



Gobierno
de Chile

gob.cl

ESTRATEGIA NACIONAL DE **HIDRÓGENO VERDE**

Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones

Estrategia Nacional Hidrógeno Verde

Publicado por el Ministerio de Energía, Gobierno de Chile
Alameda 1449, Edificio Santiago Downtown II, Piso 13
Santiago de Chile
Noviembre, 2020

Los autores agradecen a McKinsey & Company por proveer el apoyo y fundamento analítico de este trabajo. También reconocen el temprano aporte del Comité Solar e Innovación Energética de CORFO en la discusión nacional sobre el hidrógeno. Además, el Ministerio de Energía agradece el apoyo constante del Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la agencia alemana GIZ, así como a todos los servicios públicos, empresas, asociaciones civiles y colaboradores individuales que entregaron sus comentarios y compartieron su experiencia durante la elaboración de esta política pública.

Edición general:

Max Correa A. – Carlos Barría Q. – Benjamín Maluenda P.

Diseño: Patricia Escobar A.

Imágenes: Unsplash; Portada: Pablo Acevedo; Página 3, La Tercera; Página 5, Antonio García; Página 14, Alexander Schimmeck; Página 15, Kurt Cotoaga; Página 16, Antonio Martínez; Página 20, Tilo Mitra; Página 24, Willian Justen de Vasconcellos; Página 25, Eduardo Cabrera; Página 26, Bruna Fiscuk; Página 27, Claudio Rolli; Página 28, Juan Manuel Núñez Méndez. Imagen en página 9 de Guy Wenborne. – Imagen de Chile Imagen en página 29 de Gnzlnrds.

Los prefijos k, M, B y T utilizados en este documento simbolizan miles, millones, miles de millones y billones, respectivamente.

Los contenidos de este informe pueden ser reproducidos en cualquier medio citando la fuente.



Este documento es una versión preliminar liberada para un proceso de consulta pública. La versión definitiva y el respaldo a los análisis realizados serán publicados una vez se recojan e incorporen las observaciones del público. Participa en [energía.gob.cl](https://energia.gob.cl).

Índice

Capítulo 1 Es tiempo de actuar	5
Capítulo 2 Una oportunidad para Chile	9
Capítulo 3 Nuestra estrategia	15
Capítulo 4 Pilares	20
Capítulo 5 Plan de acción	24



Juan Carlos Jobet E.
Ministro de Energía

El hidrógeno, el átomo compuesto por solo un protón y un electrón, es la sustancia más abundante del universo. También es el elemento más ligero y el más simple de la tabla periódica. Recientemente, se le ha prestado mucha atención por su rol potencial en la lucha contra el cambio climático. Específicamente, el interés en torno al hidrógeno se ha centrado en su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores de la economía que son más difíciles de mitigar. ¿Será que el átomo más simple y pequeño podrá ser la clave para combatir el cambio climático, el desafío más grande y complejo?

Al igual que el hidrógeno, Chile es un país relativamente pequeño; contribuye solo con el 0,3% de las emisiones globales. Sin embargo, tenemos un papel enorme que desempeñar para cambiar el rumbo del aumento de las emisiones y seguir un camino bajo en carbono para el crecimiento y el desarrollo.

Lo que nos falta en tamaño, lo compensamos con creces en potencial. En el desierto del norte, con la radiación solar más alta del planeta, y con vientos fuertes y constantes en el sur, tenemos el potencial de energía renovable para construir 70 veces la capacidad de generación eléctrica que tenemos hoy. Esta

abundante energía renovable nos permitirá ser el productor más barato de hidrógeno verde del planeta. Nuestra Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde tiene como objetivo tomar esta oportunidad y convertirla en realidad.

