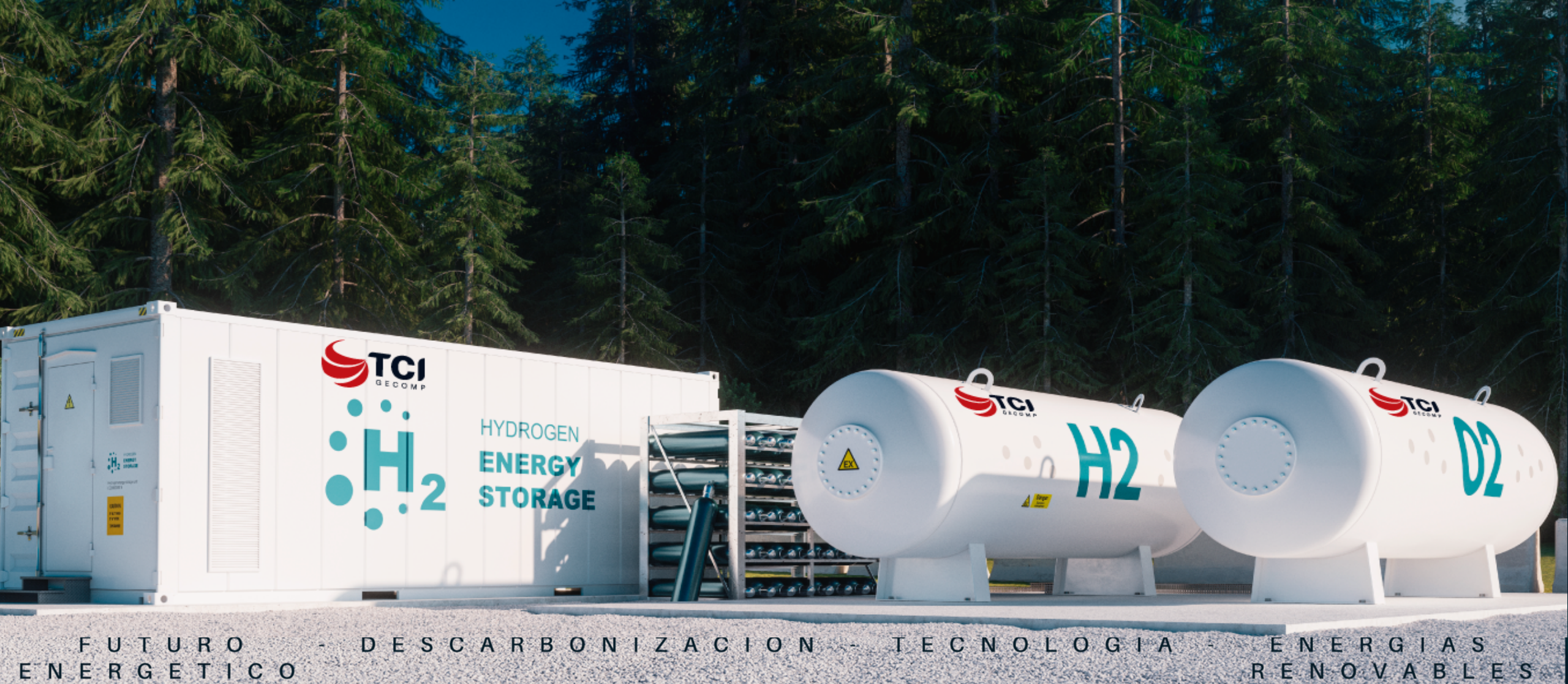




Energía del Futuro

ESTUDIO DE INSTALACIÓN DE GENERACION DE HIDRÓGENO 100 MW





ESTUDIO BASE PLANTA H2 VERDE 100 MW



Datos de partida

Instalación de producción de hidrógeno 100 MW

DATOS PARTIDA

Coste electricidad	40,00 €/MWh
Horas funcionamiento	8.760,00 h/año
CAPEX electrolizador	480,00 €/kW
Licencias instalación	40.000,00 €/MW
Canalizaciones Incluye parte eléctrica	3,50% CAPEX ELY
Obra civil, edificio atmosfera explosiva	20,00% CAPEX ELY
Nuevo Stack (todo el empaquetado sin el resto de sistemas de filtrado tuberías etc.	30,00% CAPEX ELY
Almacenamiento H2 (a 30 bares) como diapo 2	3,00% CAPEX ELY
Años amortización	20,00 años

DATOS TÉCNICOS ELECTROLIZADOR

Capacidad instalada	100,00 MW
Consumo eléctrico para alcalino	49,00 kWh/kg H2
Consumo elect. específico	4,41 kWh/Nm ³
Capacidad instalada de producción de hidrógeno al principio de la vida	2.040,82 Kg/h
Días disponibilidad anual	358,00 días/año
Días mantenimiento	7,00 días/año
Pérdidas eficiencia (datos de Green deal)	0,19% %/1000 h
Hidrógeno producido BOL	17.520.000 kg/año
Consumo eléctrico	858.480,00 MWh año
Mantenimiento	2% CAPEX ELY
Factor de disponibilidad	98%

Datos de partida

Para el estudio hemos tomado los términos de referencia del Green Deal publicados por la comisión europea.

