



# Oportunidades del Hidrógeno verde para la Región de Coquimbo

Descarbonización del Sector Energía en Chile | 08 Julio 2021

# PROGRAMA 4E: ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CHILE

**Comitente:** Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania - BMU

**Contraparte:** Ministerio de Energía de Chile

**Objetivo:** Reducción de GEI a través del uso de energías renovables y eficiencia energética

Descarbonización del sector energía en Chile  
2019 - 2022



Energías renovables para aplicaciones de autoconsumo  
2015 - 2021



Cogeneración para aplicaciones industriales y comercio  
2015 – 2021



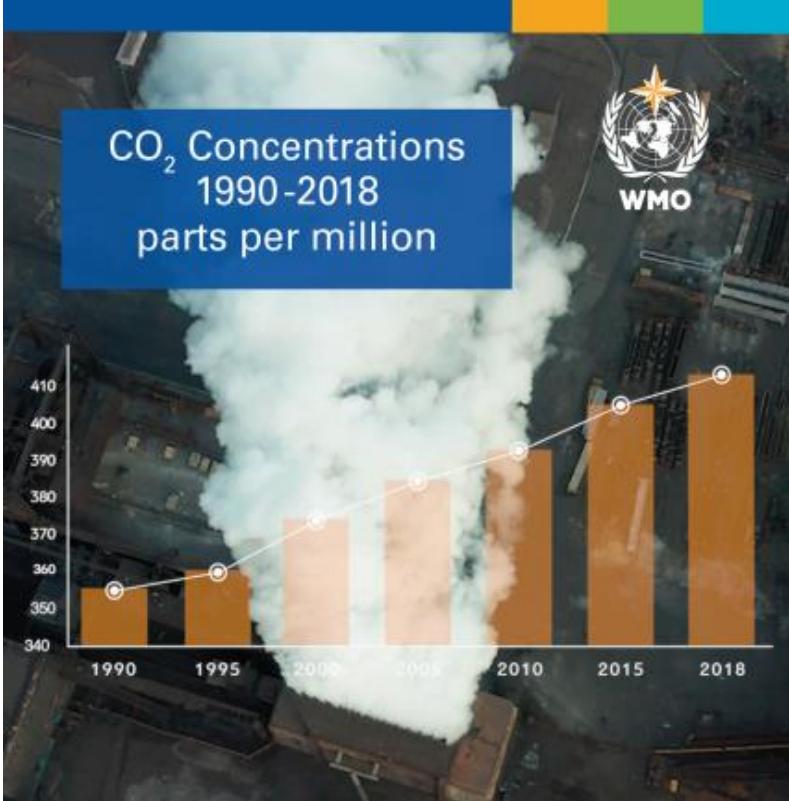
Mercado Global del Carbono - Chile  
2017 - 2021



Eficiencia energética en Minería  
2019-2022



# Cambio Climático



25 Noviembre 2019

Según la Organización Meteorológica Mundial, los niveles de gases de efecto invernadero han alcanzado otro nuevo récord.

Las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) promediadas a nivel mundial alcanzaron las **407.8 partes por millón en 2018**, en comparación con las **405.5 partes por millón (ppm) en 2017**.

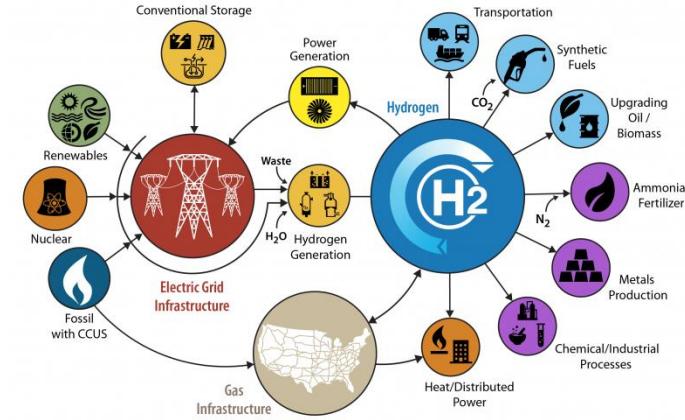
Esta tendencia a largo plazo significa:

- Aumento de las temperaturas
- El clima más extremo
- El estrés hídrico,
- El aumento del nivel del mar y
- Interrupción de los ecosistemas marinos y terrestres

# ¿Por qué hidrógeno hoy?

## El hidrógeno verde es:

- Vector energético versátil y Producción potencial cero emisiones
- Medio de almacenamiento energético (Alta densidad energética)
- Clave en el Sector Coupling
- Insumo base para muchos productos químicos/industriales
- Esencial para descarbonizar de procesos industriales y el transporte
- Producción limpia de electricidad y calor



