





***PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE EN LA  
ZONA CENTRO SUR, PARA REPOSTAJE DE  
TRANSPORTE DE CARGA FORESTAL***

***HIDROGENERAS CON PRODUCCIÓN IN SITU  
EN FORMATO DUAL***

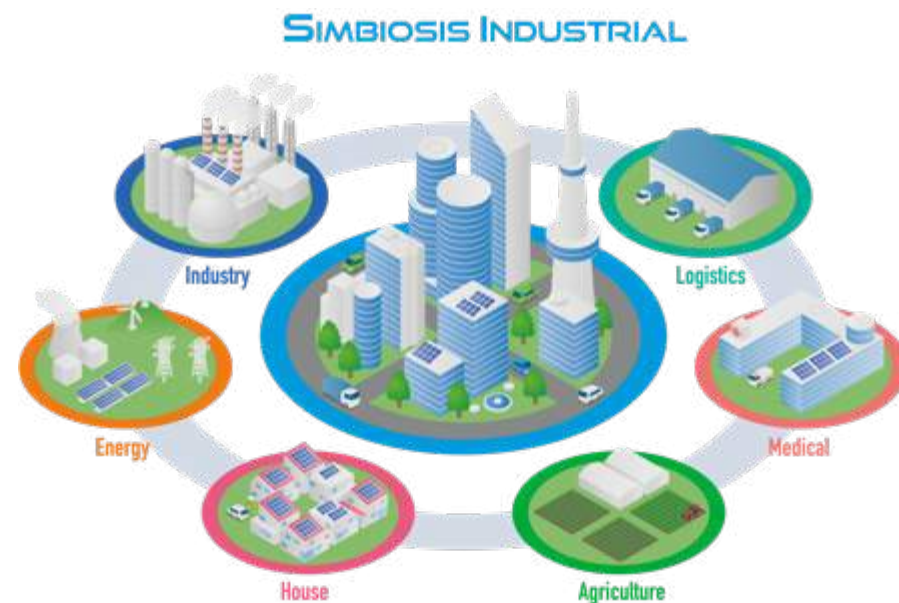


# HIDROGENO VERDE, DESARROLLO TRANSPORTE SUSTENTABLE, ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA MACRO ZONA CENTRO SUR

## ¿QUÉ NOS IMPULSA A PRESENTAR ESTE PROYECTO?

Queremos aprovechar los conocimientos adquiridos y latentes en el mundo para salvar las brechas hacia una economía mas sustentable.

Chile, hoy necesita afrontar los nuevos retos, económicos, sociales y medio ambientales preparándose para los cambios y fortaleciéndose como economía y como sociedad del bienestar. El sector del transporte en la zona Centro Sur es hoy una oportunidad para comenzar con el cambio hacia la economía del hidrógeno.







TCI ES UNA EMPRESA DE INGENIERÍA, CONSTRUCCION Y CONSULTOR  
ESTRATÉGICO EN ENERGÍA Y DESARROLLOS DE HIDRÓGENO VERDE

**Mas de 25 años en Ingeniería y 13 años  
construyendo sistemas de energías  
Renovables.**



E N E R G Í A S   R E N O V A B L E S

**CHILE - PERU - ARGENTINA**



**ESPAÑA - ITALIA**

[www.tci-gecomp.com](http://www.tci-gecomp.com)

Co autores: Lilian Romero Msc- Rodrigo Díaz MSc Mas Valor Partner





Promovemos proyectos de  
**HIDRÓGENO VERDE**

EÓLICA	FOTOVOLTÁICA	HIDRÓGENO
<b>150 MW</b> EN EUROPA Y LATINOAMÉRICA	<b>900 MW</b> EN EUROPA Y LATINOAMÉRICA	<b>4 PROYECTOS</b> DE PRODUCCIÓN EN DESARROLLO

[www.tci-gecomp.com](http://www.tci-gecomp.com)