La Estrategia es el resultado del trabajo colaborativo de la industria, la academia, la sociedad civil y el sector público. Forma una pieza esencial de nuestro plan de carbono neutralidad y de nuestro compromiso de desarrollarnos de manera sostenible. Además de limpiar nuestra economía, nos permitirá exportar productos creados con energía cero emisiones, diferenciándose como exportaciones limpias frente a los usuarios finales. Finalmente, también nos permitirá exportar nuestra energía renovable al mundo en forma de hidrógeno verde y sus derivados; amoniaco verde, metanol y combustibles sintéticos.

Históricamente, en Chile hemos carecido de combustibles fósiles y nos hemos visto obligados a importar esta energía. Ahora, el surgimiento del hidrógeno nos permitirá impulsar una descarbonización profunda en nuestro propio país y en todo el mundo. Esta Estrategia es el primer paso para que alcancemos esta meta y desarrollemos todo nuestro potencial.

CARTA DEL CONSEJO ASESOR

“Esta Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde marca un punto de partida esencial para una transformación profunda de la identidad productiva del país.”

Nuestro país se ha comprometido a disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero para ayudar a frenar el cambio climático que nos afecta globalmente, transitando a un desarrollo sostenible. Es en la riqueza de energías limpias de Chile donde vemos un motor para descarbonizar las actividades del país, diversificar su matriz energética y generar nuevas industrias de desarrollo local. Chile puede transicionar de un país que crece extrayendo recursos no renovables, a uno que produce los combustibles limpios y renovables que requiere el mundo para evitar el cambio climático.

Chile tiene una oportunidad única para desarrollar una industria competitiva de hidrógeno verde que, a partir de electricidad producida con recursos renovables de bajo costo, permita formar un energético de uso local y de exportación, impulsando una economía sustentable en torno a esta.

Esta oportunidad puede tener un gran impacto en nuestra marca país, agregando un valor verde a los productos creados en Chile, reduciendo su huella de carbono de

transporte y ofreciendo nuestros energéticos de carácter renovable a quienes los necesiten. Una oportunidad concreta, por ejemplo, sería convertirse en el productor principal de cobre verde a nivel mundial. De esta manera vemos que se ofrece al país la oportunidad de generar espacios de innovación, potenciar el crecimiento y el empleo local, así como crear nuevas empresas de impacto local y global.

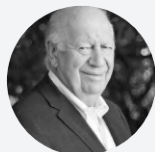
El gran desafío de estos años que vienen será materializar estas oportunidades mediante acciones concretas. Vemos que esta Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde marca un punto de partida esencial para una transformación profunda de la identidad productiva del país. Pero también es esencial, porque posiciona a Chile en el liderazgo global y genera una coordinación público-privada en torno a objetivos claros que guíen la acción.

Debemos promover el uso de este energético en territorio nacional, desplazando el consumo de combustibles fósiles en los sectores minero, transporte y agrícola, para así ofrecer productos bajos en

emisiones. Para esto, debemos entregar señales regulatorias claras y transparentes para nivelar la cancha con combustibles más sucios. También debemos dar señales claras acerca del apoyo financiero, así como ejercer coordinación y liderazgo desde el Ejecutivo para atraer empresas locales e internacionales. En profunda sinergia, debemos también facilitar el desarrollo de una industria de exportación de hidrógeno y sus derivados, que nos permita lograr economías de escala que nos hagan competitivos.

Así Chile se convertirá en un exportador de energías renovables al mundo, a través de sus energéticos y productos con sello verde.

Como Consejo Asesor para la elaboración de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, nos encontramos muy entusiasmados por impulsar esta oportunidad para el país, ayudando a sentar las bases de lo que será una nueva industria para Chile, cuyo éxito traerá beneficios tanto para el país como para el planeta.



**Ricardo
Lagos**

Ex Presidente de la República.



**Vivianne
Blanlot**

Ex Secretaria Ejecutiva Comisión Nacional de Energía y Ex Ministra de Defensa Nacional.



**Marcelo
Mena**

Ex Ministro de Medio Ambiente y académico.