# ¿Por qué hidrógeno hoy? Visión de la industria

Enable **large-scale renewables integration and power generation**



Producción H2

**Distribute** energy across sectors and regions



Transporte y distribución

Act as a **buffer** to increase system resilience



4

5

6

7

Decarbonize transportation



Decarbonize industry energy use



Help decarbonize building heating and power



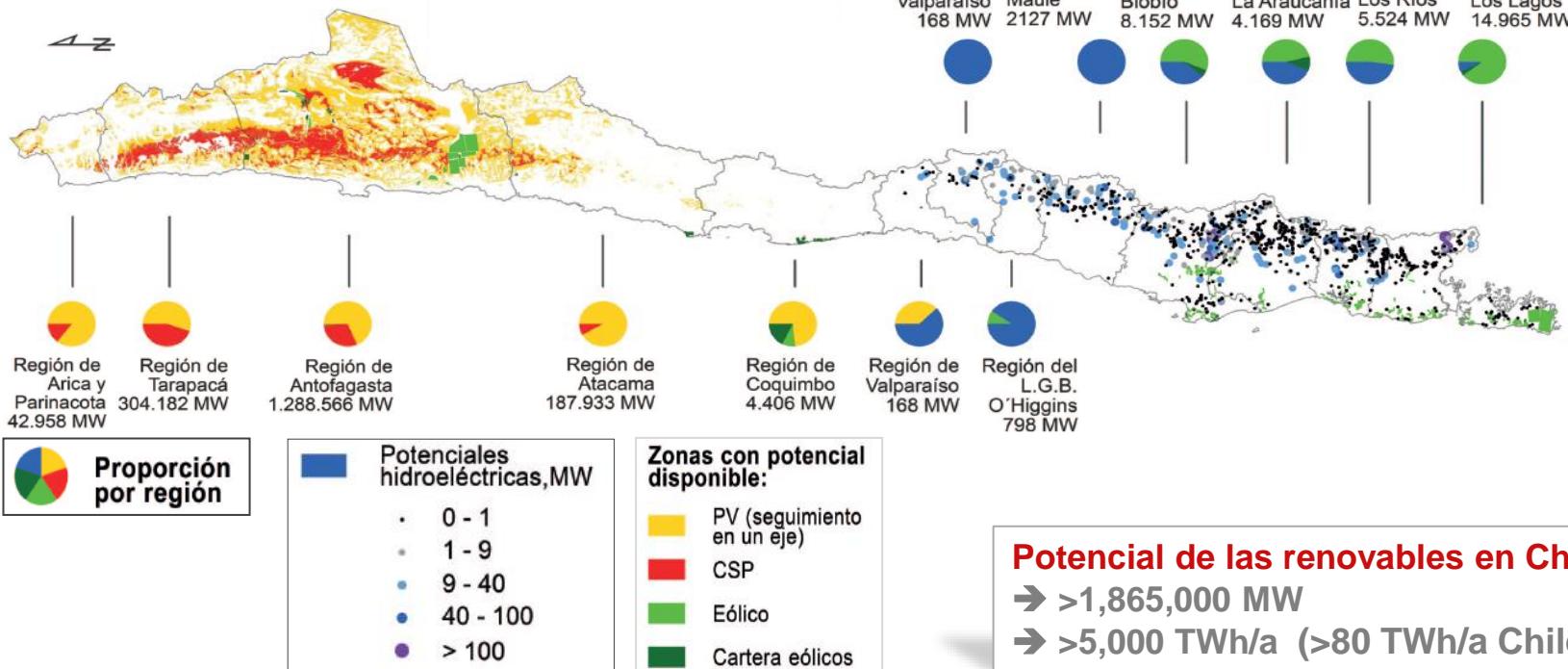
Serve as **feedstock**, using captured carbon



Aplicaciones

# **PORQUE EL H<sub>2</sub> EN CHILE**

# ¿Por qué hidrógeno VERDE en Chile?



**Potencial de las renovables en Chile:**

- >1,865,000 MW
- >5,000 TWh/a (>80 TWh/a Chile)

# Fortalezas de la producción de H2 verde en Chile

## Fortalezas

- Uno de los **mejores potenciales solares y eólicos del mundo** con altos factores de planta (solar: >35%; Viento: >60% = 100% verde H2).
- **Superficies de tierra** disponible.
- **Demanda local** de H2 verde (minería, industria; sector del transporte pesado).
- **Infraestructura disponible** (gasoductos, puertos cercanos a la oferta, refinerías, etc.).
- Chile tiene una **economía de mercado abierta** (condiciones económicas estables).
- Presencia de **empresas internacionales** (ENGIE, AES, ENEL, Siemens, etc.).
- **Paralelo:** La transición energética y la producción de H2 verde para la exportación.

# Desafíos de la producción de H2 verde en Chile

## Desafíos

- **Escasez de agua** en el norte (→ desalinización del agua de mar).
- **Larga distancia** de los mercados de consumo (Exportación H2).
- Escasez de incentivos gubernamentales (**¡no hay subsidios!**).
- El **marco reglamentario/normativo** aún está en desarrollo.
- **No hay créditos de desarrollo** disponibles (Exclusión DAC-ODA en 2018).
- **Captación de carbono** para la producción de combustibles sintéticos.

# Oportunidades de la producción de hidrógeno verde en Chile

## Oportunidades

- Oportunidades para **proyectos totalmente integrados** (→ acoplamiento de sectores / PtX).
- Posible **reconversión de las centrales termoeléctricas a carbón** en plantas de producción de H<sub>2</sub> verde, o de **plantas de gas y/o hidrógeno**.
- Potencial de exportación de hidrógeno/derivados **100% verdes** a los países del Pacífico y Europa.
- Contribución al **desarrollo económico** (nuevos puestos de trabajo, nuevas oportunidades de negocio, etc.).