# Green H<sub>2</sub>

## EUROPA

12 PROYECTOS 600 MW  
1 PROYECTO DE I+D+I

European Clean  
Hydrogen Alliance



## CHILE



LOS ESPINOS	3,0 MW
GNA	1,7 MW
AGUAS CAP	3,0 MW

3 GW H2



1 GW H2



9 MW H2



ARICHILE 20 MW



## ARGENTINA

H2 BUQUEBUS

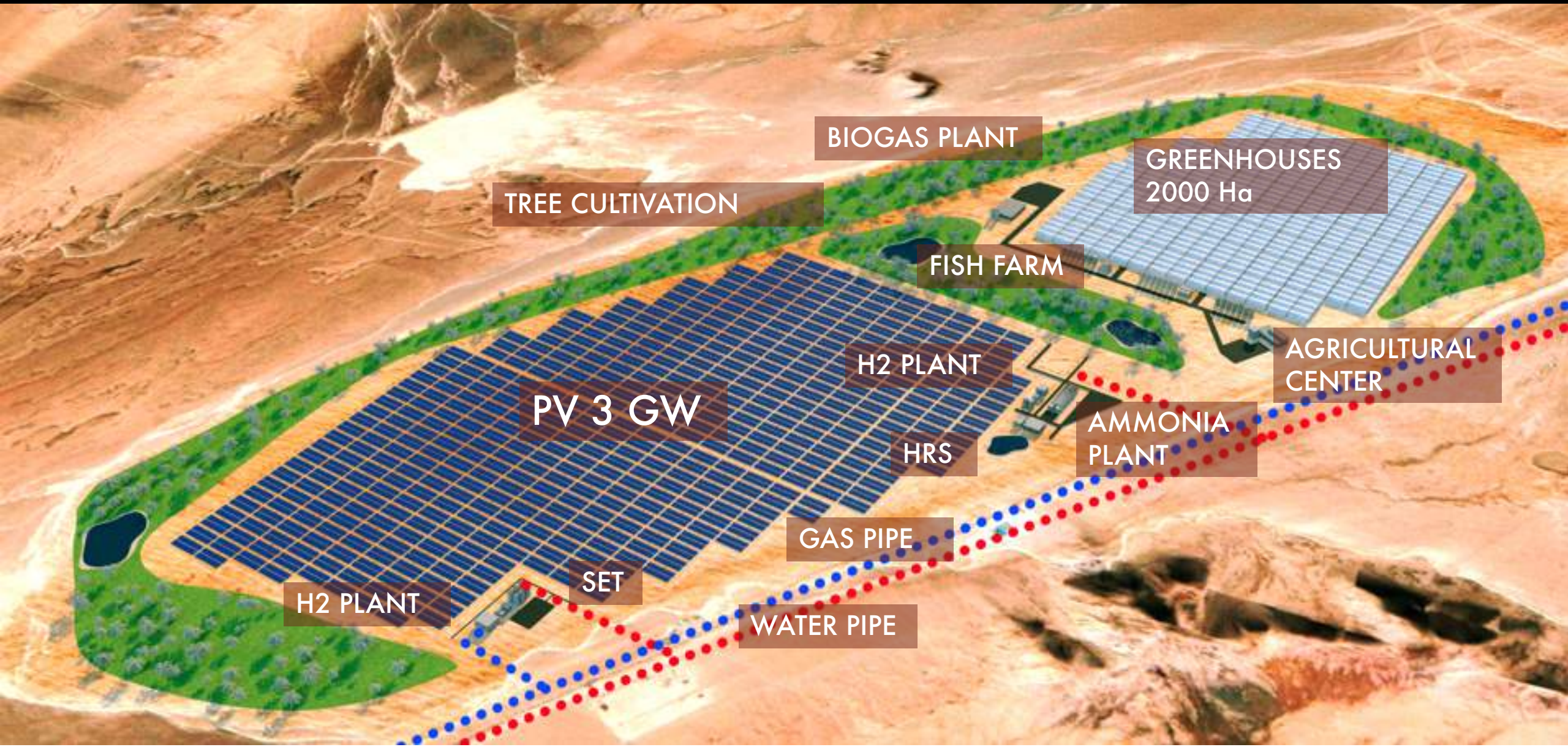


## RD CONGO

H2 KOLWEZI 200 MW









# OPORTUNIDAD: INDUSTRIA FORESTAL , TRASLADO DE TROZAS

Cuadro 4: superficie de bosques plantados por especie, según región, acumulado a diciembre de 2013 (hectáreas)

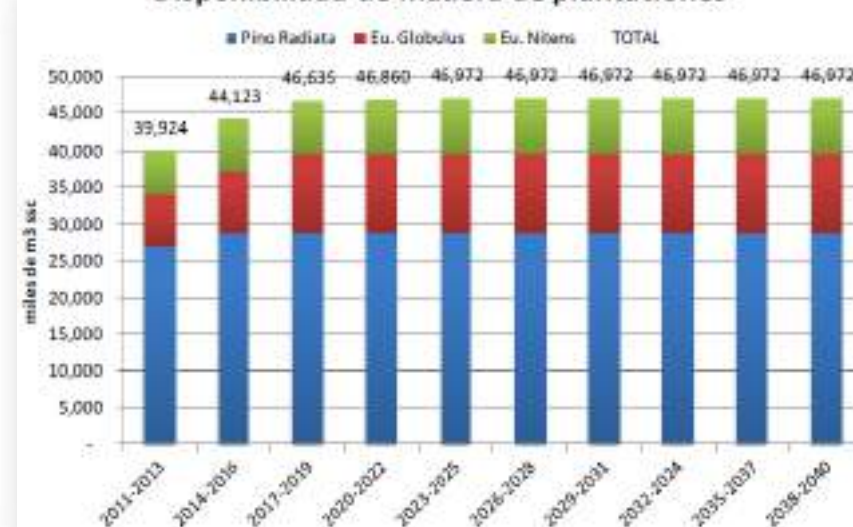
Región	Atriplex spp	Eucalyptus globulus	Eucalyptus nitens	Pinus ponderosa	Pinus radiata	Pseudotsuga menziesii	Otras especies	Total	%
Región de Coquimbo	60.771,5	2.870,7					20.509,3	84.151,5	3,4
Región de Valparaíso		38.060,5			8.476,8		1.104,7	47.642,0	1,9
Región Metropolitana		5.967,9			17,2		376,4	6.361,5	0,3
Región O'Higgins		49.023,2	13,6		76.037,1		1.925,3	126.999,2	5,2
Región del Maule		45.349,3	1.845,4		408.772,0	217,1	4.087,4	460.271,2	18,8
Región del Biobío		228.228,7	91.387,3	683,9	594.163,3	381,3	8.661,4	923.505,9	37,7
Región de La Araucanía		151.424,8	61.608,9	2.717,6	267.028,2	6.864,2	4.745,8	494.389,5	20,2
Región de Los Ríos		20.017,9	57.682,1	2,7	99.189,5	3.688,2	5.335,0	185.915,4	7,6
Región de Los Lagos		22.870,0	34.181,9	236,8	16.033,8	744,4	1.772,6	75.839,5	3,1
Región de Aysén			7,0	24.134,0		4.326,5	14.048,0	42.515,5	1,7
<b>Total</b>	<b>60.771,5</b>	<b>563.813,0</b>	<b>246.726,2</b>	<b>27.775,0</b>	<b>1.469.717,9</b>	<b>16.221,7</b>	<b>62.565,9</b>	<b>2.447.591,3</b>	<b>100,0</b>
Participación	2,5%	23,0%	10,1%	1,1%	60,0%	0,7%	2,6%	100,0%	

Fuente: Anuario Forestal 2015, Infor.

