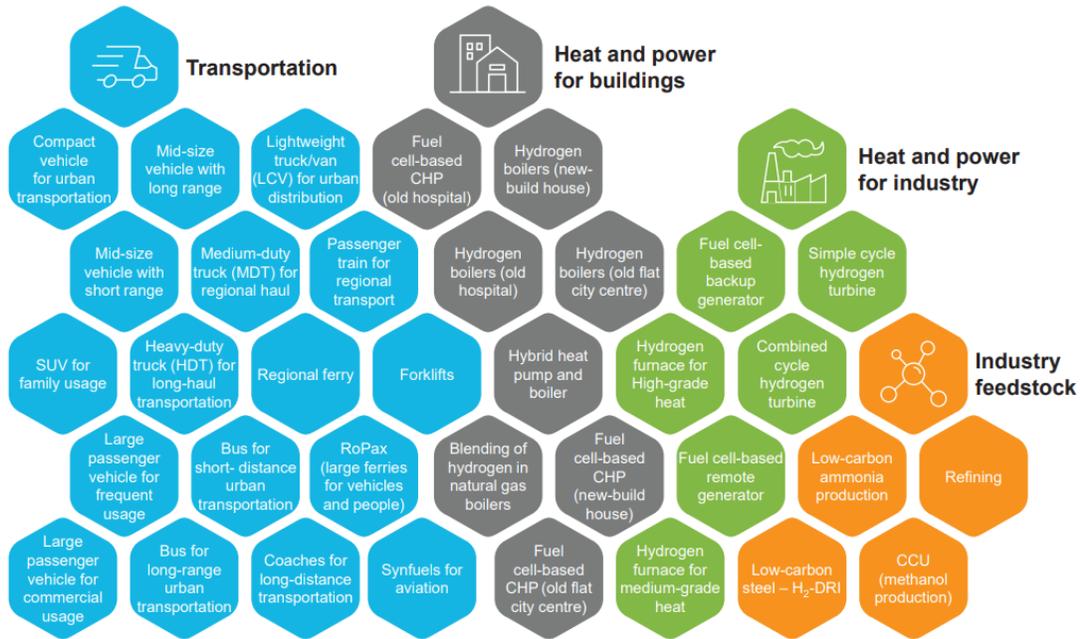


Co-ejecutado por



# A nivel global

Más allá de los usos convencionales,  
¿Dónde se puede aplicar el hidrógeno verde?



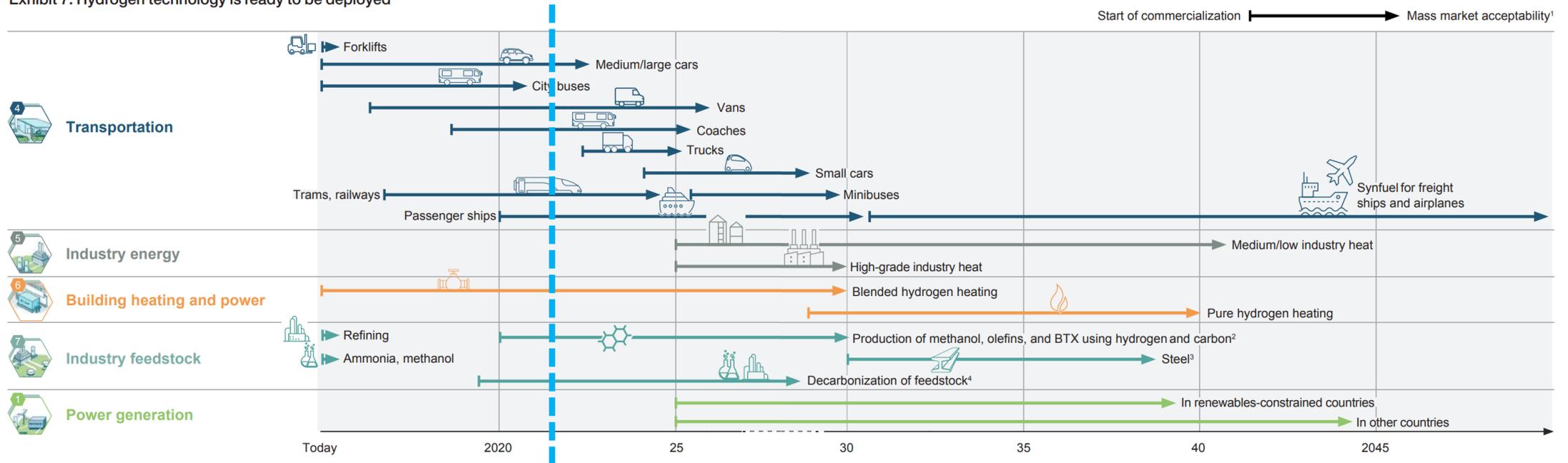
Para identificar dichas oportunidades sobre los casos de uso del hidrógeno, buscamos respuestas a una serie de preguntas, las que ayudaron a orientar el proceso.

[Hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness\\_Full-Study-1.pdf](https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf)

# A nivel global

Desde el punto de vista tecnológico y comercial  
 ¿Cuáles están más maduras?, ¿Existen casos de éxito/pilotos?  
 ¿Cuáles son más competitivas en el corto, mediano y largo plazo?