# **CONCEPTO DEL H<sub>2</sub> COMO ENERGÉTICO Y CARACTERÍSTICAS DEL H<sub>2</sub>**

# Entendiendo el concepto (Potencia vs Energía)

## Sistemas de Almacenamiento según Ciclo de Trabajo ¿Litio vs. Hidrógeno?: Visión Sistémica

Sprint 100m



Usain Bolt

9,58s @100m  
43,9 km/h  
1,95m  
95 kg

Usain Bolt  
es la Batería:  
Aplicación de Potencia



Maratón 42km



Eliud Kipchoge

2:01:39 @42km  
21 km/h  
1,67m  
57 kg

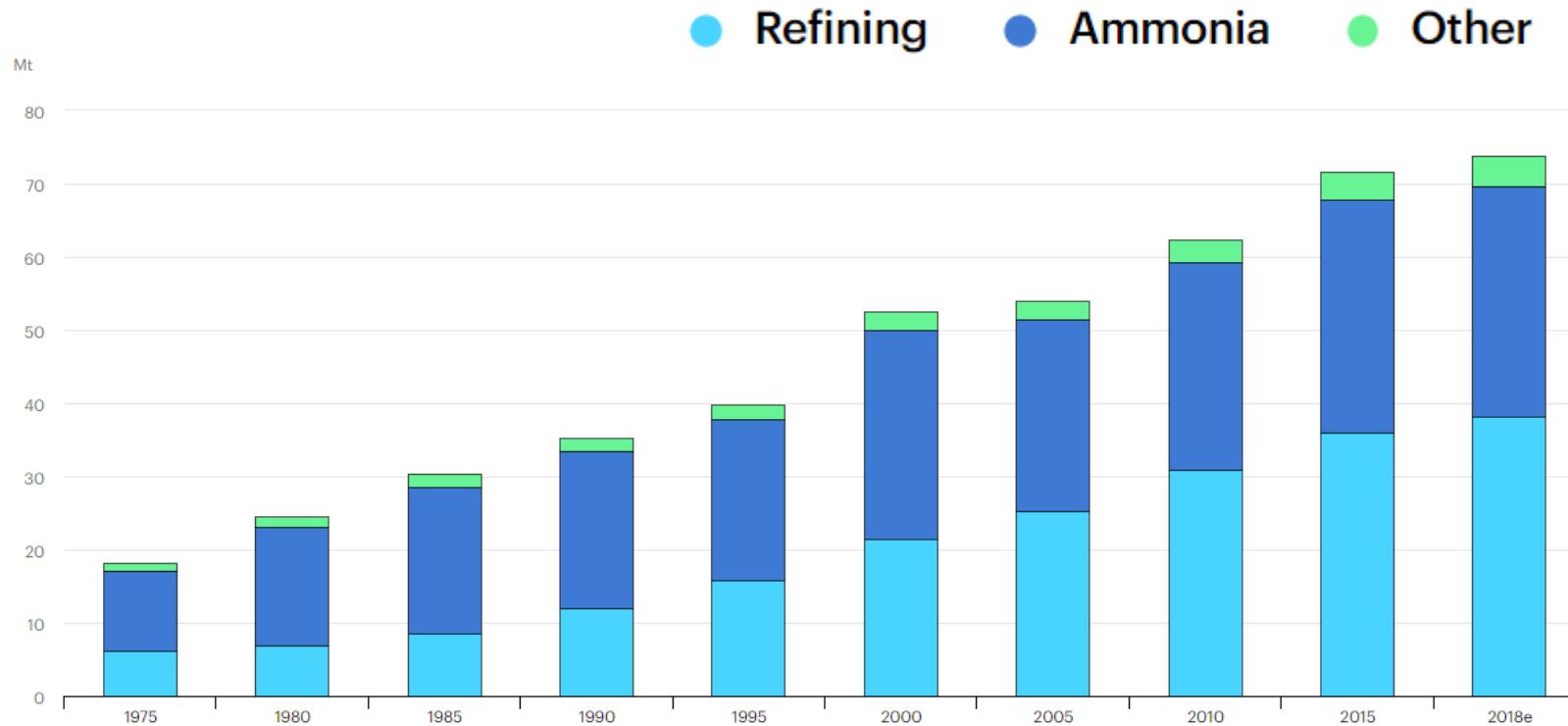
Eliud Kipchoge  
es el Gas Hidrógeno:  
Aplicación de Energía