**Gonzalo
Muñoz**

High-Level Champion COP25, cofundador SistemaB y emprendedor.



**Klaus
Schmidt-
Hebbel**

Ex Economista en Jefe de la OCDE, académico y consultor.



**Jeannette von
Wolfersdorff**

Fundadora del Observatorio del Gasto Fiscal en Chile y economista.

La ruta a una estrategia participativa



Mesas Técnicas

Se llevaron a cabo mesas técnicas con representantes de empresas, universidades, centros de investigación y asociaciones gremiales con el fin de identificar barreras al desarrollo del hidrógeno, proponer acciones y priorizarlas.

4 sesiones entre junio y julio de 2020

Participantes: 66 organizaciones.

Talleres Ciudadanos

Se realizaron talleres con representantes de ONGs y asociaciones ciudadanas locales con el fin de identificar principales preocupaciones de la ciudadanía y su percepción acerca del rol del Estado en estos desarrollos.

3 talleres en agosto de 2020

Participantes: 90 representantes.

Mesa Interinstitucional

Se formó una mesa que sesionó para elaborar un diagnóstico, proponer objetivos y crear un relato común para el desarrollo del hidrógeno verde en Chile.

4 sesiones entre abril y octubre de 2020

Participantes: Ministerios de Energía; Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Minería; Economía; Transporte y Telecomunicaciones; Medio Ambiente y Relaciones Exteriores, junto con CORFO e InvestChile, además de la agencia alemana GIZ.

Consejo Asesor

Este consejo se conformó con especialistas en políticas públicas para asesorar al Ministerio de Energía, convocados para aportar a la definición de lineamientos estratégicos de alto nivel.

4 sesiones entre mayo y agosto de 2020

Miembros: Ex Presidente Ricardo Lagos, Vivianne Blanlot, Jeannette von Wolfersdorff, Klaus Schmidt-Hebbel, Marcelo Mena, Gonzalo Muñoz.

Consulta Pública

Este documento está en proceso de consulta pública. Para participar de este proceso, visite el sitio web del Ministerio de Energía en **energía.gob.cl**.

Planta solar fotovoltaica Bolero, Región de Antofagasta



1

Es tiempo de actuar

La molécula más simple frente
al desafío más complejo

Vivimos una crisis climática

La ciencia ha advertido que pronto el mundo experimentará una crisis climática sin precedentes en la historia causada por la acción humana, a menos que acciones transformadoras sean tomadas a escala global.

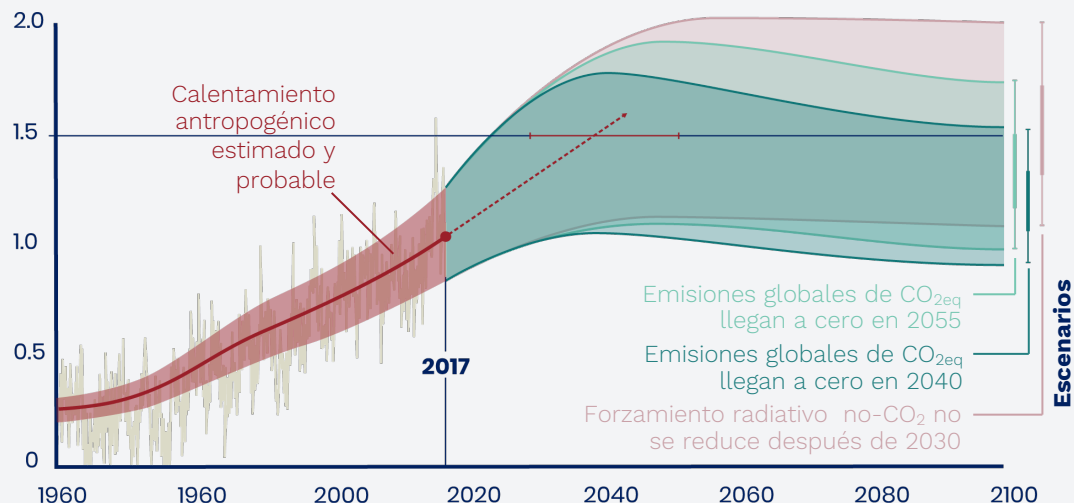
Chile se ha comprometido con la acción climática de manera decidida y ambiciosa. Durante el 2020 actualizó su Contribución Determinada a Nivel Nacional y se comprometió a ser carbono-neutral al 2050, siendo el único país en vías de desarrollo en hacerlo y uno de los pocos del mundo en comenzar a tramitar una Ley Marco de Cambio Climático. El cumplimiento de ambos objetivos requerirá de acciones transformadoras en su sociedad y su economía.