Exhibit 7: Hydrogen technology is ready to be deployed

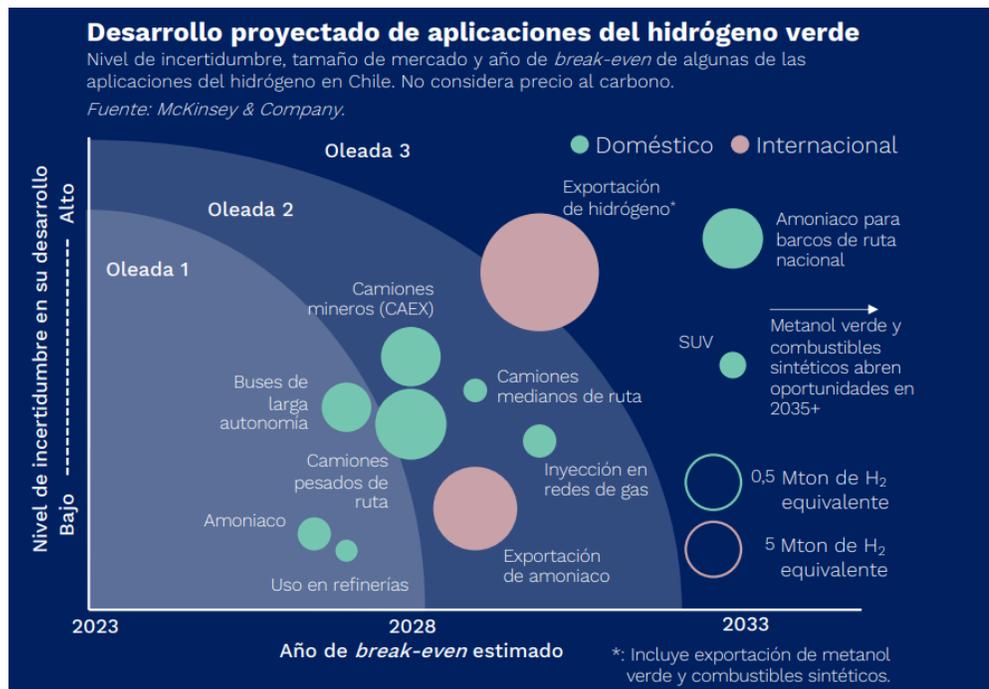


1 Defined as sales >1% within segment in priority markets  
 2 Market share refers to the amount of production that uses hydrogen and captured carbon to replace feedstock  
 3 DRI with green hydrogen, iron reduction in blast furnaces, and other low-carbon steel making processes using hydrogen  
 4 Market share refers to the amount of feedstock that is produced from low-carbon sources  
 SOURCE: Hydrogen Council

<https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>

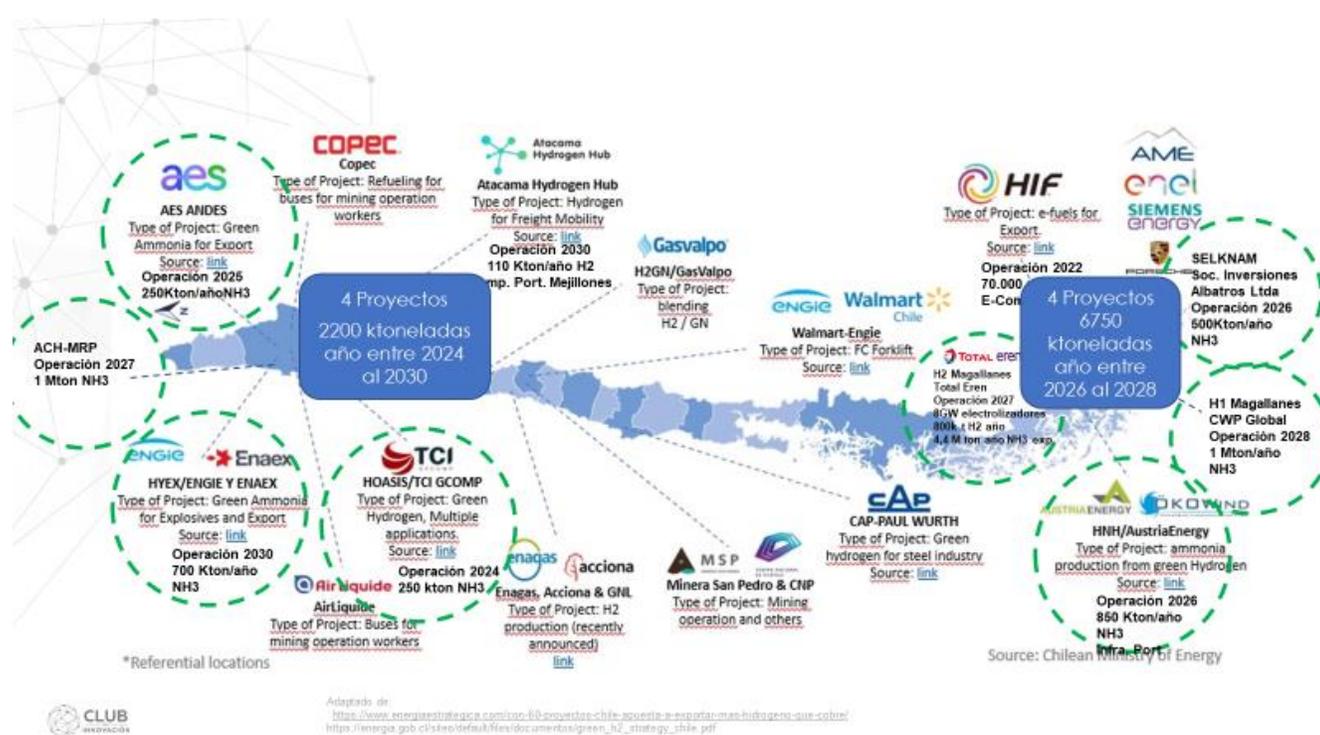
# A nivel nacional

¿Cuál es la proyección de las aplicaciones en Chile?