FUENTE: H2CHILE

# Demanda mundial de hidrógeno

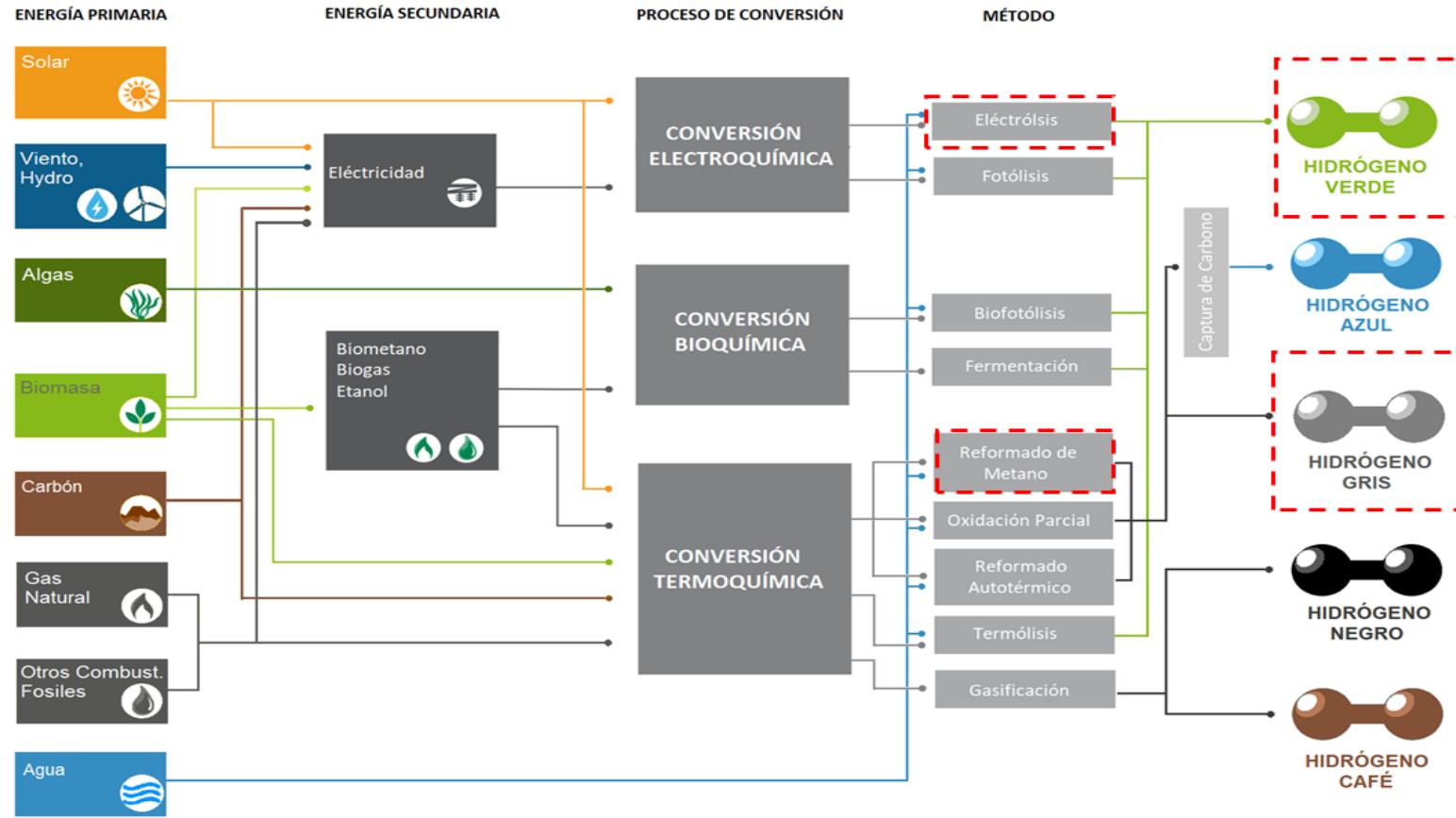
Global demand for pure hydrogen, 1975-2018



FUENTE: IEA, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

**DEMANDA MUNDIAL DE HIDRÓGENO**

# ¿Como se produce?



FUENTE: H2CHILE

# Consideraciones de los colores

	H2 Verde	H2 Azul	H2 Gris
Fuente energética	Energía renovable y agua	Combustibles fósiles con captura de carbono	Combustibles fósiles, como el gas y el carbón sin captura de CO2
Tecnología	Electrolizadores	Reformado con vapor de donde se obtiene H2	Reformado con vapor de donde se obtiene H2
Característica	Modular, escalable, versátil para variadas aplicaciones	Eficiencia de las tecnologías de captura de CO2 varían entre un 60-90%	Emisiones de CO2 “La producción mundial de hidrógeno en la actualidad es responsable de 830 MtCO2 / año - correspondiente a las emisiones anuales de CO2 de Indonesia y el Reino Unido combinados” IEA 2019