LC-GD-2-2-2020 Develop and demonstrate a 100 MW electrolyser upscaling the link between renewables and commercial/industrial applications



EN English

Home > Strategy > Priorities 2019-2024 > A European Green Deal

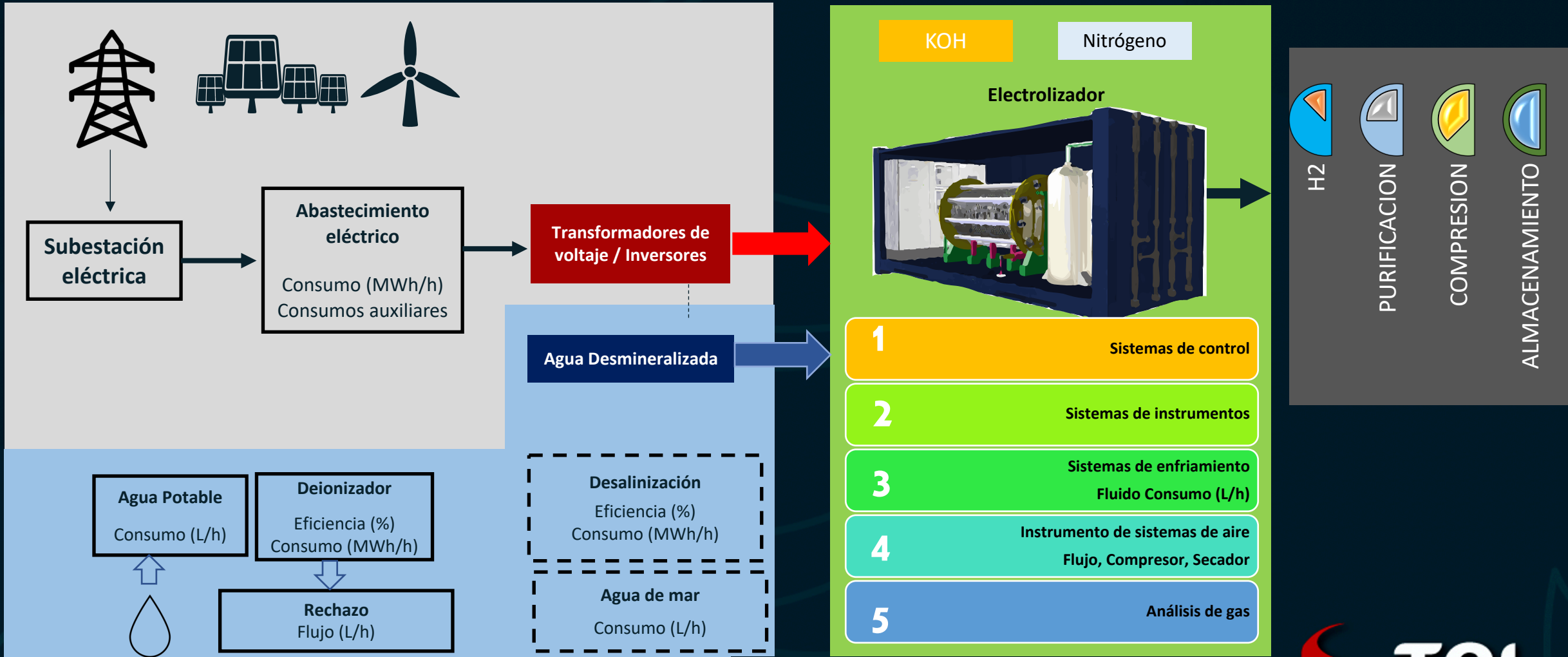
A European Green Deal

Striving to be the first climate-neutral continent

Technological impacts:

- → Establish a European industry capable of developing novel hundreds of MW electrolyzers using a European value chain, consisting of modules and a suitable balance of plant for managing power (electricity and heat), water, Hydrogen and Oxygen flows;
- → Increase the efficiency of the electrolyser reaching an energy consumption of 49 (ALK) to 52 (PEM) kWh/kg H₂ at nominal power;
- → Increase the current density to at least 0,5 A/cm² (ALK) or 3 A/cm² (PEM) and delivery pressure to 30 bar. Power electronics should allow for dynamic operation of electrolyser from 25 to 100% in seconds (following the JRC harmonised testing protocols);
- → Reduce the plant's footprint by 30% thanks to the larger modules and the plant layout as well as the higher current densities;
- → Reduce the electrolyser CAPEX by 20% down to EUR^o480/kW and EUR^o700/kW for Alkaline and PEM electrolyzers respectively, meeting the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking targets for 2024;
- → Improve the maturity of technologies being tested through demonstrations in a real life environment, taking into account constraints from real operations;
- → Improving durability of the membranes and components;
- → Increase the stack lifetime with a degradation target (Minimum nominal energy consumption at end-of-Life) of 0.12%/1000 hours for Alkaline and 0.19%/1000 hours for PEM;

Diagrama de bloques planta electrolisis



KEY PLAYERS EN CADENA SUMINISTRO DE H2 *



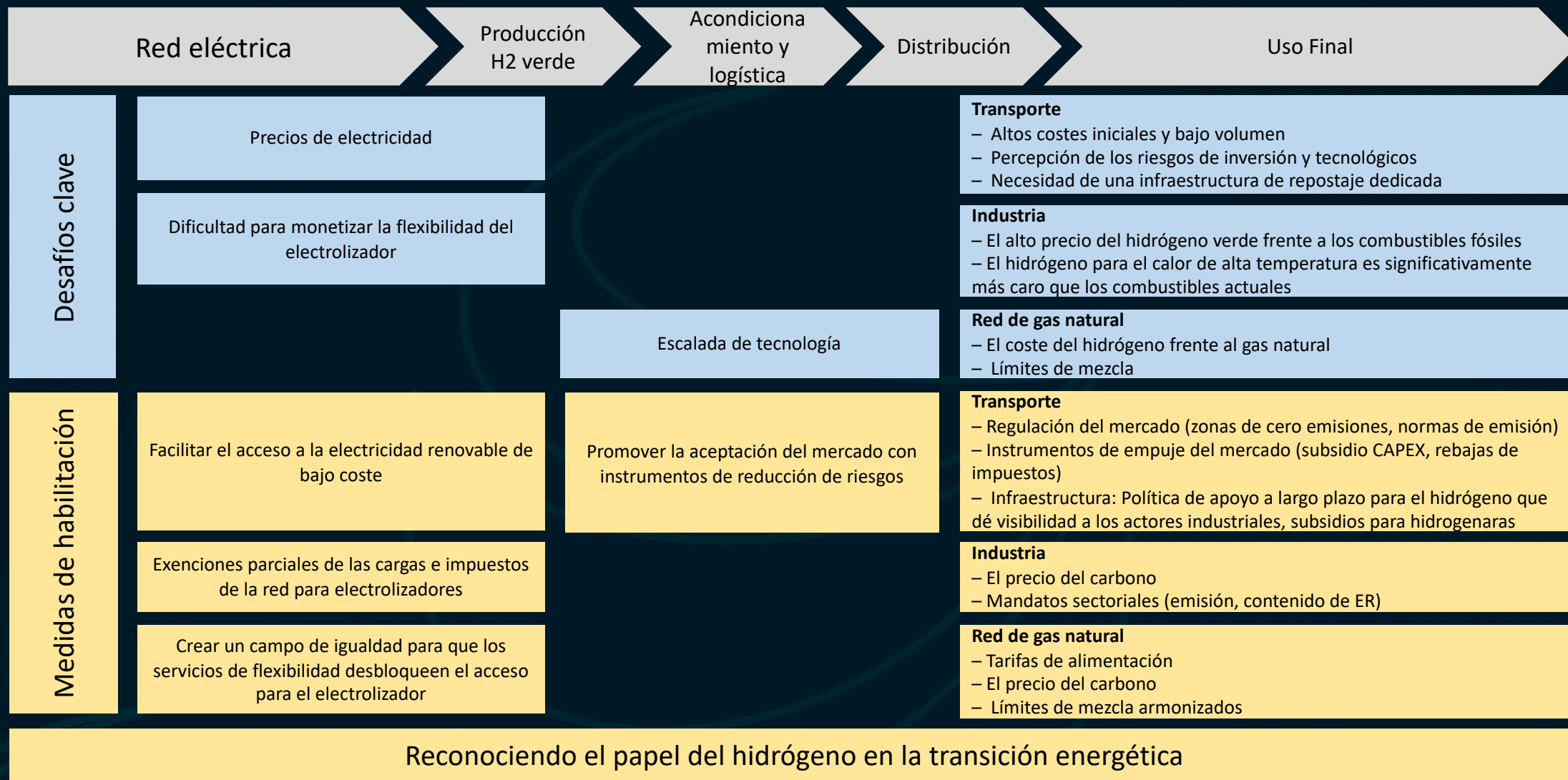
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGIAS ALCALINAS Y PEM