Estrategia nacional de hidrógeno verde Ministerio de Energía 2020

¿Qué proyectos de H2 y derivados han sido anunciados en la región?



# A nivel regional

Además de minería,

¿Cuáles son las industrias más relevantes según ventas, empleo y cantidad de empresas?

Consideraciones % > 4% empleo:

1. Construcción 25%
2. Manufactura 17,6 %
3. Comercio 13,4 %
4. Inmobiliarias 10,4 %
5. Transporte y telecom. 6,4 %
6. Minería 6,1%
7. Enseñanza 5,7%
8. Hoteles y restaurantes 5,1 %

## Participación en el número de empresas, ventas y empleo

(% del total, 2012)

Sector	Número empresas		Ventas		Empleo	
	Región	País	Región	País	Región	País
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	0,4%	8,7%	0,1%	3,2%	0,1%	8,4%
Pesca	0,2%	0,3%	0,2%	0,8%	0,3%	0,5%
Minería	1,5%	0,6%	39,4%	6,5%	6,1%	1,5%
Manufactura	8,6%	9,1%	9,7%	18,6%	17,6%	13,5%
Electricidad, Gas y Agua	0,2%	0,3%	11,5%	5,7%	1,6%	0,8%
Construcción	11,1%	7,5%	9,8%	6,0%	25,0%	16,9%
Comercio	38,5%	35,6%	12,0%	24,9%	13,4%	17,5%
Hoteles y Restaurantes	7,0%	4,5%	1,9%	0,8%	5,1%	3,5%
Transportes y Telecomunicaciones	12,1%	9,9%	6,1%	5,2%	6,4%	6,0%
Intermediación Financiera	1,4%	5,1%	1,6%	20,6%	0,8%	2,8%
Act inmobiliarias, empresariales y de alquiler	10,7%	10,4%	4,3%	5,0%	10,4%	13,5%
Adm. pública y defensa	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	2,6%	4,3%
Enseñanza	0,8%	1,1%	1,2%	1,2%	5,7%	4,9%
Ss sociales y salud	2,3%	1,9%	1,2%	0,8%	2,4%	2,4%
Servicios comunitarios, sociales y personales	5,1%	4,6%	0,9%	0,5%	2,5%	3,3%
Consejo de adm. de edificios y condominios	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
Org. Y órganos extraterritoriales	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sin datos	0,0%	0,1%	n/d	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: SII, 2012



Proyecto apoyado por



Ejecutado por



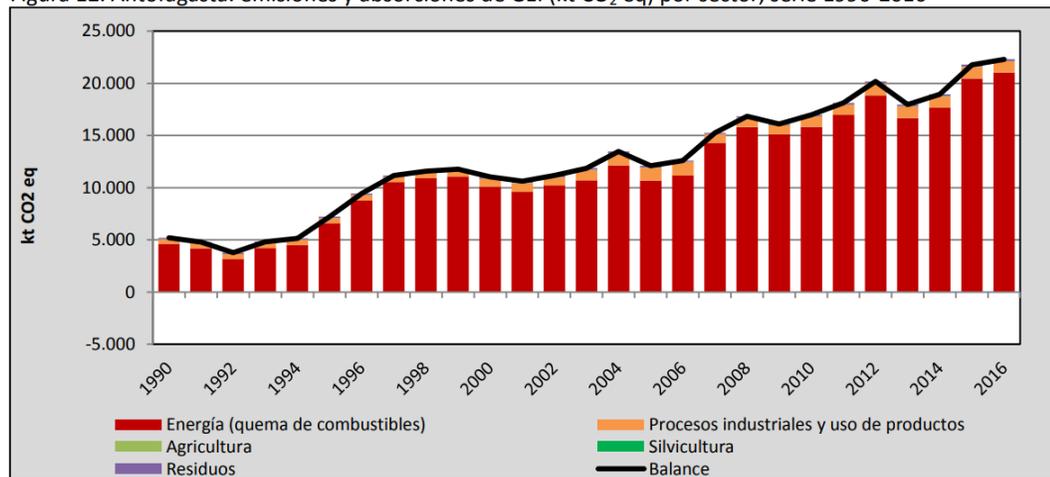
Co-ejecutado por



# A nivel regional

## ¿Cuáles son las principales fuentes de GEI?

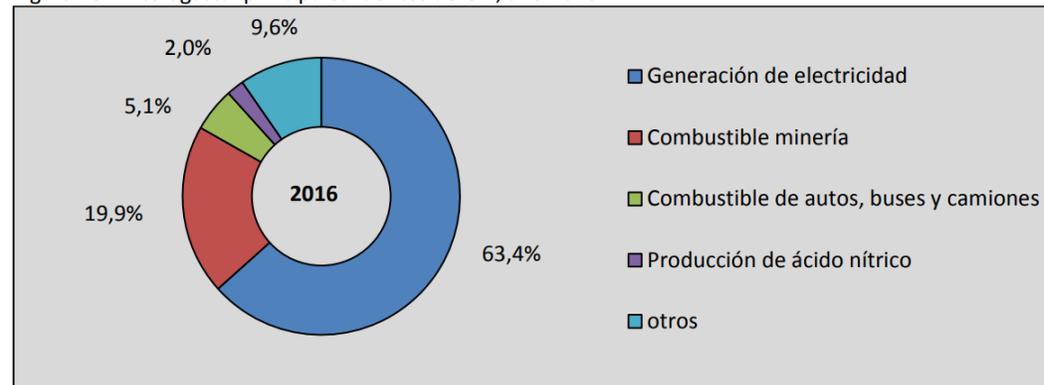
Figura 12. Antofagasta: emisiones y absorciones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) por sector, serie 1990-2016