# CADENA DE VALOR Y APLICACIONES

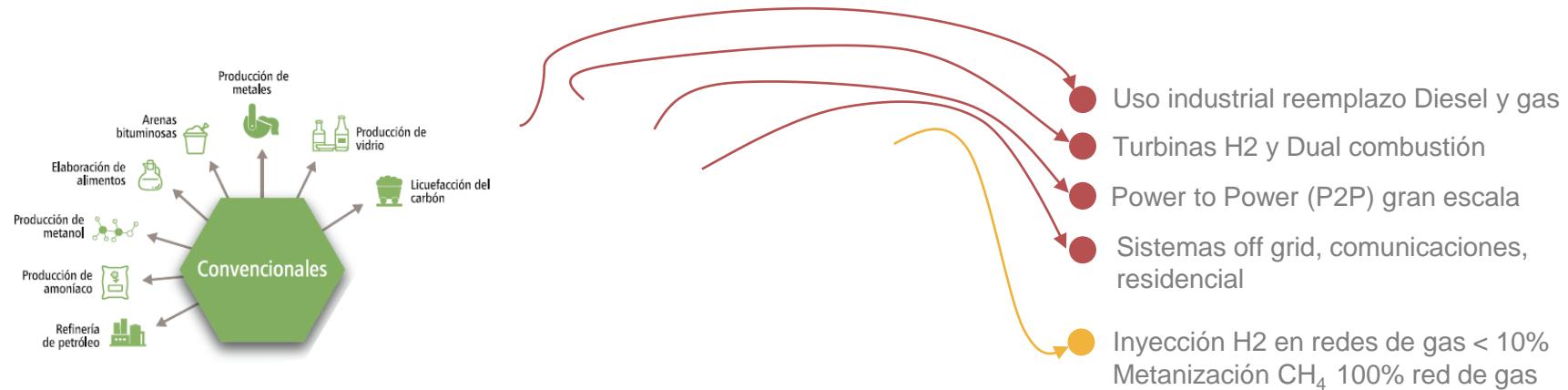
# Cadena de valor del hidrógeno



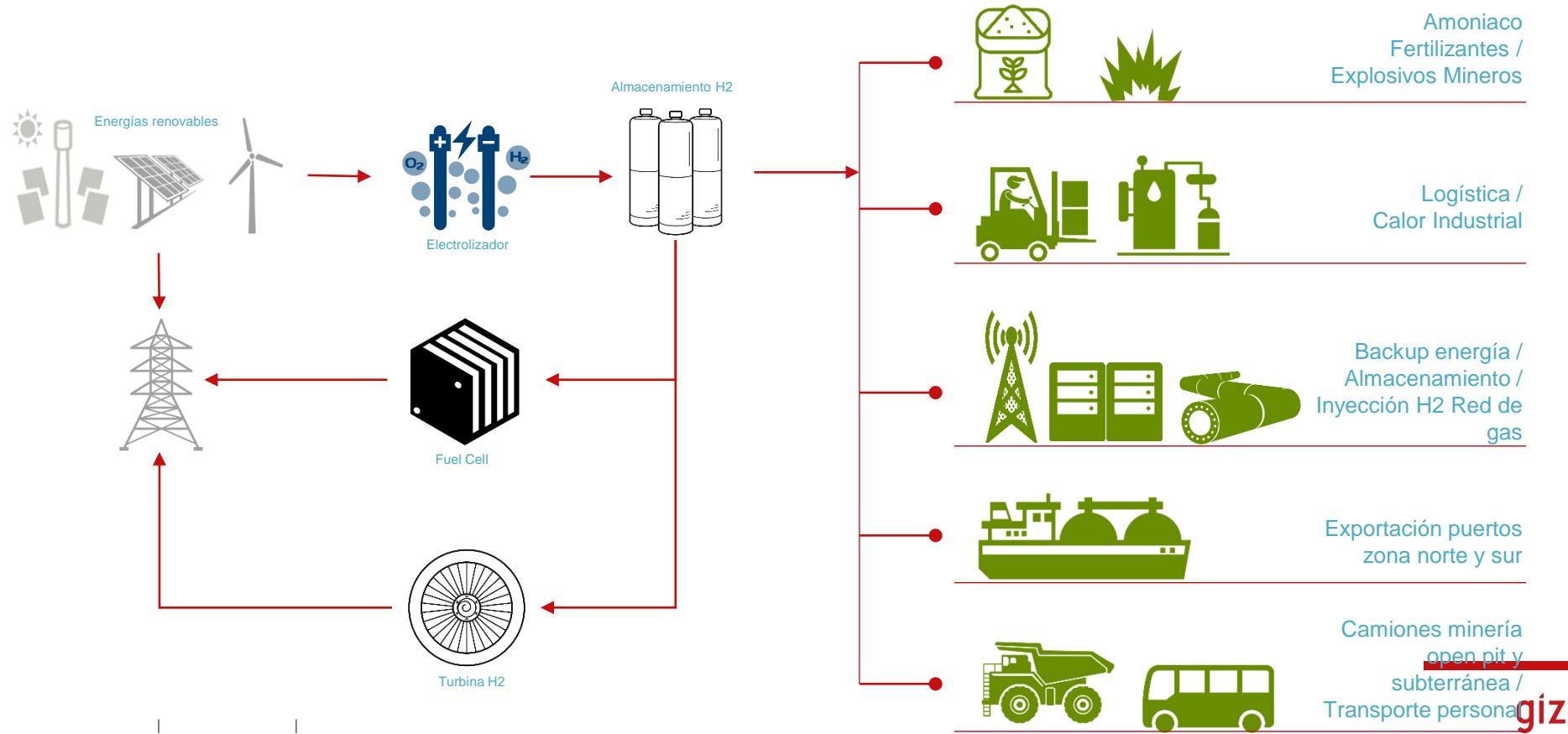
# “Nuevas” aplicaciones del hidrógeno

El uso del hidrógeno en otras aplicaciones ha tenido un resurgimiento por:

- La necesidad urgente de descarbonizar la matriz energética, requiere otras formas de energía distintos a la electricidad.
- El costo de la energía renovable y la reducción de precio en los sistemas que generan y transforman el hidrógeno ha habilitado un industria que hasta hace poco estaba detenida.



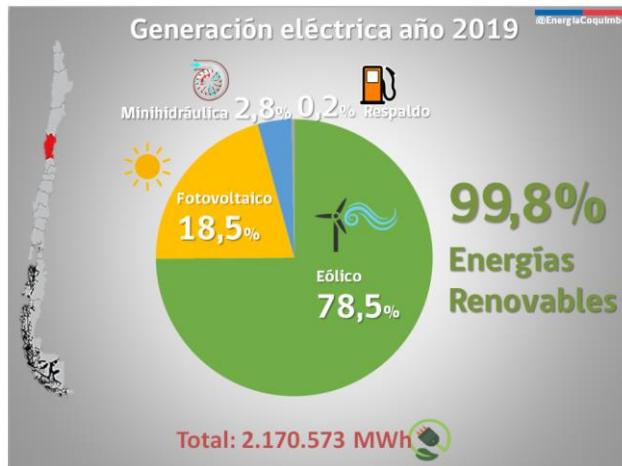
# Potenciales aplicaciones del hidrógeno en Chile



# Producción ERNC – Aspecto clave para la cadena de valor

Capacidad ERNC instalada, Región de Coquimbo (Junio 2021)

- Eólica: 692 MW → 1.705 GWh
- Solar: 304 MW → 403 GWh
- Mini Hidráulica: 28 MW → 61 GWh



FUENTE: ACERA

# **ENFOQUES Y CONSIDERACIONES DE LOS PROYECTOS H2**

# Perspectivas de los costos

## TCO Costo total del dueño (En toda la vida del proyecto)

Se espera que el costo de producción del H2 en Europa verde se reduzca en 50% al 2030 (IEA)