	Alcalino	PEM
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Inferior CAPEX/OPEX 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de respuesta corto en operación dinámica
	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología madura y probada en tamaño de multi-MW para operación estacionaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrolito sólido
	<ul style="list-style-type: none"> • Alto tiempo de vida de stack 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto nivel de pureza del hidrógeno
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Electrolito líquido 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor CAPEX/OPEX
	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de purificación de H2 para usos finales 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor vida útil del stack
	<ul style="list-style-type: none"> • Un tiempo de respuesta más largo 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de metales del grupo platino
	<ul style="list-style-type: none"> • Largo tiempo de arranque en frío 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología menos madura y probada para usos multi-MW

PARÁMETROS DE ELECTROLIZADORES ALCALINOS – PEM

Parámetros	<u>Alcalino</u>		<u>PEM</u>	
	2017	2025	2017	2025
CAPEX del sistema: stack + BoP + fuente de alimentación (€/kW)	830	600	1300	900
OPEX (% de CAPEX/año)	3	3	3	3
OPEX debido a la sustitución del stack (euros/kW)	380	270	470	250
Tiempo de vida (h) del stack	80,000	90,000	40,000	50,000
Vida útil del sistema (años)	20	20	20	20
Consumo de agua (L/kg de H2 producido)	15	15	15	15
Eficiencia del sistema (kWhe/kg de H2)	52	50	61	53
Intervalos de presión de salida (bar)	1 – 15	15 – 30	15 – 30	30 – 60
Potencia mínima para el funcionamiento parcial (% de la potencia máxima)	10%	10%	10%	10%
Tiempo de respuesta mínimo (caliente a carga completa, en segundos)	5	5	1	1
Tiempo de arranque en frío (minutos)	<10	<10	<5	<5

*Fuente: Comisión Europea (2017). Ya han quedado anticuados para las previsiones de 2025 en la publicación de Septiembre 2020 de la Comisión Europea, rebajando los costes en 2020 a los previstos para 2025 (480 €/kW ALK – 700 €/kW PEM)



RESULTADOS ESTUDIO INSTALACION H2 -100MW

Mejor escenario

Modelo inicial
de coste de
Hidrógeno
según los
parámetros
indicados

Red 24 horas
8760 horas
Precio: 40€/MWh

Mix Eólica/Solar FV
4500 horas
Precio: 30€/MWh

Solar FV
2.000 horas
Precio: 25€/MWh

AC/DC
Eff 95%

Eff (HHV) 52 kWh/Kg
CAPEX 700€/kW
electrolisis PEM

Electrolisis ALCALINA
Eff (HHV) 49 Kwh/kg
CAPEX 480€/kW+

2,55 €/kg

2,67 €/kg

AC/DC
Eff 95%

Electrolisis PEM
Eff (HHV) 52 kWh/Kg
CAPEX 700€/kW

Electrolisis ALCALINA
Eff (HHV) 49 Kwh/kg
CAPEX 480€/kW

2,15 €/kg

2,43 €/kg

Conexión
directa
en DC
Eff 98%

Electrolisis PEM
Eff (HHV) 52 kWh/Kg
CAPEX 700€/kW

Electrolisis ALCALINA
Eff (HHV) 49 Kwh/kg
CAPEX 480€/kW

2,62 €/kg

3,11 €/kg



ALCALINA
100 M²/MW
Eff (HHV) 49 kW/Kg
CAPEX 480 €/kW

PEM
80 M²/MW
Eff (HHV) 52kW/Kg
CAPEX 700 €/kW



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO 100 MW

SIMULACION DE RENTABILIDAD

- Precio de venta 2,5 €/kg
- Modelo mix renovable 4.500h
- 30,00 €/MWh

TNA de inversión alternativa		5%
VAN (VENTA)		8.687.237,87 €
TIR (VENTA)		6%

DATOS PARTIDA

Coste electricidad	30,00 €/MWh
Horas funcionamiento	4.500,00 h/año
CAPEX electrolizador	480,00 €/kW
Licencias instalación	40.000,00 €/MW
Canalizaciones	3,50% CAPEX ELY
Obra civil	20,00% CAPEX ELY
Nuevo Stack	30,00% CAPEX ELY
Almacenamiento H2	3,00% CAPEX ELY
Años amortización	20,00 años