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

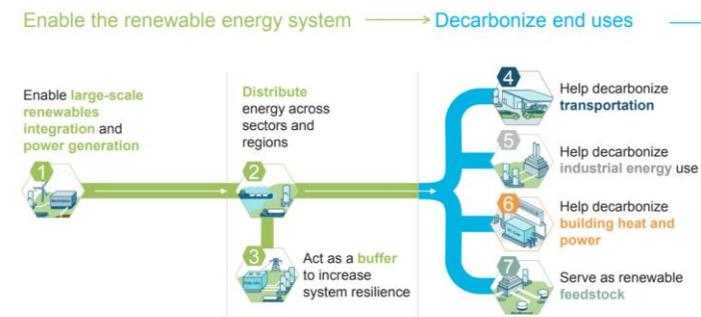
A nivel de fuentes de GEI individuales sin considerar sumideros (Figura 13), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en la *Generación de electricidad* (63,4 %), *Combustible minería* (19,9 %) y *Combustible autos, buses y camiones* (5,1 %). Adicionalmente el 2,0 % corresponde a las emisiones de N<sub>2</sub>O generadas en el proceso de *Producción de ácido nítrico*. Las otras fuentes representaron el 9,6 % de los GEI de la región.

Figura 13. Antofagasta: principales fuentes de GEI, año 2016



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Exhibit 3: Hydrogen can play 7 roles in the energy transition



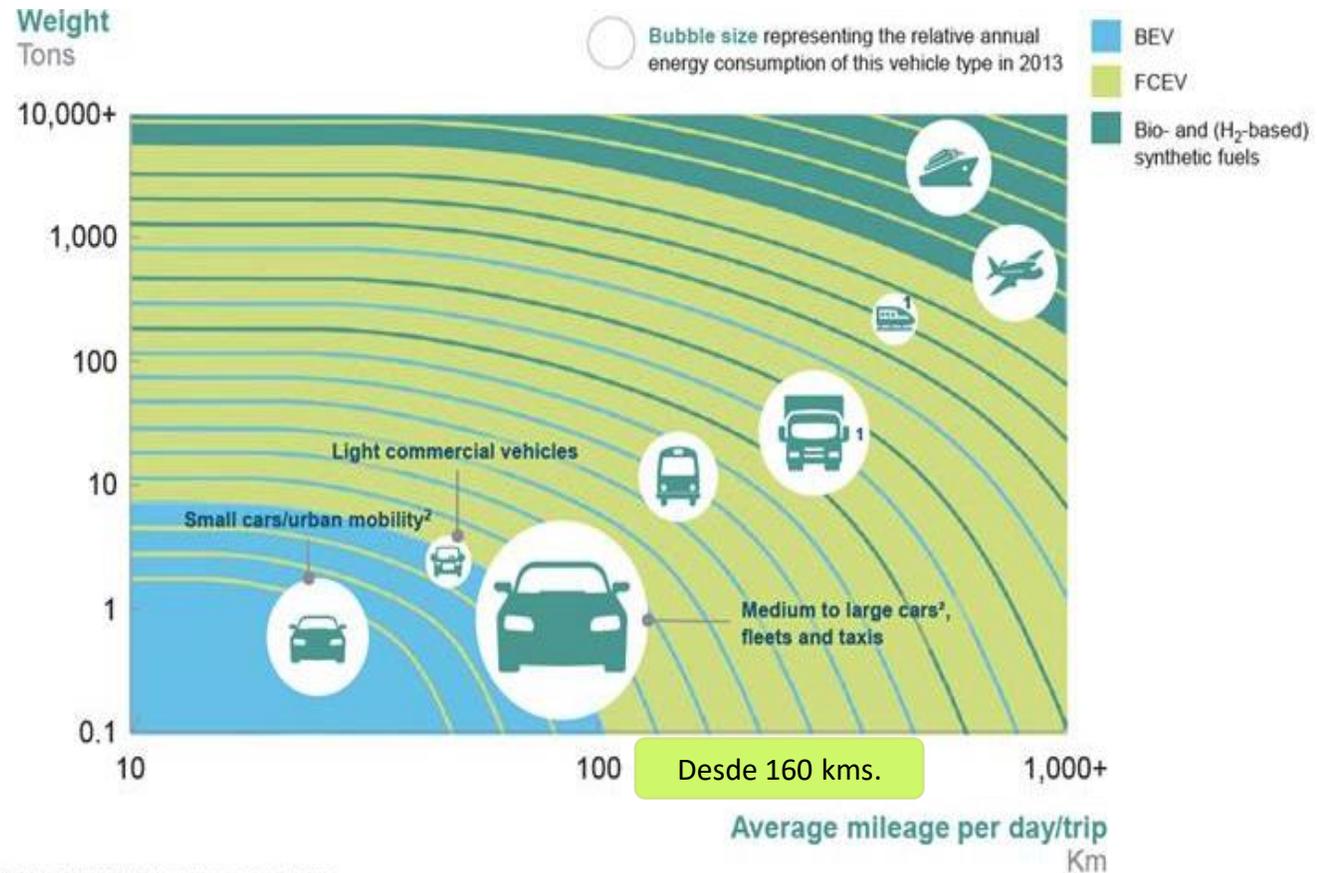
# A nivel regional

¿En qué casos conviene utilizar soluciones de transporte con uso de H2?  
¿Dónde se podría aplicar el hidrogeno en el transporte?