### Factores de competitividad del H2 verde frente a los combustibles fósiles

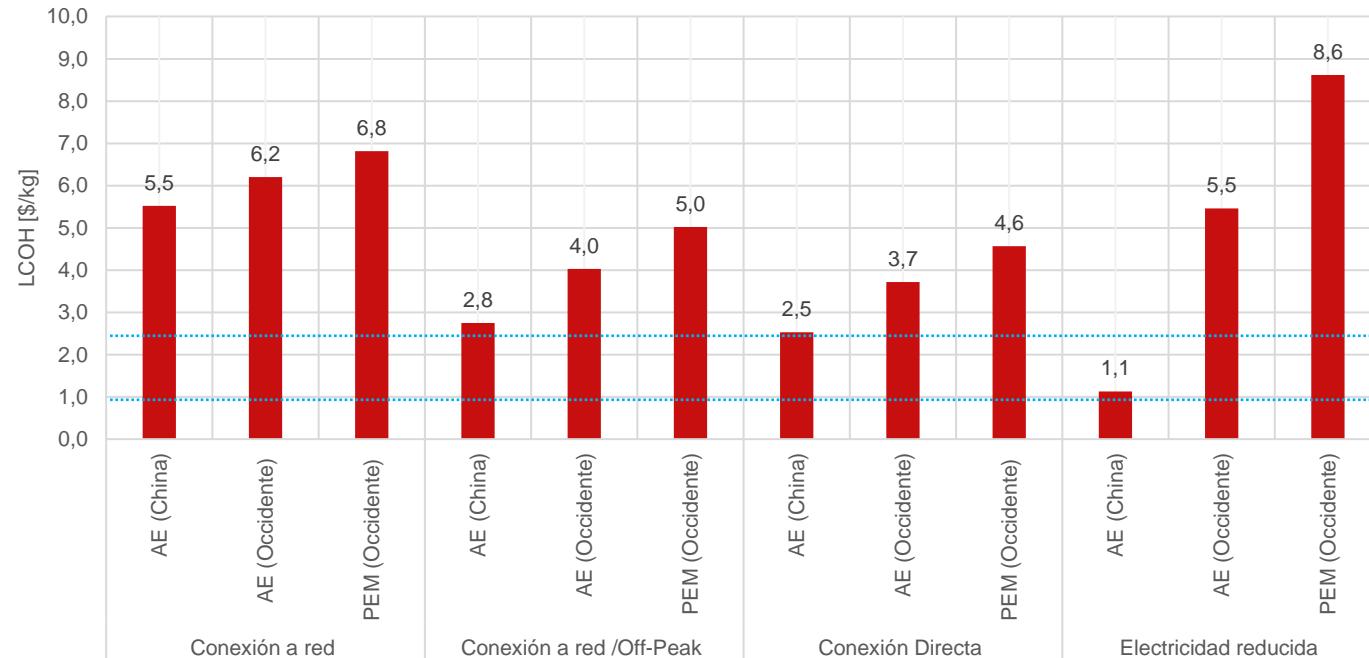
1. Con el énfasis actual respecto a nuevas políticas y exigencias ambientales en los distintos sectores económicos, se esperaría un incremento en los costos del CO2 emitido.
2. El escalamiento de las energías renovables, permiten esperar una mayor reducción de costo de la electricidad de fuentes renovables, el cual ya ha caído en aproximadamente 80% en relación al 2010.
3. Reducción de costo de los electrolizadores (curva de aprendizaje y escalamiento).

### Factores de variabilidad de costo del H2 azul y gris

1. Costo del CO2 (impuestos verdes).
2. Avances tecnológicos y reducción de costos de CCS / Pirólisis (hidrógeno turquesa)
3. Precio del gas natural (variables geopolíticas determinan su precio internacional)

Otros factores de competitividad del H2, incluyen la eficiencia de la aplicaciones que usan hidrógeno, escalabilidad, disponibilidad hídrica, entre otros.

# Costos de producción distintas configuraciones



Fuente: Glenk et al.

# Aspectos del modelo de negocio

Definición de los servicios

El servicio o producto que se produce y/o entrega según el proyecto en cuestión.

Identificación de los socios

Proveedores de servicios clave en el proyecto, aguas arriba y abajo en la cadena de valor del proyecto

Los socios entregan una clara indicación de que sectores pueden beneficiarse del H2

Identificación de los Consumidores u Offtakers

El usuario final del producto o servicio que se entrega o también el rol del producto en la cadena de valor H2

Los consumidores (a veces también socios) son los elementos “anclas” para un proyecto H2

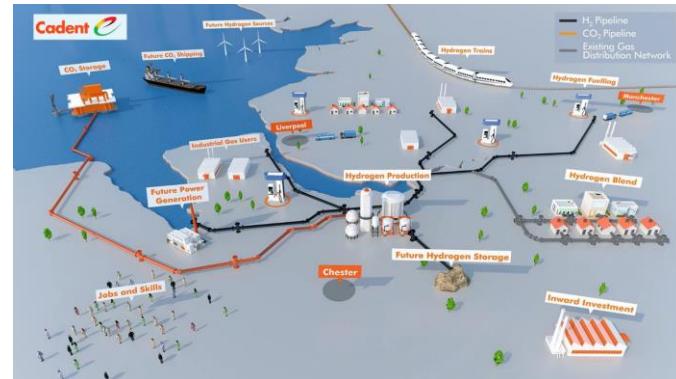
# Enfoque en la producción de h2 → dos tipos de enfoque

## Enfoque de Clúster

- Desarrollar la producción de H2 en grupos específicos cercanos a la demanda (centros de demanda industrial)
- Desarrollar la producción de H2 en sitios donde es rentable producir
- Los clúster eventualmente se desarrollarán en “centros” completamente desarrollados solo cuando exista una demanda adecuada cerca o si los clúster se interconectan con otros clúster
- La producción se encuentra cerca de la demanda y reduce la necesidad de infraestructura de transporte para el H2

## Enfoque de Cadena de Valor

- Desarrollar la producción de H2 en sitios donde es rentable y el objetivo es la entrega a través de la red de transmisión / distribución
- Suministro de H2 a usuarios distribuidos a través de la red
- Se requiere una visión a más largo plazo sobre el uso de H2



La North West Hydrogen Alliance reúne a algunas de las organizaciones más influyentes del Reino Unido que impulsan el trabajo para desarrollar la región como la principal economía del hidrógeno del Reino Unido.