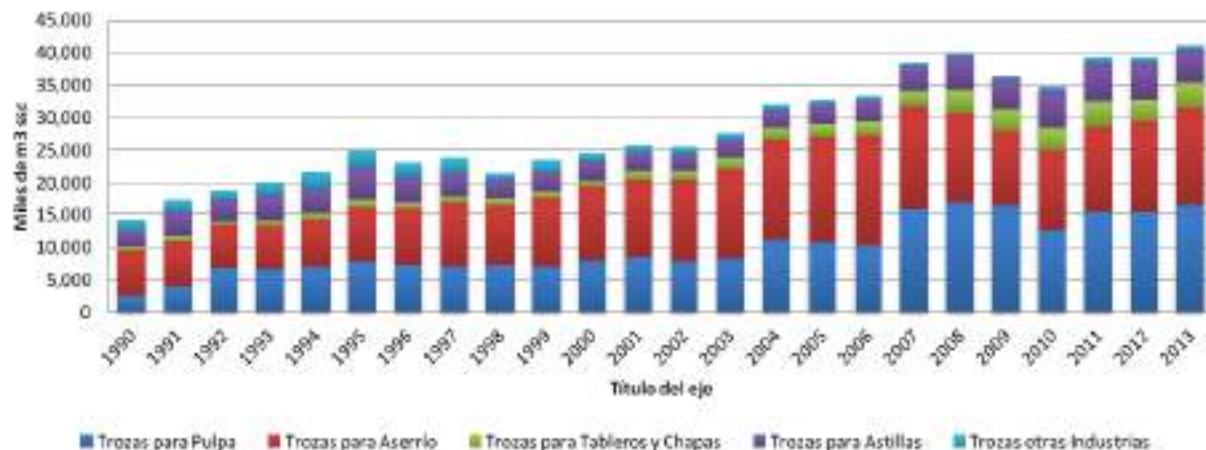
**2.447.591,3 Ha de Bosque**

**41.040 m³/año de Madera en trozas**

Disponibilidad de madera de plantaciones

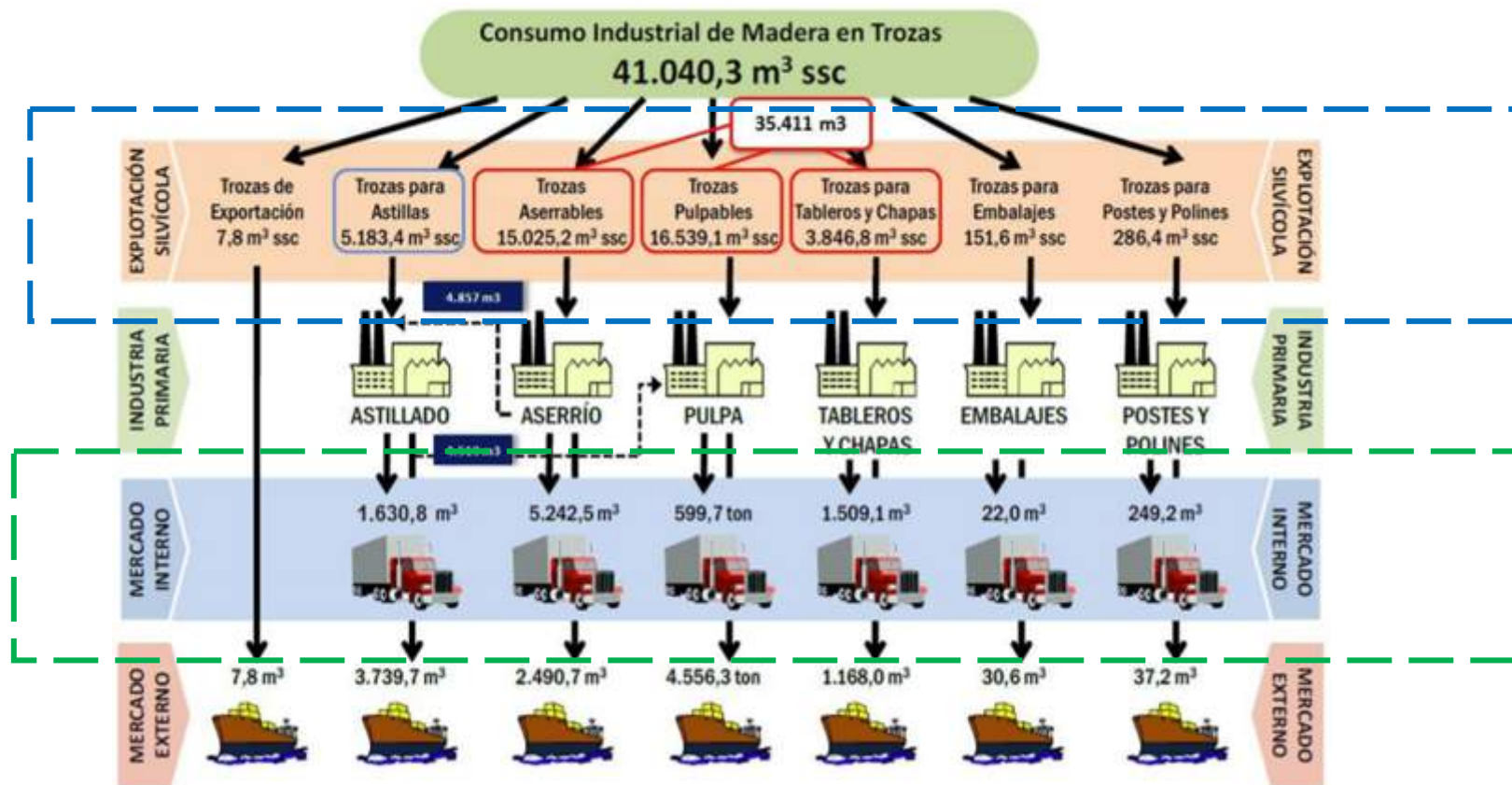


Consumo de madera en trozas en la industria forestal





# OPORTUNIDAD: INDUSTRIA FORESTAL, TRASLADO DE TROZAS



Consumo industrial de maderas en troza año 2013 (cifras en miles). Fuente: INFOR Anuario 2014.

\*SSC: Sólido sin Corteza ( concepción del tipo de trozo)

- **Zona de análisis del piloto para 1800 a 1900 camiones;** desde faena a diferentes plantas de procesamiento
- Agua abajo hay un mercado de transporte que en este piloto no se aborda, pero es un potencial que se derivará en el futuro
- **Zona de crecimiento futuro** en transporte del sector

Consumo Trozas a fecha (mercado objetivo), en el futuro sólo aumentará a 46 millones m³ y se prevé que el crecimiento se detiene; además se pretende que el 20% se pueda trasladar en trenes, pero está en evaluación todavía.

# CAMIONES DE CARGA PESADA, FORESTALES:

CAMIONES : CLASE 6  
(FWHA)

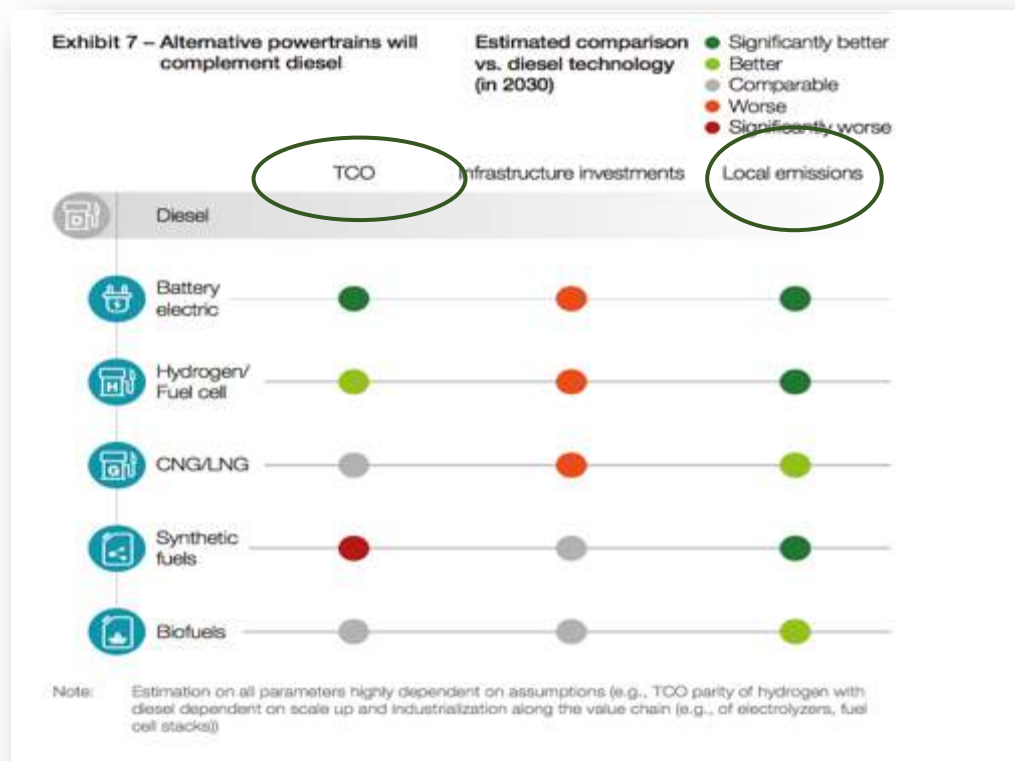


Nº Clase FWHA	Descripción Clase FHWA	Clasificación MOP Agrupada según Clasificación FWHA									
4	Buses	210	-	321	-	320	-	460	-	461	
5	Camión simple dos ejes	200									
6	Camión simple tres ejes	310	-	311	-	340					
7	Camión simple de 4 o más ejes	450	-	470	-	440	-	451	-	477	
8	Camión con semiremolque de 4 o menos ejes	300	-	410	-	411	-	420	-	422	
9	Camión con semiremolque de cinco ejes	530	-	570	-	531	-	532	-	533	- 577
10	Camión con semiremolque de seis o más ejes	690	-	692	-	697	-	680	-	681	- 687 - 688 - 699
11	Camión con remolque de cinco ejes o menos ejes	400	-	510	-	520	-	522	-	511	
12	Camión con remolque de seis ejes	630	-	631	-	632	-	633	-	650	- 651 - 660 - 662 - 670 - 677
13	Camión con remolque de siete o mas ejes	770	-	771	-	772	-	773	-	780	- 781 - 787 - 788