Provincias	Comunas	Población Comunal	Superficie Comunal	Población Provincial	Superficie Provincial	% Poblacional	% Comuna/ Provincia
Antofagasta	Antofagasta	296.905	30.718 Km2	318.779	65.987 Km2	65%	93%
	Mejillones	8.418	3.804 Km2				3%
	Sierra Gorda	2.356	12.886 Km2				1%
	Taltal	11.100	20.405 Km2				3%
Tocopilla	María Elena	7.530	12.197 Km2	31.516	16.236 Km2	6%	24%
	Tocopilla	23.986	4.039 Km2				76%
	Calama	138.402	15.597 Km2				96%
El Loa	Ollagüe	318	2.964 Km2	143.689	41.999 Km2	29%	0%
	San Pedro de Atacama	4.969	23.439 Km2				3%
	Región de Antofagasta	493.984	126.049 Km2				493.984

Modo	Vehículos Vigentes	Promedio Antigüedad
Taxis Colectivos	4.096	5
Taxis básico	578	5
Transporte Público mayor urbano	996	9
Transporte Público Rural	75	8
Transporte Interurbano	25	9
Transporte escolar	400	7
Total	6.170	7

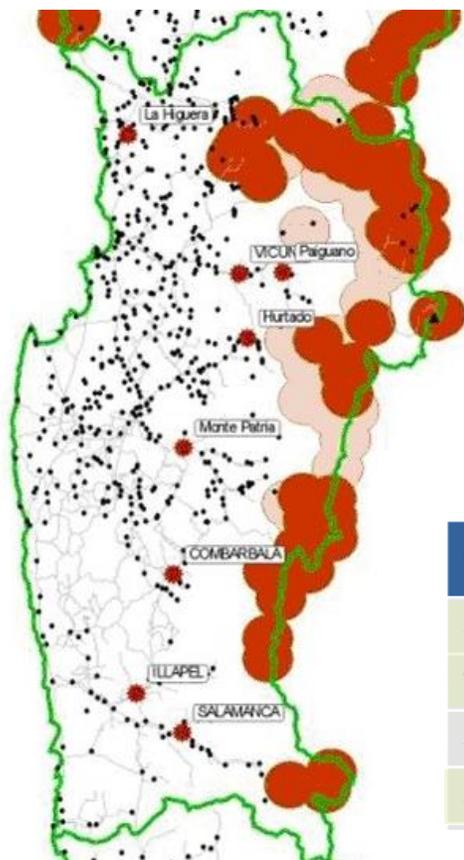
Comuna	% Flota por modalidad				
	Taxis colectivos	Taxis básicos	Buses urbanos	Buses rurales	Buses interurbanos
Antofagasta	57%	40%	71%	47%	16%
Calama	38%	24%	29%	27%	84%
María Elena	0%	4%	0%	1%	0%
Mejillones	0%	4%	0%	0%	0%
San Pedro de Atacama	0%	1%	0%	0%	0%
Taltal	0%	12%	0%	1%	0%
Tocopilla	5%	15%	0%	24%	0%
Sierra Gorda	0%	0%	0%	0%	0%
Ollagüe	0%	0%	0%	0%	0%



1 Battery-hydrogen hybrid to ensure sufficient power  
2 Split in A- and B-segment LDVs (small cars) and C+ segment LDVs (medium to large cars) based on a 30% market share of A/B-segment cars and a 50% less energy demand  
Source: Toyota, Hyundai, Daimler

# A nivel regional

¿Dónde se podría utilizar el H2 como fuente de almacenamiento de energía limpia?



Región	Nombre Comuna	Localidades en condiciones de aislamiento	Localidades sin condiciones de aislamiento	Total Localidades	Población en condición de aislamiento	Población sin condición de aislamiento	Población Censo 2017
Antofagasta	Ollagüe	9	-	9	321	-	321
Antofagasta	San Pedro De Atacama	33	13	46	3.203	7.793	10.996
Antofagasta	Tocopilla	4	30	34	41	25.145	25.186
Antofagasta	María Elena	7	4	11	1.520	4.937	6.457
Antofagasta	Antofagasta	10	24	34	5.350	356.523	361.873
Antofagasta	Mejillones	1	9	10	7	13.460	13.467
Antofagasta	Sierra Gorda	9	5	14	8.680	1.506	10.186
Antofagasta	Taltal	44	10	54	1.558	11.759	13.317
Antofagasta	Calama	11	27	38	4.032	161.699	165.731

Región	Localidades en condiciones de aislamiento	Localidades sin condiciones de aislamiento	Total Localidades	Población en condición de aislamiento	Población sin condición de aislamiento	Población Censo 2017 <sup>10</sup>
Arica y Parinacota	332	93	425	2.481	223.587	226.068
Tarapacá	167	145	312	10.003	320.555	330.558
<b>Antofagasta</b>	<b>128</b>	<b>122</b>	<b>250</b>	<b>24.712</b>	<b>582.822</b>	<b>607.534</b>
Atacama	223	433	656	5.285	280.883	286.168

<https://www.descentralizachile.cl/wp-content/uploads/2021/05/Estudio-Base-Censal-Localidades-Aisladas.pdf>

# Usos y Aplicaciones del H<sub>2</sub> de Aplicación en la región de Antofagasta

## Transporte/Movilidad

- Vehículos livianos
  - Taxis
  - VAN para distribución urbana
- Buses
  - Transporte urbano de larga distancia
  - Transporte de personas para viajes de larga distancia
- Camiones
  - Transporte livianos para viajes regionales
  - Transporte pesado para largas distancias
  - Servicios públicos
- Tren
  - Carga
- Embarcaciones
  - Pesqueras
- Equipos
  - Mineros
  - Montacargas (Forklifts)

## Calor y Energía Para Edificios

- Calderas a hidrógeno
  - Para uso en hospitales
- Mezcla de H<sub>2</sub> con CH<sub>4</sub> para la red
- Generación sitios remotos basados en FC

## Calor y Energía Para la industria

- Generadores de respaldo basados en FC
- Turbinas
- Hornos
  - A hidrógeno para altas temperaturas
  - A hidrógeno para temperaturas medias
- Calderas Industriales
- Generación remotos basados en FC
- Mezcla de H<sub>2</sub> con CH<sub>4</sub>:
  - Para la red
  - Para calderas y procesos industriales

## Materia prima industrial y otros para:

- Producción de químicos
  - Amoníaco, metanol, combustibles sintéticos y otros
- Producción de metales
  - Cobre (producción y reducción)

Exportación de H<sub>2</sub>

Servicios

De ese modo, identificamos 21 casos de uso de gran valor regional sobre los cuales se debían priorizar nueve.