DATOS TÉCNICOS ELECTROLIZADOR

Capacidad instalada	100,00 MW
Consumo eléctrico	49,00 kWh/kg H2
Consumo elect. específico	4,41 kWh/Nm ³
Capacidad instalada BOL	2.040,82 Kg/h
Días disponibilidad anual	358,00 días/año
Días mantenimiento	7,00 días/año
Pérdidas eficiencia	0,19% %/1000 h
Hidrógeno producido BOL	17.520.000 kg/año
Consumo eléctrico	858.480,00 MWh año
Mantenimiento	2% CAPEX ELY
Factor de disponibilidad	98%

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO 100 MW

SIMULACION DE RENTABILIDAD

- Precio de venta 2,5 €/kg
- Modelo PPA renovable 24h 30,00€/MWh
- 5% del tiempo para mantenimiento y paradas

TNA de inversión alternativa		5%
VAN (VENTA)		80.863.034,70 €
TIR (VENTA)		17%

DATOS PARTIDA

Coste electricidad	30,00 €/MWh
Horas funcionamiento	8.322,00 h/año
CAPEX electrolizador	480,00 €/kW
Licencias instalación	40.000,00 €/MW
Canalizaciones	3,50% CAPEX ELY
Obra civil	20,00% CAPEX ELY
Nuevo Stack	30,00% CAPEX ELY
Almacenamiento H2	3,00% CAPEX ELY
Años amortización	20,00 años

DATOS TÉCNICOS ELECTROLIZADOR

Capacidad instalada	100,00 MW
Consumo eléctrico	49,00 kWh/kg H2
Consumo elect. específico	4,41 kWh/Nm ³
Capacidad instalada BOL	2.040,82 Kg/h
Días disponibilidad anual	358,00 días/año
Días mantenimiento	7,00 días/año
Pérdidas eficiencia	0,19% %/1000 h
Hidrógeno producido BOL	17.520.000 kg/año
Consumo eléctrico	858.480,00 MWh año
Mantenimiento	2% CAPEX ELY
Factor de disponibilidad	98%

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO 100 MW

SIMULACION DE RENTABILIDAD

- Precio de venta 2,5 €/kg
- Modelo PPA renovable 24h 40,00€/MWh
- 5% del tiempo para mantenimiento y paradas

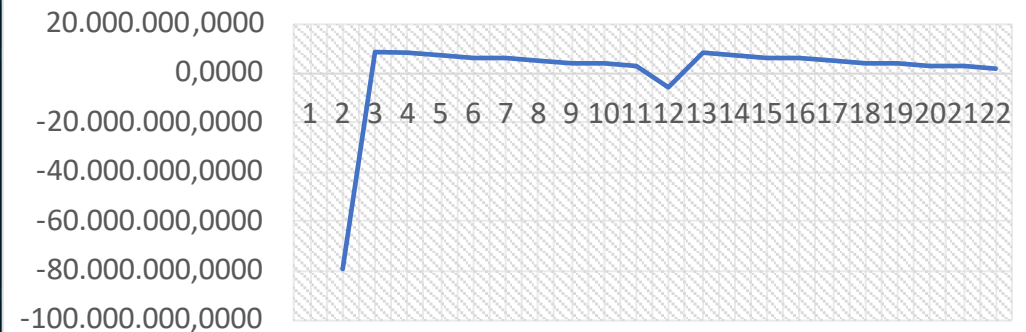
DATOS PARTIDA

Coste electricidad	Dato clave 40,00 €/MWh
Horas funcionamiento	8.322,00 h/año
CAPEX electrolizador	480,00 €/kW
Licencias instalación	40.000,00 €/MW
Canalizaciones	3,50% CAPEX ELY
Obra civil	20,00% CAPEX ELY
Nuevo Stack	30,00% CAPEX ELY
Almacenamiento H2	3,00% CAPEX ELY
Años amortización	20,00 años

DATOS TÉCNICOS ELECTROLIZADOR

Capacidad instalada	100,00 MW
Consumo eléctrico	49,00 kWh/kg H2
Consumo elect. específico	4,41 kWh/Nm ³
Capacidad instalada BOL	2.040,82 Kg/h
Días disponibilidad anual	358,00 días/año
Días mantenimiento	7,00 días/año
Pérdidas eficiencia	0,19% %/1000 h
Hidrógeno producido BOL	17.520.000 kg/año
Consumo eléctrico	858.480,00 MWh año
Mantenimiento	2% CAPEX ELY
Factor de disponibilidad	98%

FLUJO FONDOS (Venta H2)



TNA de inversión alternativa

5%

VAN (VENTA)

-15.933.445,47 €

TIR (VENTA)