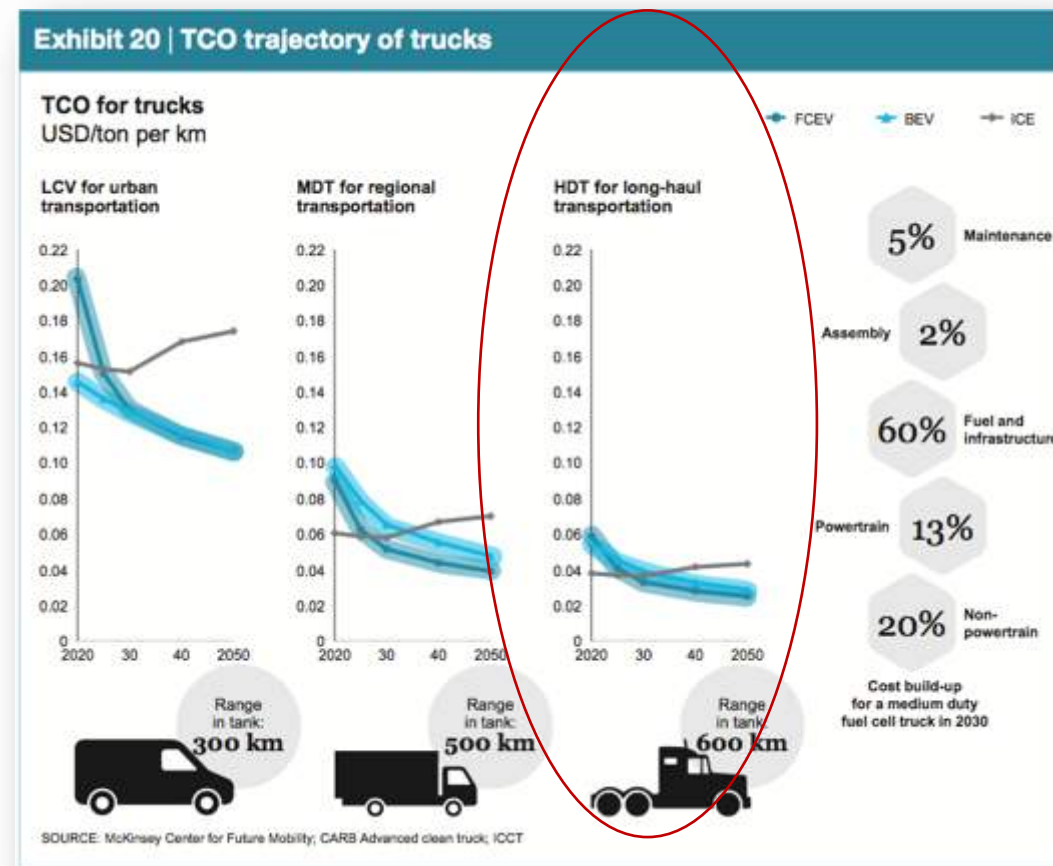
Clasificación de los camiones que circulan por las carreteras de Chile (**Tipo MOP**), según clasificación de la FHWA(Federal Highway Administration)



# ¿QUE JUSTIFICA NUESTRA PROPUESTA DE CAMBIO A FCEV ?



EMISIONES DERIVADAS DE LA COMBUSTIÓN DIESEL EN CAMIONES CARGA PESADA (ton/año)		
CO2	CH4	NO2
270.000	562	530



TCO: costo total de propiedad del vehiculo **USD/ton por km**  
 ICE: camiones a motor de **combustion interna**  
 FCEV: camiones con **motor electrico a celda de combustible**

## Ventajas de la oportunidad de la electrificación H2

### Mantenimiento significativamente menor

- Motor eléctrico de velocidad variable, no requiere caja cambios
- Aprox. 20 piezas móviles en lugar de 2000
- No requiere lubricantes
- Opera a baja temperatura

### Más eficiente

- Eficiencia red eléctrica a rueda (well-to-wheel): batería típico 85 %, hidrógeno típico 30 %
- Recupera la energía de frenado, importante en tránsito urbano y en bajadas de caminos de monte
- Mejor aerodinámica (no tiene la limitante del volumen del motor de combustión bajo el capot)

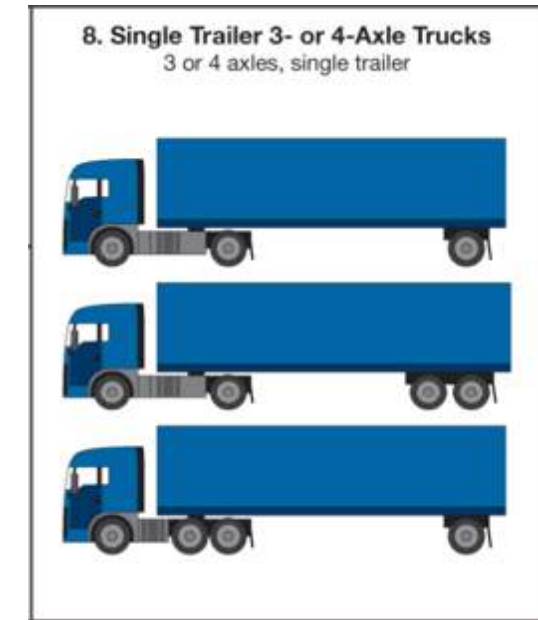
### Menor costo total de propiedad (TCO)

- Costo de energía estable y competitivo con el combustible que desplaza
- Energía renovable autóctona, costo estable, proyección de costo competitivo en pocos años
- Mejor experiencia para conductores, pasajeros y peatones
- Velocidad variable de forma continua (sin cambios)
- Mejor distribución del peso, centro de gravedad más bajo, mayor estabilidad
- Sin ruidos ni vibraciones