- Informe

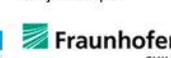
Proyecto apoyado por



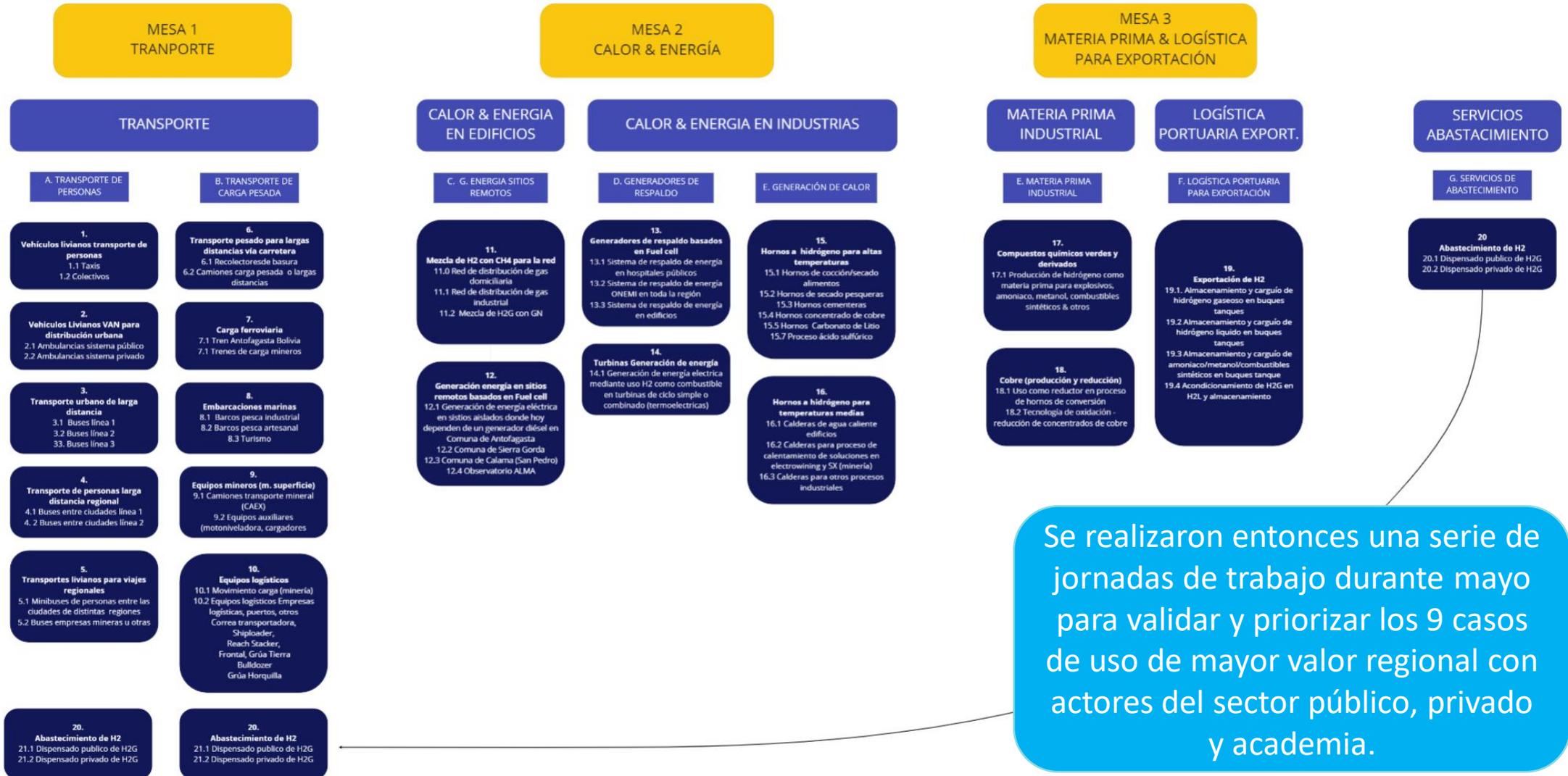
Ejecutado por



Co-ejecutado por



# Usos y Aplicaciones del H<sub>2</sub> de Aplicación en la región de Antofagasta



# Criterios de análisis para la identificación y priorización de casos de uso de H2V en Antofagasta



Para esto invitamos a los participantes a opinar sobre los casos de uso utilizando una serie de criterios como factibilidad, impacto regional y potencial de escalamiento.