La producción y el uso de la energía están al centro del desafío

La forma en que la energía se produce y consume en el mundo deberá experimentar cambios radicales. Tres cuartas partes de las emisiones de gases de efecto invernadero del planeta corresponden a este sector, principalmente producidas por el uso de combustibles fósiles. En Chile ya se ha iniciado una ruta a la eficiencia energética y a la electrificación usando energía renovable. Sin embargo, es necesario desarrollar soluciones complementarias para descarbonizar sectores y aplicaciones en las que la electricidad directa u otras soluciones no son costo-eficientes, confiables, accesibles o factibles.

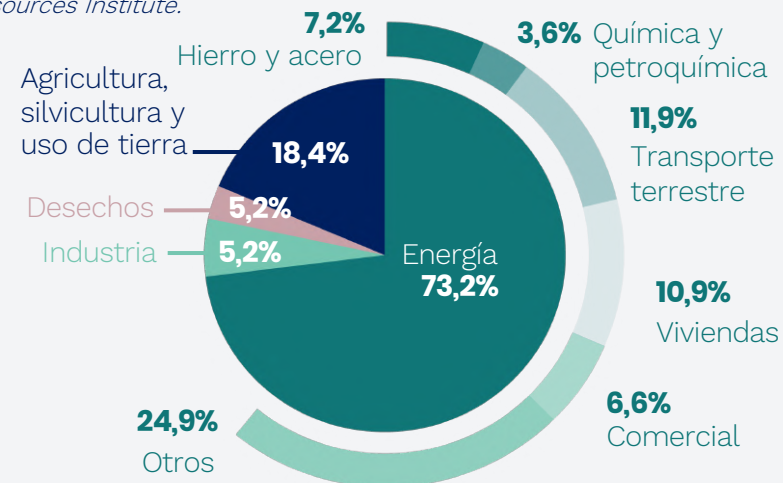
Calentamiento global respecto a 1850-1900 (°C)

Fuente: IPCC. (2019). *Special Report: Global Warming of 1.5°C*.



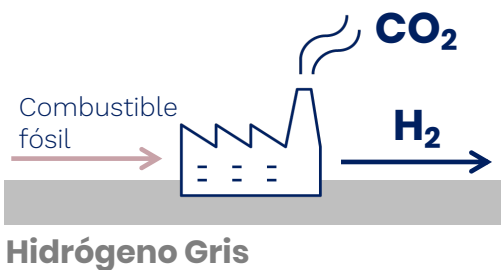
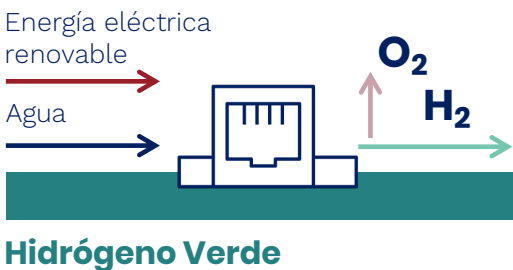
Emisiones globales de gases de efecto invernadero por sector

Fuente: Ritchie, H. (2020). Publicado en ourworldindata.org con datos de Climate Watch y el World Resources Institute.