# Enfoque en la producción de h2

- Independientemente del enfoque → la creación de la demanda es el enfoque clave para las empresas que desean ingresar al negocio del hidrógeno.
- La razón principal por la cual la creación de demanda es un aspecto crítico → se debe al estado de la industria H2, que se encuentra en desarrollo y el mercado se está creando.
- Las empresas que aprovechen
  - a) la inmadurez del negocio
  - b) la demanda dispersa

podrán colocarse como actores a largo plazo en el negocio H2
- Las empresas deben apostar tanto a "corto plazo" como a "largo plazo"

Enfoque de Clúster

→ Obtener clientes “ancla”  
asegurando clústers a corto plazo

Enfoque de Cadena de Valor

→ Iniciar el proceso de desarrollo de cadenas de  
valor a lo largo de la ubicación de sus clústers.

# Enfoque en transporte terrestre con h2

- El transporte depende de distintas variables que afectan el modelo de negocios, por lo cual este sector tiene una complejidad mayor.

Costo total del dueño /  
Costo de operación

Infraestructura  
disponible

Disponibilidad de  
vehículos de H2

Regulación de  
emisiones en transporte

La competitividad de los costos de los vehículos alimentados con H2 teniendo en cuenta la vida útil y todos los costos, no solo los costos de combustible.

Disponibilidad de infraestructura de abastecimiento de combustible → crucial para que el H2 sea un combustible viable.

Posibilidad de que los clientes tengan acceso a vehículos que funcionan con H2 y su disponibilidad planificada para apoyar la elección de las empresas (especialmente para uso industrial y comercial)

Aumento de restricciones para las emisiones del transporte, considerando la velocidad a la que se introducen estas restricciones

# Enfoque en transporte marítimo con h2

- El transporte marítimo es la forma más barata de transportar mercancías a largas distancias. El 90% del combustible utilizado en el sector marítimo se utiliza para el transporte de mercancías, lo que representa un gran contribuyente a las emisiones de CO2 en todo el mundo.
- El H2 como combustible debe competir con múltiples alternativas, que incluyen el uso de diésel marino con alto contenido de azufre más depuradores, GNL, amoníaco, metanol y GLP.
- Los costos de combustible combinados con la necesidad de reducir las emisiones de CO2 representan el principal impulsor de las futuras elecciones de combustible, pero también la principal fuente de incertidumbre. Las variables son:

Infraestructura abast. combustible

Costo combustible

Disponibilidad de equipamiento

Regulación

Disponibilidad de infraestructura de abastecimiento de H2. Los combustibles basados en amoníaco y GNL pueden depender de la infraestructura existente.

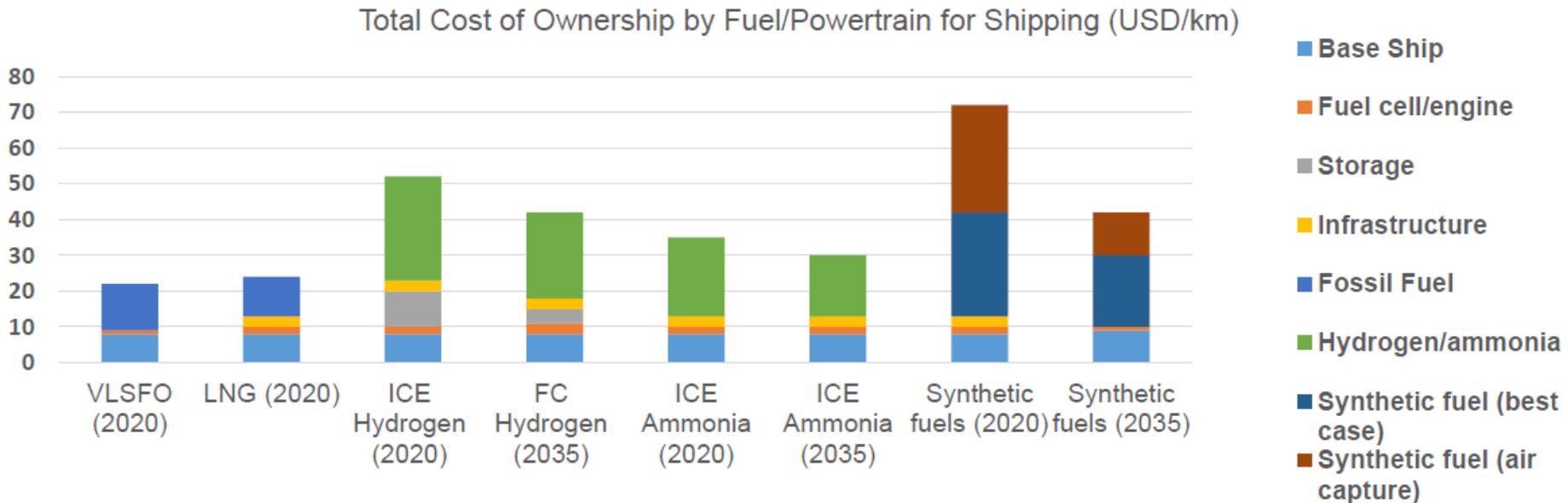
El costo del H2 como combustible es potencialmente competitivo en ciertas áreas. Las estimaciones son inciertas, pero el amoníaco puede resultar más competitivo en precio a corto plazo.