Basado en metodología Alianza Estratégica de Hidrógeno Bío-Bío (2021)

## MESA DE TRANSPORTE DE PERSONAS & CARGA (5/10)

1. Transporte urbano larga distancia
2. Transporte personas viajes larga distancia regional
3. Transporte pesado para largas distancias
4. Equipos mineros de superficie
5. Equipos logísticos

## MESA DE CALOR Y ENERGÍA (3/6)

6. Mezcla de H2 con CH4 para la red (\*\*incluye turbinas de generación de energía para termoeléctricas)
7. Generación energía en sitios remotos basados en Fuel Cell (\*\*almacenamiento para fines eléctricos)
8. Hornos y calderas a hidrógeno

## MESA DE MATERIA PRIMA & LOGÍSTICA PARA EXPORTACIÓN (1/3)

9. Amoniaco/Metanol/combustibles sintéticos y otros vinculado a logística portuaria para su exportación

# PRIORIZACIÓN CASOS DE USO



De esta manera se seleccionaron los 9 casos de uso del hidrógeno verde a explorar como oportunidades para la región de Antofagasta.

# Transporte de personas



1

3.  
**Transporte urbano de larga distancia (en la ciudad)**

- 3.1 Buses línea 1
- 3.2 Buses línea 2
- 33. Buses línea 3

2

4.  
**Transporte de personas larga distancia regional (entre ciudades)**

- 4.1 Buses entre ciudades línea 1
- 4.2 Buses entre ciudades línea 2

A. TRANSPORTE DE PERSONAS

1.  
Vehículos livianos transporte de personas  
1.1 Taxis  
1.2 Colectivos

2.  
Vehículos Livianos VAN para distribución urbana  
2.1 Ambulancias sistema público  
2.2 Ambulancias sistema privado

1  
3.  
Transporte urbano de larga distancia  
3.1 Buses línea 1  
3.2 Buses línea 2  
33. Buses línea 3

2  
4.  
Transporte de personas larga distancia regional  
4.1 Buses entre ciudades línea 1  
4.2 Buses entre ciudades línea 2

5.  
Transportes livianos para viajes regionales  
5.1 Minibuses de personas entre las ciudades de distintas regiones  
5.2 Buses empresas mineras u otras

# Transporte de carga



3

6.

**Transporte pesado para largas distancias vía carretera**  
 6.1 Recolectores de basura  
 6.2 Camiones carga pesada o largas distancias

4

9.

**Equipos mineros (m. superficie)**  
 9.1 Camiones transporte mineral (CAEX)  
 9.2 Equipos auxiliares (motoniveladora, cargadores)

5

10.

**Equipos logísticos**  
 10.1 Movimiento carga (minería)  
 10.2 Equipos logísticos Empresas logísticas, puertos, otros  
 Correa transportadora,  
 Shiploader,  
 Reach Stacker,  
 Frontal, Grúa Tierra  
 Bulldozer  
 Grúa Horquilla

B. TRANSPORTE DE CARGA PESADA

3

6.  
**Transporte pesado para largas distancias vía carretera**  
 6.1 Recolectores de basura  
 6.2 Camiones carga pesada o largas distancias

7.

**Carga ferroviaria**  
 7.1 Tren Antofagasta Bolivia  
 7.1 Trenes de carga mineros

8.

**Embarcaciones marinas**  
 8.1 Barcos pesca industrial  
 8.2 Barcos pesca artesanal  
 8.3 Turismo

4

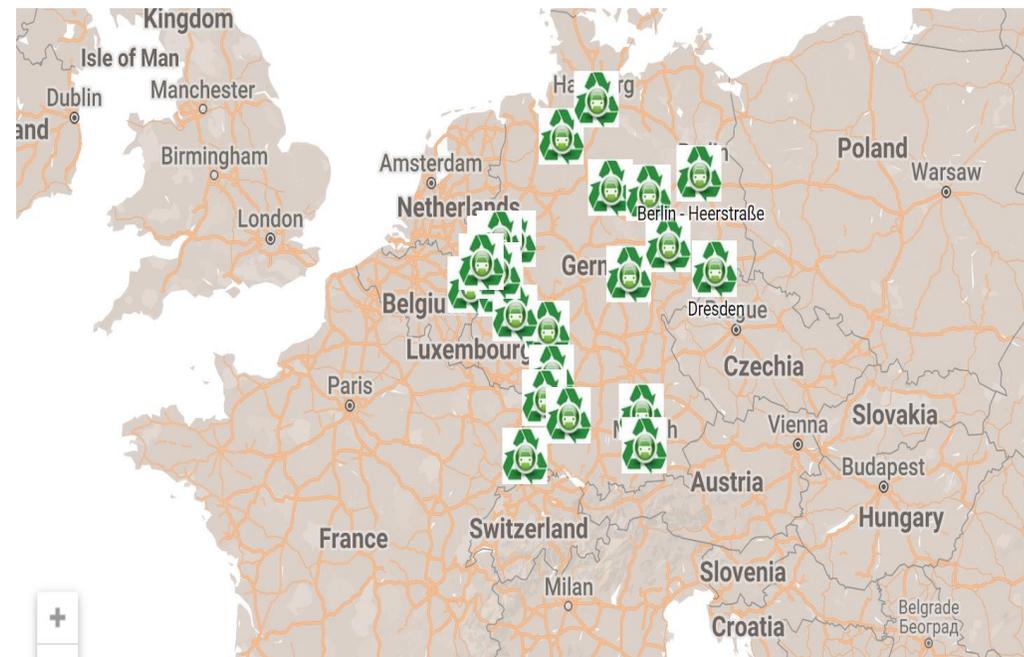
9.  
**Equipos mineros (m. superficie)**  
 9.1 Camiones transporte mineral (CAEX)  
 9.2 Equipos auxiliares (motoniveladora, cargadores)

5

10.  
**Equipos logísticos**  
 10.1 Movimiento carga (minería)  
 10.2 Equipos logísticos Empresas logísticas, puertos, otros  
 Correa transportadora,  
 Shiploader,  
 Reach Stacker,  
 Frontal, Grúa Tierra  
 Bulldozer  
 Grúa Horquilla