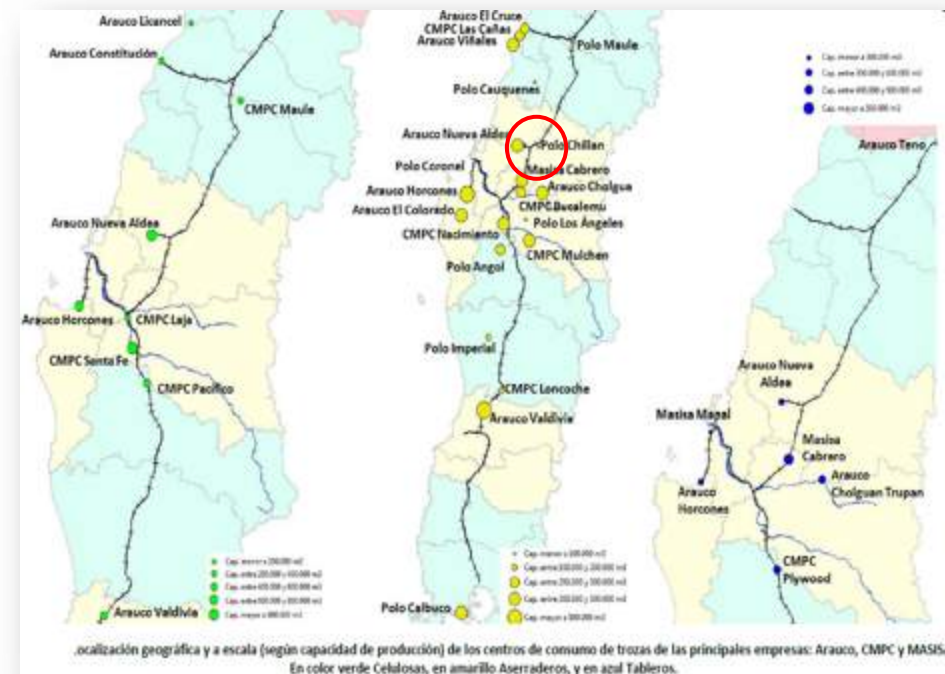
# CAMIONES DE CARGA PESADA H2 PROPUESTO:

Para proyecto se utiliza referencia **Clase 8**, que se adapta chasis a **Clase 6** en fábrica **Clase 8**: camión con semirremolque de 4 o menos ejes.



Hyundai estima que solo se necesitarían de **10 a 15** camiones repostando diariamente, para que una **estación de hidrógeno sea rentable**

# CICLO DE TRABAJO DEL TRANSPORTE DE CARGA FORESTAL



- Radio de acción máxima de los camiones, desde Concepción: es de **150 km** (86% pavimentado y 14% No pavimentado)
- Considerar que el estándar mundial es un radio máximo de 97 km promedio.
- Días de trabajo anuales: **350 días y sin estacionalidades**
- Turnos por día: **2 turnos por día de 5 horas** cada uno; cada turno recorre promedio **300 km**
- Líneas en azul concentran el mayor movimiento hacia aserraderos, **la hidrogenera en Chillán**, es la opción óptima; luego Concepción y Los Angeles.
- Mercado: **1800-1900 camiones**
- Reemplazo de camiones de la flota: cada **4 años**



# PARTES INTEGRANTES DEL PROYECTO: PILOTO 1 HIDROGENERA CHILLAN

## PRODUCCIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Instalación de **11 MWp** de paneles solares fotovoltaicos en la región de **Ñuble**

Producción anual de energía eléctrica 25.547 MWh.

Configuración interconectada a la red

## GENERACIÓN DE HIDRÓGENO VERDE

Instalación de una planta de electrólisis de **5 MW**, que consume **23.400** MWh con producción de **416 ton/año**

### HIDROGENERA EN EL MISMO SITIO

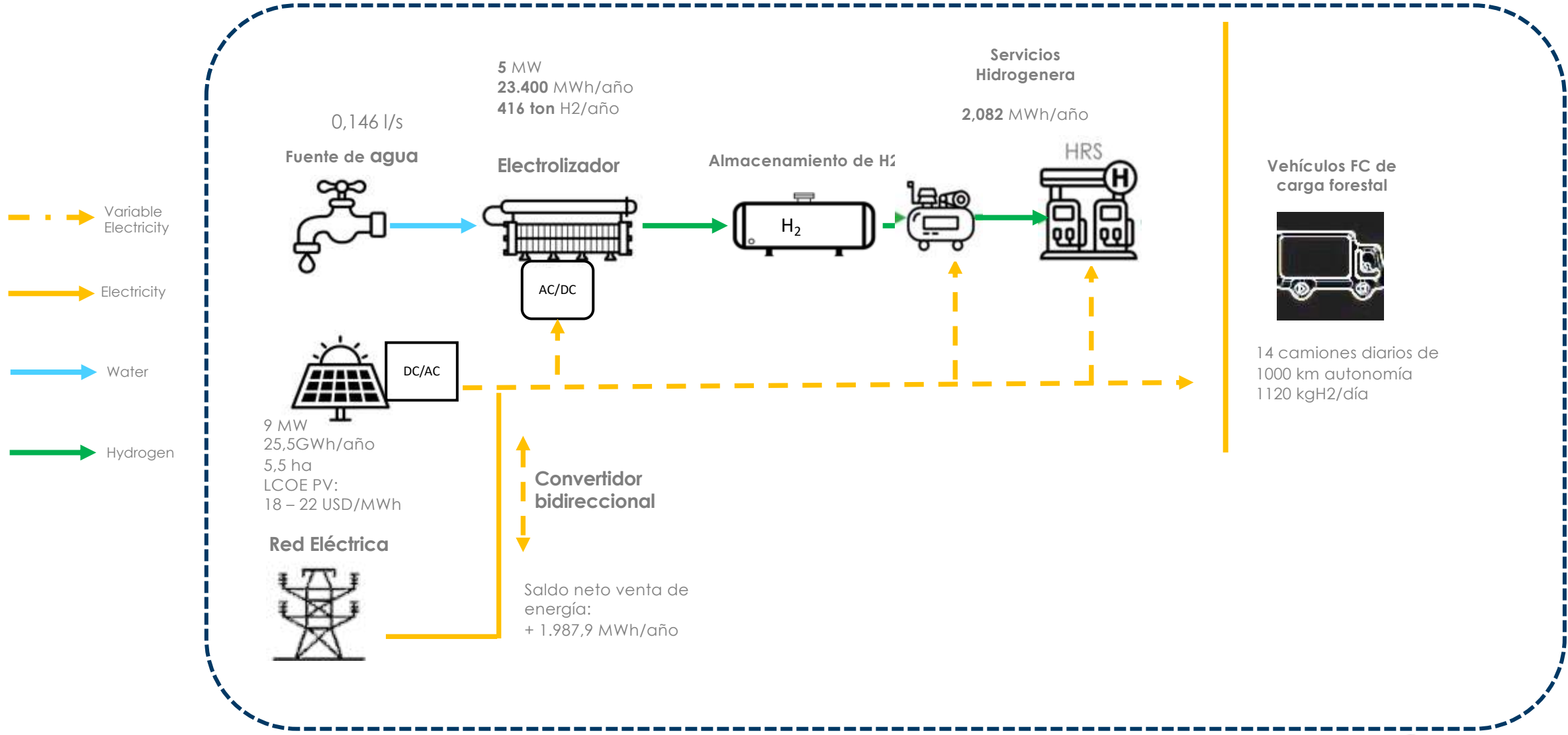
Hidrógenera que cuenta con la producción in situ, y que es capaz de abastecer el repostaje de 14 camiones de carga diaria con autonomía de 1000km

## INYECCIÓN DESDE Y HACIA LA RED

La configuración de la instalación se diseña con un formato PMGD con un precio aproximado de venta de energía de 50 USD/MW para excedentes y un precio considerado de 50 USD/MW de precio medio de compra de energía de manera variable por estacionalidad.