El poder del hidrógeno verde

Es la evolución de un gas industrial utilizado ampliamente hace cientos de años: el hidrógeno elemental (H_2). Hoy se produce con eficiencias y escalas cada vez mayores a partir del agua. Esta se separa en sus componentes, hidrógeno y oxígeno, utilizando energía eléctrica renovable.



Históricamente, se ha producido a partir de los combustibles fósiles en procesos que emiten gases de efecto invernadero. Se ha usado mayormente en industrias químicas y en refinación del petróleo.

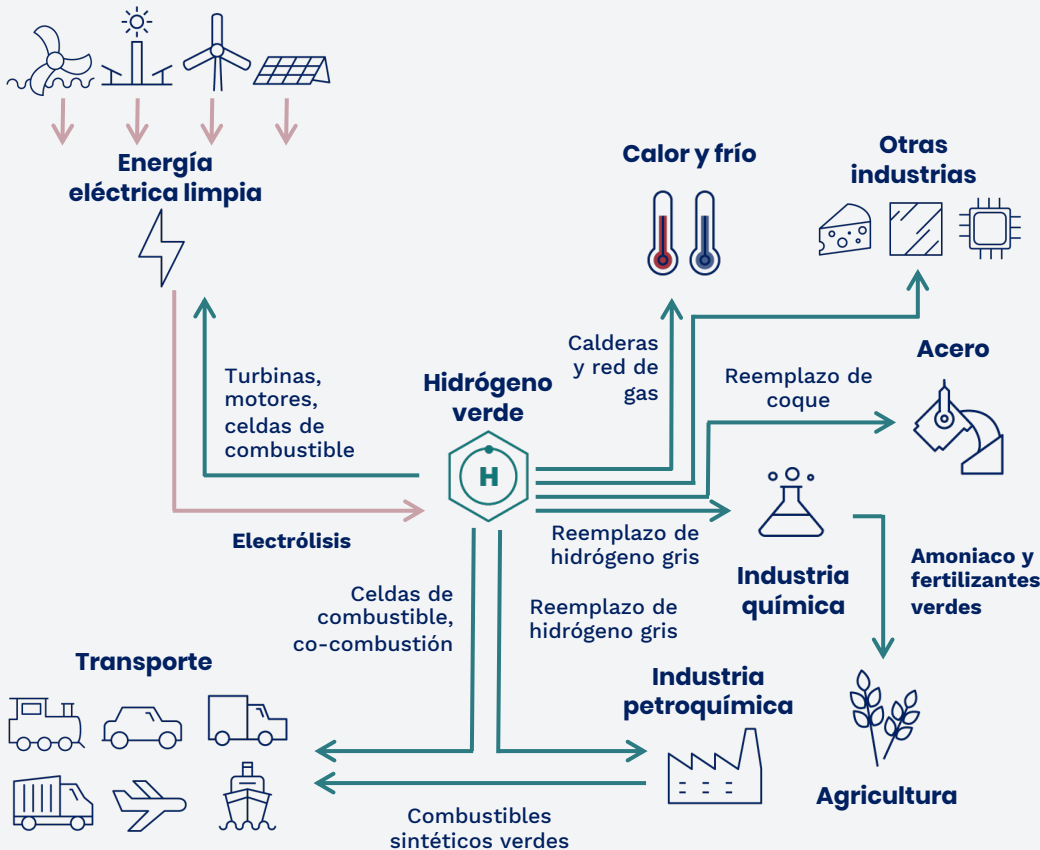
Es un medio para utilizar la inagotable energía renovable encontrada en varias formas en el planeta.

Actúa como una fuente energética que no produce gases de efecto invernadero en su uso.

Puede reemplazar combustibles para producir electricidad, calor y diversos compuestos.

Potencial de descarbonización del hidrógeno verde

Fuente: Adaptado de Siemens, Power-to-X.