# Sistemas de abastecimiento

20  
Abastecimiento de H2  
20.1 Dispensado publico de H2G  
20.2 Dispensado privado de H2G



# Calor & Energía



**6**

**11. Mezcla de H2 con CH4 para la red**

- 11.0 Red de distribución de gas domiciliaria
- 11.1 Red de distribución de gas industrial
- 11.2 Mezcla de H2G con GN

**14. Turbinas Generación de energía**

- 14.1 Generación de energía eléctrica mediante uso H2 como combustible en turbinas de ciclo simple o combinado (termoelectricas)

**7**

**12. Generación energía en sitios remotos basados en Fuel cell**

- 12.1 Generación de energía eléctrica en sistios aislados donde hoy dependen de un generador diésel en Comuna de Antofagasta
- 12.2 Comuna de Sierra Gorda
- 12.3 Comuna de Calama (San Pedro)
- 12.4 Observatorio ALMA

Almacenamiento eléctrico

**15. Hornos a hidrógeno**

- 15.1 Hornos de cocción/secado alimentos
- 15.2 Hornos de secado pesqueras
- 15.3 Hornos cementeras
- 15.4 Hornos concentrado de cobre
- 15.5 Hornos Carbonato de Lito
- 15.7 Proceso ácido sulfúrico

**8**

**16. Calderas a hidrógeno**

- 16.1 Calderas de agua caliente edificios
- 16.2 Calderas para proceso de calentamiento de soluciones en electrowining y SX (minería)
- 16.3 Calderas para otros procesos industriales

# Materia prima & logística portuaria

9

## 19.

### Exportación de H2

- 19.1. Almacenamiento y carguío de hidrógeno gaseoso en buques tanques
- 19.2 Almacenamiento y carguío de hidrógeno líquido en buques tanques
- 19.3 Almacenamiento y carguío de amoníaco/metanol/combustibles sintéticos en buques tanque
- 19.4 Acondicionamiento de H2G en H2L y almacenamiento

## 17.

### Compuestos químicos verdes y derivados

- 17.1 Producción de hidrógeno como materia prima para explosivos, amoníaco, metanol, combustibles sintéticos & otros



- Informa:

Proyecto apoyado por



Ejecutado por

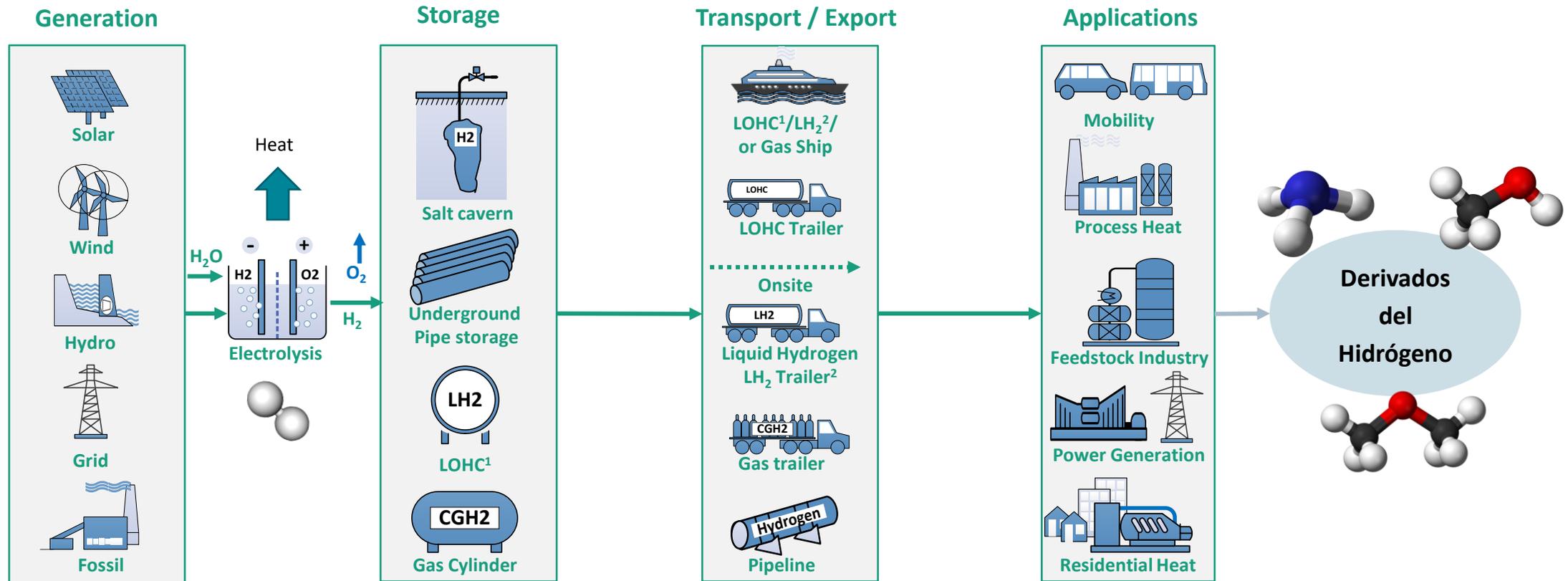


Co-ejecutado por



# Oportunidades para la Región de Antofagasta

## Hidrógeno Verde



# Contacto

---

Thomas Lindsay  
Coordinador de Proyectos | Especialista en Desarrollo de Negocios  
Tel: +562 2378 1660  
thomas.lindsay@fraunhofer.cl

Fraunhofer Chile Research  
Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET)  
General del Canto 421, Oficina 402  
Providencia, Santiago, Chile  
www.fraunhofer.cl