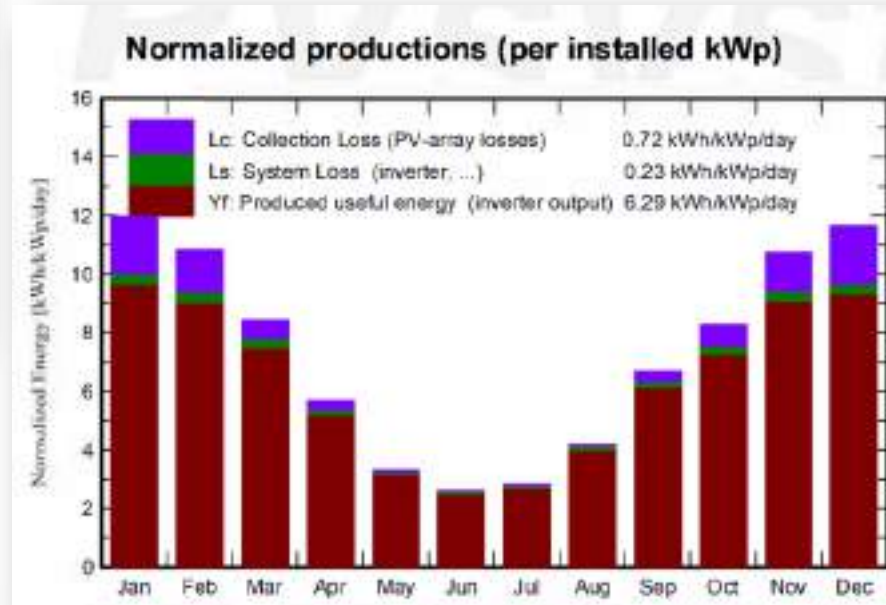
El concepto perseguido es de saldo neto cero en compra venta de energía.

# CADENA DE VALOR :



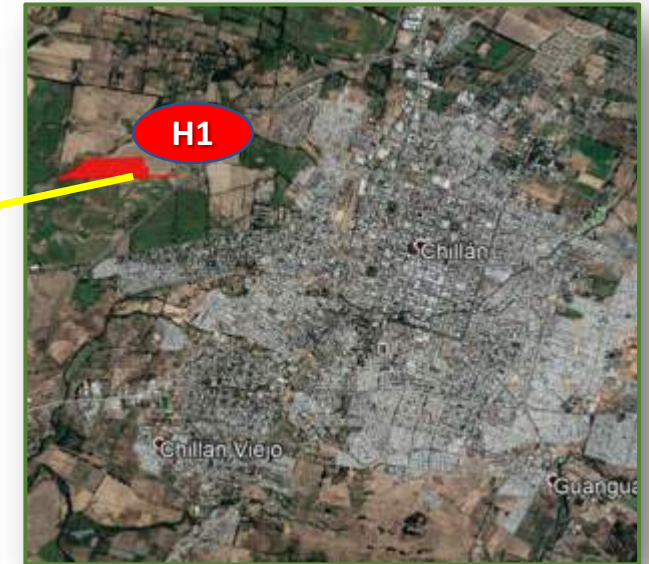
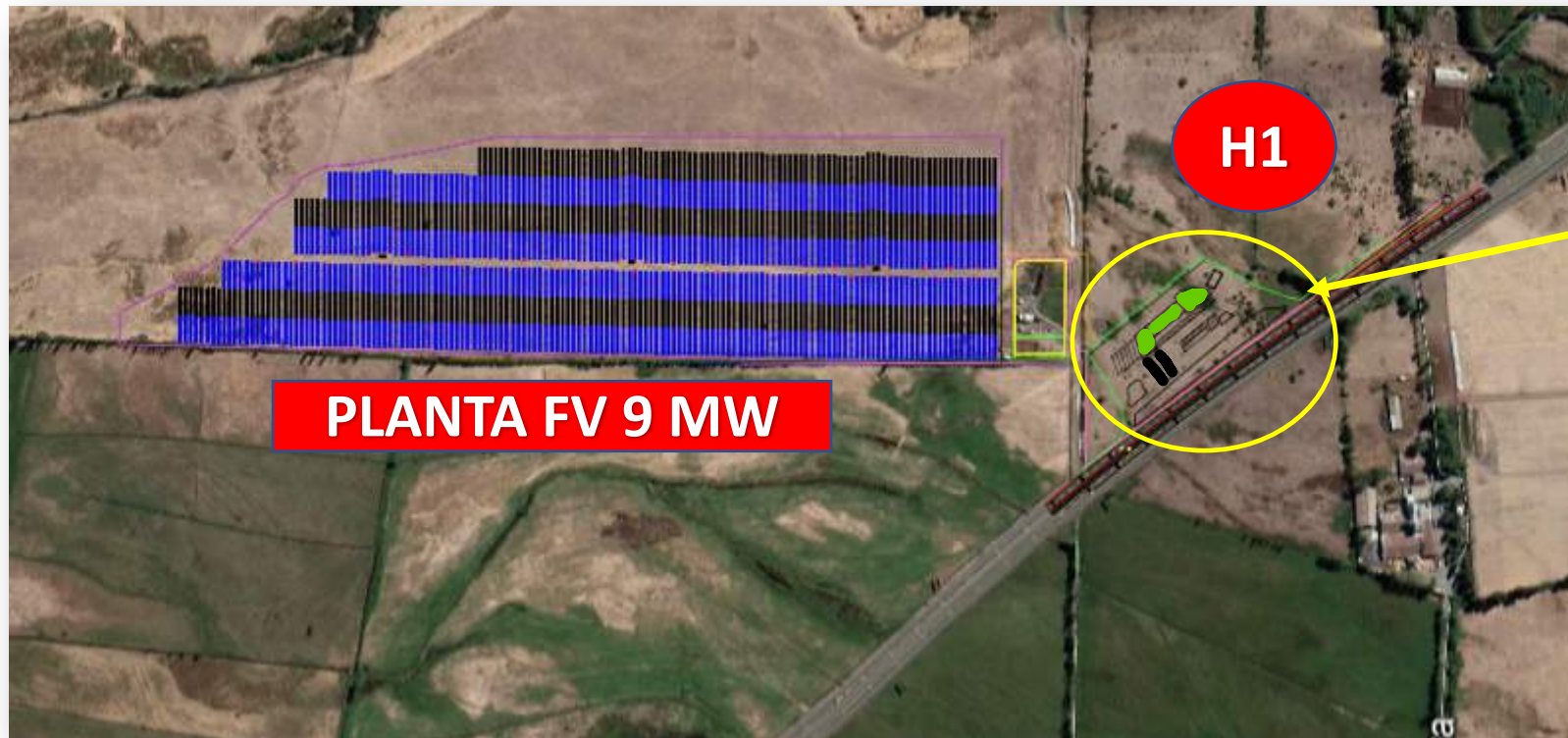