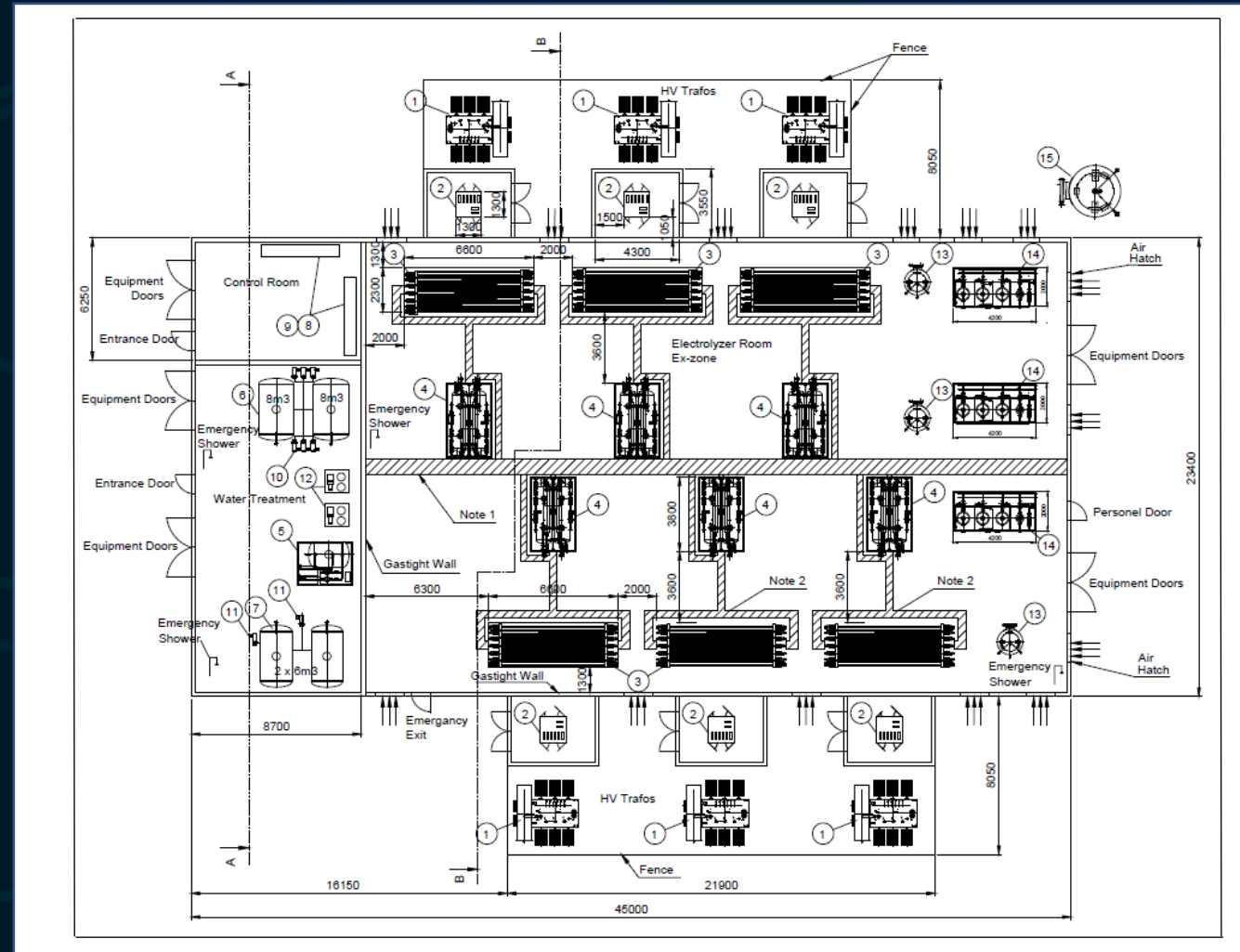
2%



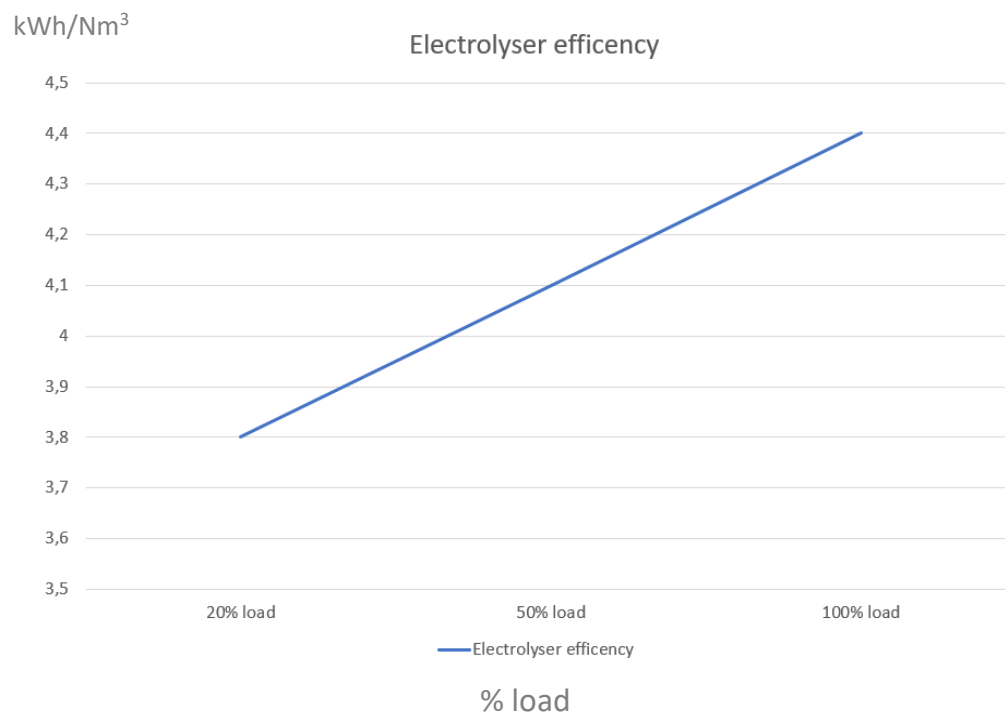
LAYOUT BÁSICO

Ejemplo de Layout de planta H2 17 MW

REF.	Order	Unit	Concept	Description
TCI-H2-P200HV-001	1	6	HV Transformer	6 MW
TCI-H2-P200DC-001	2	6	Rectifier	6 MW
TCI-H2-P200GS-001	3	6	Electrolyser	6 x 600Nm ³ /h
TCI-H2-P200GS-002	4	6	Gas Separation Skid	
TCI-H2-P200WS-001	5	1	Cooling Water Unit for Rectifiers	
TCI-H2-P200WS-002	6	2	Feed Water Tank	2 x 8 m ³
TCI-H2-P200WS-003	7	2	Lye Mixing Tank	2 x 6 m ³
TCI-H2-P200ES-001	8	2	Electrical Cabinet	
TCI-H2-P200ES-002	9	2	Valve Panel	
TCI-H2-P200WS-004	10	6	Feed Water Pump	
TCI-H2-P200WS-005	11	2	Lye Mixing Pump	
TCI-H2-P200WS-006	12	2	Water Purifier	
TCI-H2-P200GS-003	13	3	H2 Buffer Tank	4 m ³
TCI-H2-P200GS-004	14	3	H2 Purification System	
TCI-H2-P200GS-003	15	1	H2 Buffer Tank	10 m ³



CURVA DE EFICIENCIA DE STACK



- Ejemplo de curva de potencia versus eficiencia en electrolisis alcalina (stack) rango MW.
- El electrolizador tiene un consumo de energía de corriente continua de stack que va de 3,8 kWh/Nm³ H₂ a 4,4 kWh/Nm³ H₂, dependiendo de la carga.