Disponibilidad de embarcaciones y equipos que funcionan con H2. Las FC adecuadas para el transporte marítimo y que cumplen con las regulaciones pueden apoyar la incorporación del H2.

Regulación de emisiones y estrategias de las empresas navieras para lograr la carbono neutralidad en una fecha definida.

# Enfoque en transporte marítimo con h2

Proyección de TCO para transporte marítimo. Fuente IEA & SmartEnergy



\* VLSFO: fuelóleo con muy bajo contenido de azufre

# **TRABAJO HECHO POR GIZ Y PRÓXIMOS PASOS**

# Desde 2014, GIZ sensibiliza sobre H<sub>2</sub> / PtX verde en Chile (1)



- Timeline of events:
- 02/2015 Cooperation with the strategic solar program of CORFO
  - 06/2017 Support in international tender for H2 in mining transport (by CORFO)
  - 06/2018 Creation of the Chilean Hydrogen Association: H2 Chile
  - 04/2019 Release of the 2<sup>nd</sup> edition of the book: "H2 in Chile"
  - 11/2019 - 05/2020 Proposal for Chilean H2 norms and regulation
  - 02/2020 - 11/2020 Collaboration in "Mission Cavendish" H2-information seminars (8 with >1.800 part.)

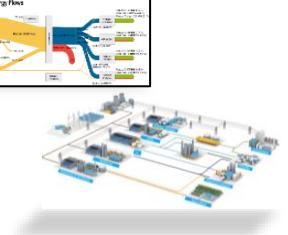
10/2014  
Green H<sub>2</sub> as an option in the north of Chile (Potential of RE, gas network & mining, etc.)



05/2017  
1<sup>st</sup> international H2 conference in Chile (40 → 120 part.)



03/2018  
"H2 Tool" for the economic evaluation of integrated H2 projects



09/2018  
2<sup>nd</sup> international H2 conference in Chile (200 → 420 part.)



11/2019 - 05/2020  
International benchmarking regulatory strategy of H2 in Chile



01/2020 - 11/2020  
Collaboration in the elaboration of Chilean national H2 strategy



# En 2020, foco en proyectos específicos y marco regulatorio (2)



05/2020 – 09/2020  
Identification of  
**green financing**  
options for H2  
projects (178  
options / 14 for Chile)



02.06.2020  
**Bilateral political H2 dialogue of the Energy Partnership**

25.06.2020  
**Regular H2-Technical workshops**  
(8 workshops in 2020 with  
1.480 part/ 3.350 unique views)



06/2020 - 08/2020  
**Positioning of Chile**  
in calls for projects  
(6 project outlines and  
proposals for support  
elaborated for BMWI)



07/2020 -  
10/2020  
**Analysis of environmental aspects/permits for H2 projects**



07/2020 - 03/2021  
**Elaboration H2 norms and regulations for Chile**

08/2020  
**Analysis of necessary infrastructure and logistic for H2 export**



07/2020  
**Initiation of round table for elaboration of CO2 tax compensation**

07/2020 – 09/2020  
**Analysis potential of job creation and local value chain in H2 economy - NDC**  
(22-/2030; 87-/2040 and 94.000 in 2050)

**giz**

# GIZ y el desarrollo de H<sub>2</sub> verde / PtX en Chile (3)



# Talleres técnicos H2



## 1. Workshop (25.06.2020)

Co-Generation with H<sub>2</sub> for industry  
(219 participants/453 unique views)

**2G Energy GmbH**



## 2. Workshop (09.07.2020)

Conversion of heavy trucks to H<sub>2</sub>  
(196 participants/341 unique views)  
**Faun Gruppe**



## 3. Workshop (23.07.2020)

Injection of H<sub>2</sub> in gas pipelines  
(192 participants/367 unique views)  
**Gritix GmbH / HRS Rappeswil**



## 4. Workshop (06.08.2020)

Industrial heat by H<sub>2</sub> boiler.  
(201 participants/454 unique views)  
**Bosch A.G.**



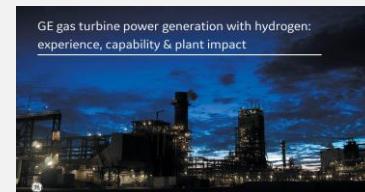
## 5. Workshop (02.09.2020)

H<sub>2</sub>-Compresors and storage  
(198 participants/556 unique views)  
**Plugpower GmbH**



## 6. Workshop (30.09.2020)

H<sub>2</sub> production with electrolysis  
(192 participants/633 unique views)  
**Siemens Energy**



## 7. Workshop (14.10.2020)

Gas turbines with H<sub>2</sub>  
(163 participants/540 unique views)  
**GE-General Electric Gas**



## 8. Workshop (29.10.2020)

Concept of H<sub>2</sub> filling stations  
(180 participants/386 unique views)  
**Wystrach GmbH**



## Contacto



**Rodrigo Vásquez**

Asesor Programa Energía

Descarbonización del sector energía en Chile

Rodrigo.vasquez@giz.de

<https://www.4echile.cl/recursos/cadena-de-valor-h2/>

## Virtual Travel to Chileans Energy Transition:

<http://4echile.cl/maqueta/>



[www.giz.de](http://www.giz.de)



[https://twitter.com/giz\\_gmbh](https://twitter.com/giz_gmbh)



<https://www.facebook.com/gizprofile/>