# EMPLAZAMIENTO EN CHILLAN Y SU PERFIL SOLAR



RESUMEN TÉCNICO PLANTA FOTOVOLTAICA	
<strong>MÓDULO SOLAR</strong>	
Manufacturer	LONGI
Model / Type	LR4-72HBD 445M
Power (Wp)	445
Total Quantity	25.340
Total DC Power (Wp)	11.276.300
<strong>STRINGS</strong>	
Total Strings Quantity	905
Modules x String	28
<strong>INVERTER</strong>	
Manufacturer / Model	SG 250HX
Power per Inverter (kVA)	250
Active Power per Inverter (kW)	250
Total Quantity	40
Strings per Inverter	22/23
<strong>TRACKER</strong>	
Model / Type	1 Axis HZ Tracker
Configuration	1V (Portrait)
Pitch	6 m
Collector Width	2.094 m
Total Quantity	202 x 2x28
	167 x 3x28
<strong>PV PLANT POWER</strong>	
Total AC Power (kW)	9.000
Total DC Power(Wp)	11.276.300

# LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA FV:



FV CHILLAN 9 MWn **25,48 GWh/año**

H1: Hidrogenera en Chillán. **ELY 5 MW**



# Hidrogenera con producción in situ 5 MW

## Datos de partida:

PV: 9 MWn

Ely: 5 MW

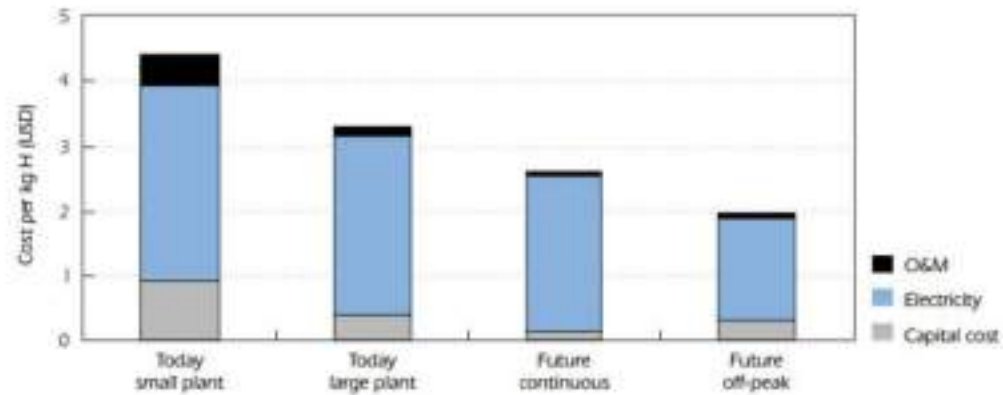
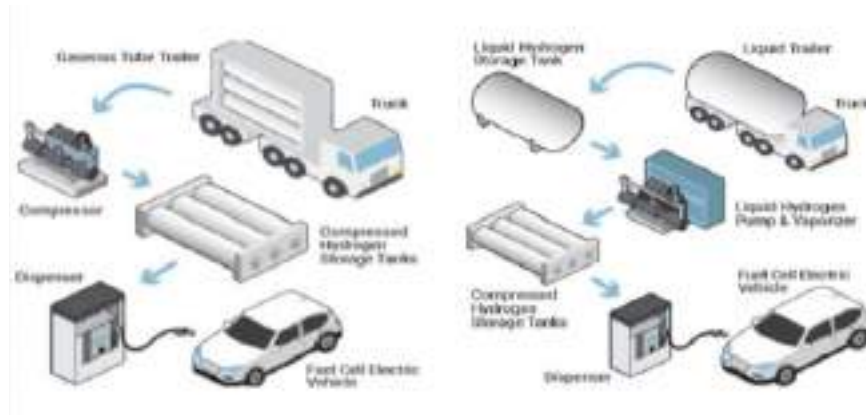
Horas de producción/día: 13 h