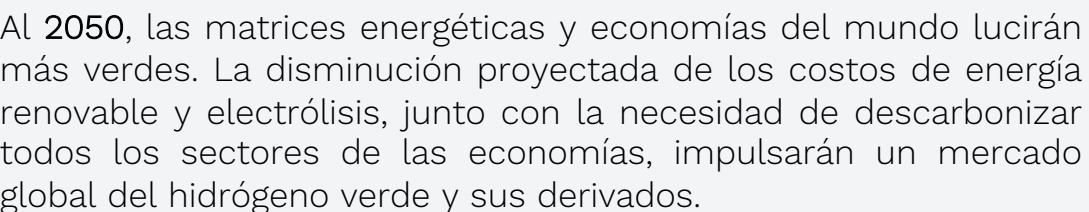


Después de varias décadas de expectación por el potencial del hidrógeno como energético, hoy este elemento está listo para asumir un rol protagónico en la transición energética y productiva que el mundo debe navegar.

Fuente: LBST. (2020). International Hydrogen Strategies. Preparado para WEC Alemania..



Fuente: Hydrogen Council. (2017).
Hydrogen: Scaling up.



2,5TUSD
Mercado total
del hidrógeno

80%
Baja de costos
de electrolizador

Strategy& (PwC), 2020.

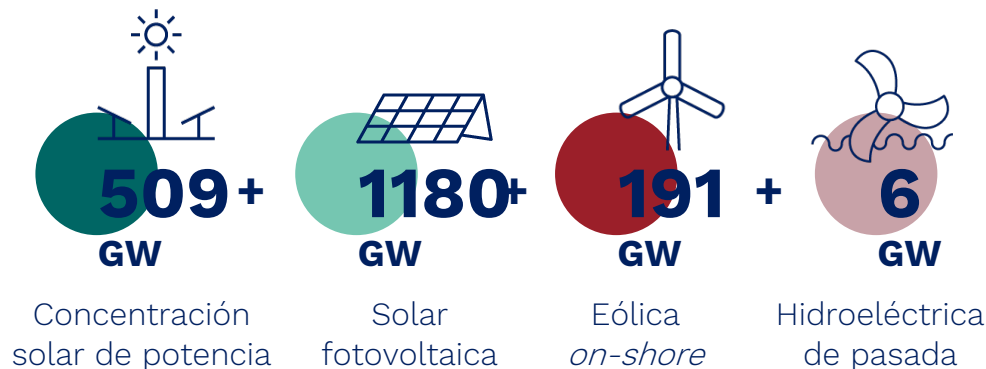
Parque eólico Punta Sierra, Región de Coquimbo