COMPARATIVA DE COSTES DE COMPRESIÓN H2

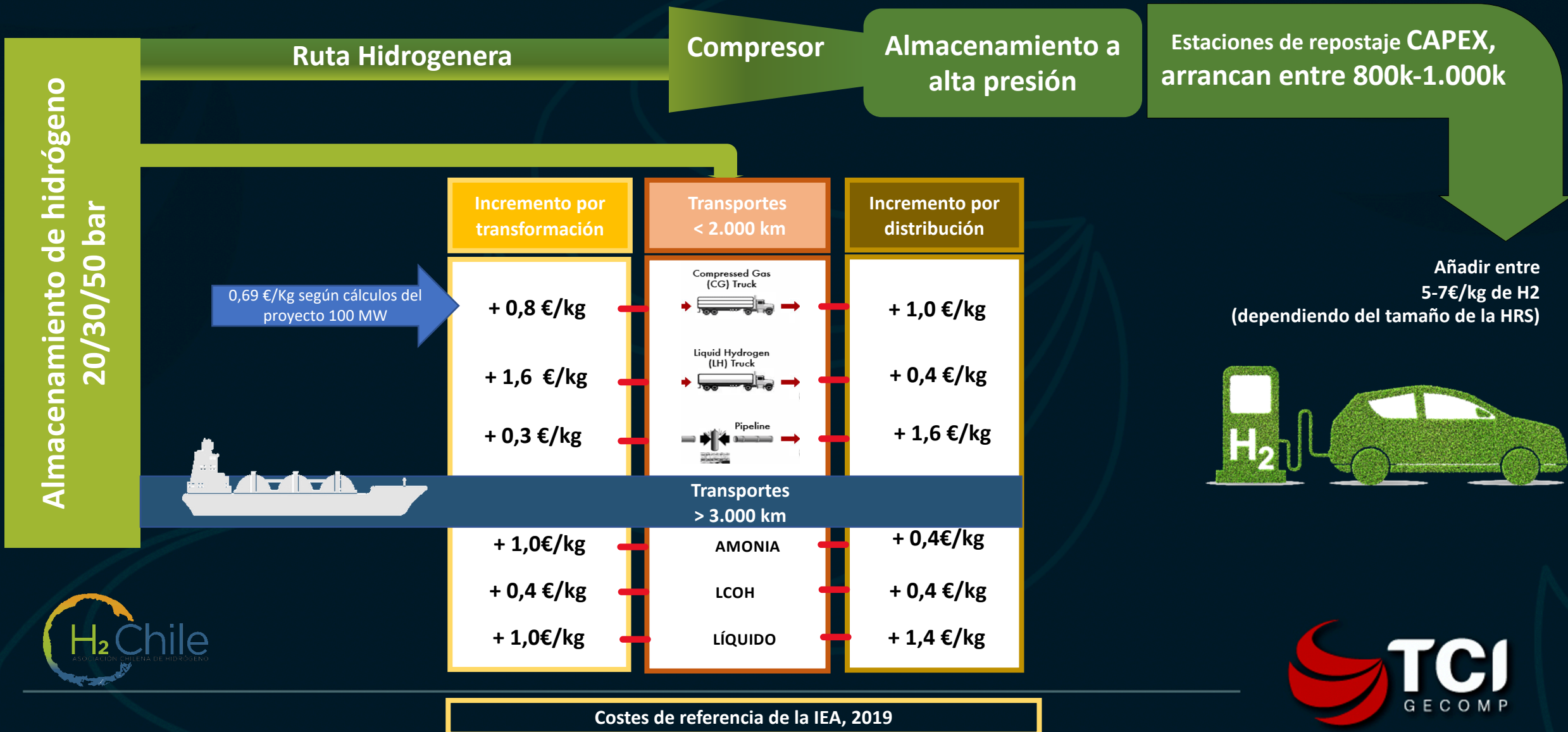
Datos técnicos y económicos sobre estaciones de repostaje y los remolques de tubos

Estaciones de repostaje

Presión de entrada y salida	Consumo de energía	Flujo máximo de hidrógeno	CAPEX (K€)
P atm a 200 bar	5 kWhe/kg	20 kg/h	687
		100kg/h	1.986
		400kg/h	4.959
15 – 200 bar	2.4 kWhe/kg	20kg/h	498
		100kg/h	1.441
		400kg/h	3.597
30 – 200 bar	1.7 kWhe/kg	20kg/h	467
		100kg/h	1.351
		400kg/h	3.373
60 – 200 bar	1.1 kWhe/kg	20kg/h	441
		100kg/h	1.276
		400kg/h	3.185
Remolques de tubos			
Presión 200 bar			CAPEX (€/kg)
			500

Ejemplo de cálculo para 100 MW (2040Kg/hora) a 4500 horas anuales para presión de salida a 30 bares y almacenamiento de 2 días, teniendo en cuenta CAPEX de Compresor, tub trailer, mantenimiento y personal: 0, 49 CAPEX y 0,2 OPEX = **0,69 €/Kg** (coste de la transformación)

Análisis de viabilidad: Uso de hidrógeno en el transporte



Datos económicos

En general...

Electrolizadores			
	Alcalino	PEM	SOEC
TRL	9	8-9	5-7
CAPEX	600-1250	900-2.000	4.500
OPEX	26	41	225
EFICIENCIA KW/KG	50	55	40
Degradación %/h	0,12	0,19	1,9
Densidad de corriente A/cm2	0,2-0,7	2,2	1

Ratios publicados por la EU del estado del arte 2020

Para el proyecto bajo estudio...

ANÁLISIS ECONOMICO APROXIMADO 100 MW				
COSTES ESTIMADOS				
	PEM		ALCALINA	
Plazo desde el pedido a la puesta en marcha	2 años		2 años	
CAPEX	700	€/kW	480	€/kW
Acondicionamiento del agua y la energía	8,5%		7%	
Planta de electrolisis	72%	700	71%	480
Canalizaciones y obra civil	16%		18%	
Post tratamiento (almacenamiento y compresión)	3,5%		4%	
TOTAL CAPEX	100%	700	100%	480
ANUAL OPEX (%CAPEX)	3%		3%	

Ratios publicados por la EU Sep 2020 para el Green Deal



www.tci-gecomp.com - info@tci-gecomp.com



Gracias

E N E R G Í A

S O L A R - E Ó L I C A - H 2 T C I
S O L A R - E Ó L I C A - H 2 T C I

C H I L E

E S P A Ñ A

P E R Ú

A R G E N T I N A