HRS: 350 Bar

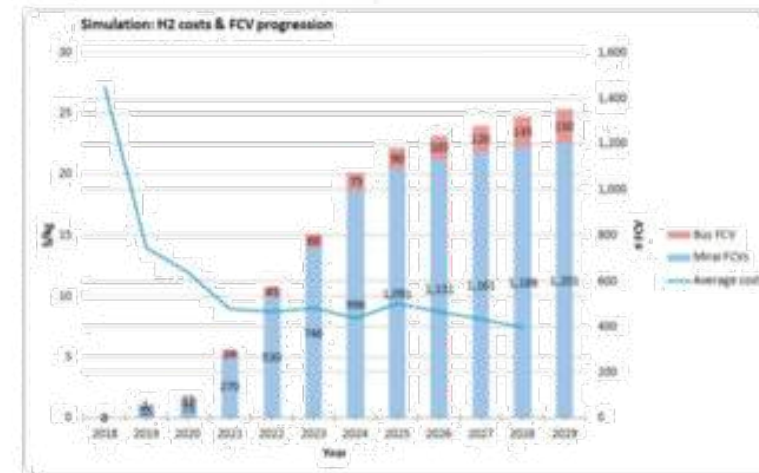
Sistema de pulmón de 6 horas

Repostaje de camiones 80 kg/tanque

# OPCIÓN SELECCIONADA DE HRS



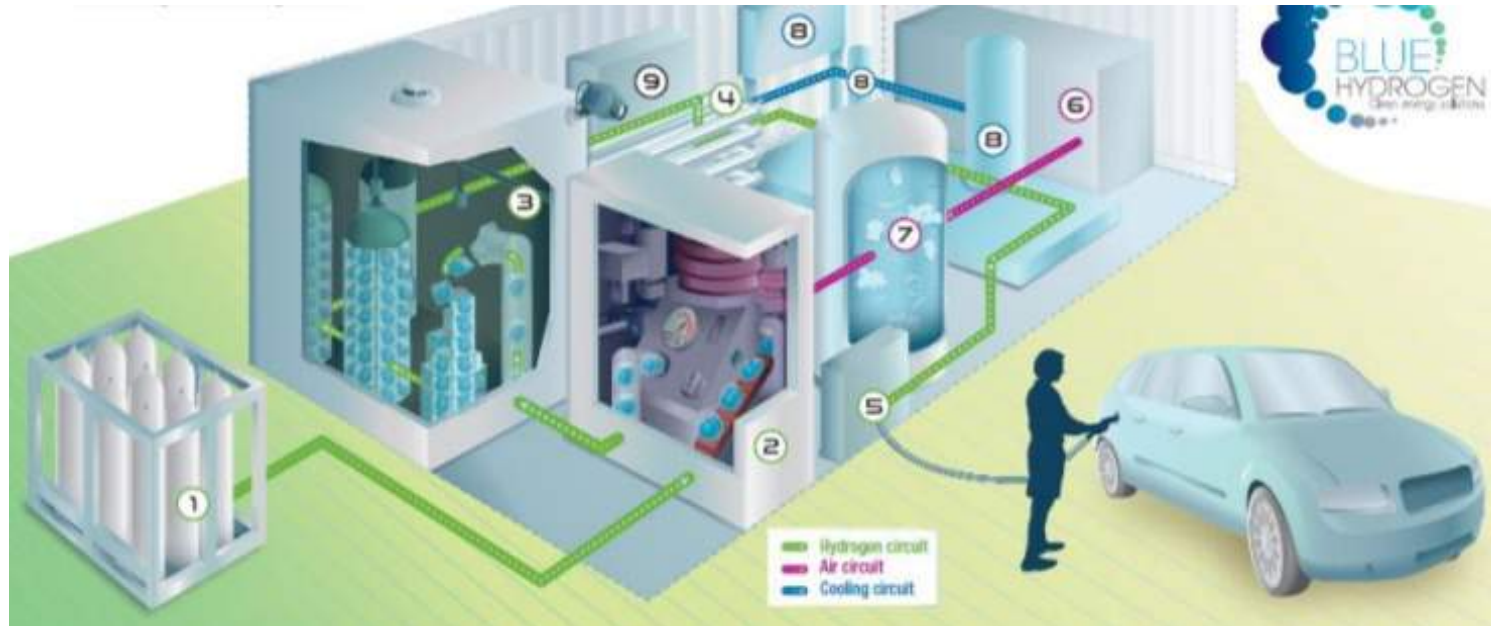
Source: US DoE





# EQUIPOS QUE COMPONEN UNA HIDROGENERA

1) Sistema de almacenamiento baja	4) Sistema de refrigeración	7) Tanque buffer
2) Compresores	5) dispensador	8) Sistema de refrigeración
3) Almacenamiento en alta	6) Compresor en alta (sistema de cascada)	9) Sistema de control



Sistemas de compresión a presión superior al suministro de los vehículos, en este caso desde 20-30 bar hasta 500 bar.



Tanque de almacenamiento a 500 bar.



Sistema de precooling para favorecer una carga rápida de los vehículos



Dispensadores para garantizar el suministro.



Sistemas de control y seguridad

# DATOS DE REPOSTAJE

## Planta de electrolisis

Tamaño de planta	5 MW		
Horas de uso	13 h		
Factor de disponibilidad	98%		
Producción	89 kg/h	1157Kg/día	416.520 kg/año
Capacidad para repostar	14 camiones		

## Repostajes

Camión Mercedes Benz	80 Kg/tanque-- 1000 km autonomía
Según patrón de uso, consumo	17.600 kg H2/año
Recorrido anual camión piloto tipo	220.000 KM





# CÁLCULO DE CAPEX Y OPEX

## 1). Producción de hidrógeno por electrolisis

<b>TAMAÑO DE PLANTA</b>	<b>5 MW</b>
<b>Producción horaria H2</b>	<b>89,00 Kg/h</b>
<b>Producción annual H2.</b>	<b>416.520 kg/año</b>
<b>Consumo de agua</b>	<b>4.536 m³/año</b>

## 2). Almacenamiento baja presión (deposito 575 m³):

- Equipo: 195.000€
- Instalación y obra civil: 25.000€

## 3) Estación de repostaje de hidrógeno tipo (Compresores, Depósitos a 500bar, Sistema precooling para una carga en 8-12 minutos, dispensadores y sistema de control y gestión diseñada según normativa ISO)

- x Equipos: 2.7 millones de euros. 2 DISPENSADORES
  - x Obra civil e instalación 900.000€
  - x Servicios de Mantenimiento Anual: 275.000€
- El sistema dispensaría 512.640 kg hidrógeno/año

Precio de dispensación	€/Kg Hidrógeno
Capex electrolisis (+2 stack de remplazo)	1,367
Capex almacenamiento baja	0,0184
Capex HRS (incluyendo alta presión)	0,4485
Other Capex (construcción, conexión, comissioning, etc)	0,0428
OPEX O&M (PV, electrolyzer, HRS)	0,997
OPEX electricity&water	2,674
Otros costes (seguros, financiación, uso del terreno, posible almacenamiento extra	1,159

<b>TOTAL</b>	<b>6,702</b>
--------------	--------------

# RENDIMIENTOS Y COSTOS COMPARTATIVOS EN RECORRIDO (USD/km)

1) Costo 2020 según Hydrogen Council, rango aprox. 8-10 USD/kg H<sub>2</sub> ; utilizando valor a partir de concepto:

CAMIONES DE CARGA PESADA: MOTORES COMBUSTION INTERNA (ICE) Y DE CELDA A COMBUSTIBLE ( FC)						
CAMION	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD ESTANQUE	AUTONOMÍA	RENDIMIENTO	PRECIO COMBUSTIBLE	COSTO (ACTUAL)
ICE	DIESEL	litros	km	km/l	USD/l	USD/km
		500	750	1,5	0,72	<b>0,48</b>
FC	H2	kg	km	km/kg	USD/kg	USD/km
		80	1000	12,5	11,58	<b>0,93</b>

2) Proyección de costos para 2025, rango 4-5 USD/kg H<sub>2</sub> :

CAMIONES DE CARGA PESADA: MOTORES COMBUSTION INTERNA (ICE) Y DE CELDA A COMBUSTIBLE ( FC)						
CAMION	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD ESTANQUE	AUTONOMÍA	RENDIMIENTO	PRECIO COMBUSTIBLE	COSTO (PROYECTADO)
ICE	DIESEL	litros	km	km/l	USD/l	USD/km
		500	750	1,5	0,79	<b>0,53</b>
FC	H2	kg	km	km/kg	USD/kg	USD/km
		80	1000	12,5	5,00	<b>0,40</b>

← 25 %

# ¿CÓMO SE PROYECTA HVALLESUR A PARTIR DE ESTE CONCEPTO?

- Como meta generar, una red de hidrogeneras zona centro sur Chile
- Nuestra hoja de ruta:
  - Continuar avanzando con los stake holders, contando con acuerdos y apoyos de ministerios de gobiernos
  - Ingeniería de detalle y desarrollar el primer piloto con un mínimo camiones FCEV.
  - Establecer una estructura de financiamiento para consorcio con un % en subsidios no reembolsables, créditos verdes CORFO y aportaciones de capital de promotores involucrados en la cadena de valor
  - Acuerdo con operador forestal identificado.
  - Recabar apoyos ministeriales
  - Formar consorcios con stakeholder distribuidor de H2



# ESTRUCTURA PROPUESTA DE FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Subsidio no reembolsable	CTF / GEF / Fondos Cleantech filantrópicos	48%
Deuda	Crédito Verde CORFO vía institución financiera	21%
Capital	Promotor A ( Identificado)	10%
Capital	Promotor B ( Identificado)	21%
Total		100%
Total sin subsidio		52%



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

[www.tci-gecomp.com](http://www.tci-gecomp.com)