2

Una oportunidad para Chile

Energía limpia para una
transición global

Un país rico en las energías del futuro



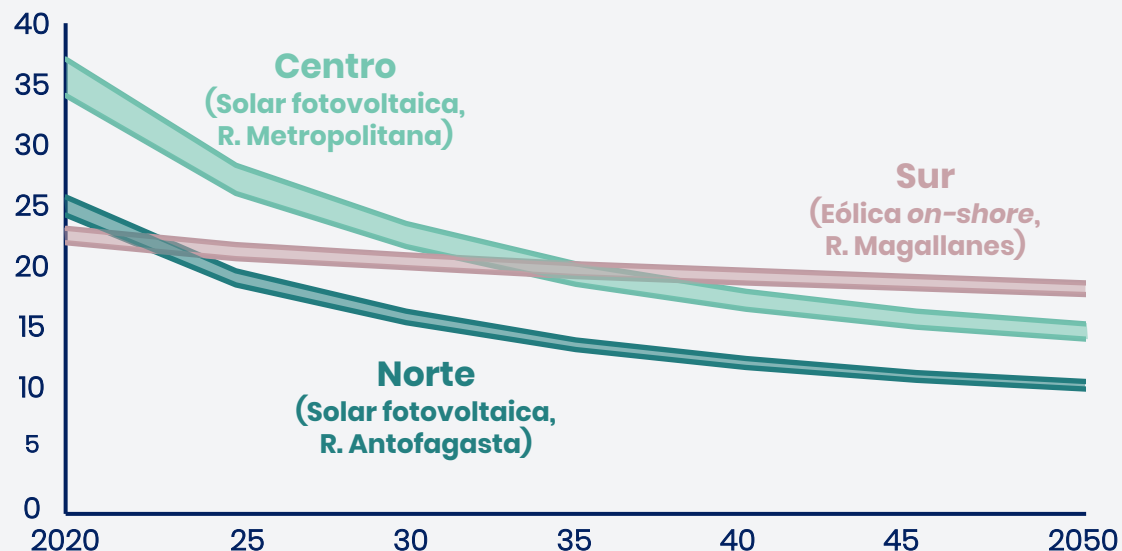
1.800+ GW

**de potencial energético renovable
que equivalen a 70 veces la demanda de Chile**

Los sectores solares y eólicos están madurando aceleradamente. En 6 años, Chile ha quintuplicado su capacidad de generación de esas fuentes y se proyecta que, al 2030, hasta el 70% de su matriz eléctrica sea renovable. La creciente inversión en estas energías, así como en almacenamiento y en infraestructura de transmisión, es una señal inequívoca de una transición decidida a un sistema eléctrico más sostenible.

Costo nivelado de electricidad renovable (USD/MWh)

Fuente: McKinsey & Company.



En el norte de Chile se encuentra la radiación solar más alta del planeta.

Se alcanzan factores de planta de 35% en plantas fotovoltaicas monofaciales de seguimiento en 1 eje.



La generación solar en la zona central es más competitiva que la generación eléctrica con energía fósil.

Este potencial es cercano a grandes centros de consumo, a redes de gas y a centros logísticos portuarios y viales.



Los vientos del extremo austral soplan con la misma energía en tierra que mar adentro.

Turbinas eólicas de 120 metros de altura pueden alcanzar factores de planta sobre 60% en tierra, equivalente a turbinas *off-shore* en otros países.

El hidrógeno verde más competitivo del planeta

Costo nivelado de hidrógeno verde (USD/kg H₂)

Fuente: McKinsey & Company.

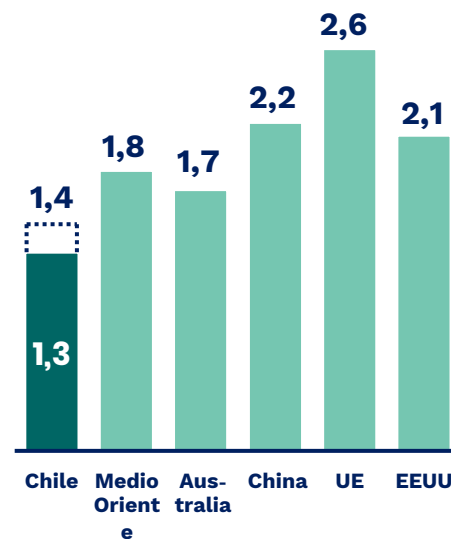


Potencial de 160 Mton por año de producción de hidrógeno verde*

*Fuente: Agencia Internacional de Energía.

Las bajas en costos de electrolizadores y de generación renovable habilitarán un hidrógeno verde competitivo doméstica e internacionalmente

La creciente disponibilidad de financiamiento verde y los beneficios tributarios vigentes para zonas extremas son otros de los factores que contribuirán a la competitividad de los modelos de negocio basados en este combustible limpio en Chile.



El hidrógeno verde producido en el Desierto de Atacama y en la Región de Magallanes tendría el costo nivelado de producción* más bajo del mundo al 2030.

La calidad de los recursos renovables de esas zonas habilitarán una producción competitiva a gran escala.

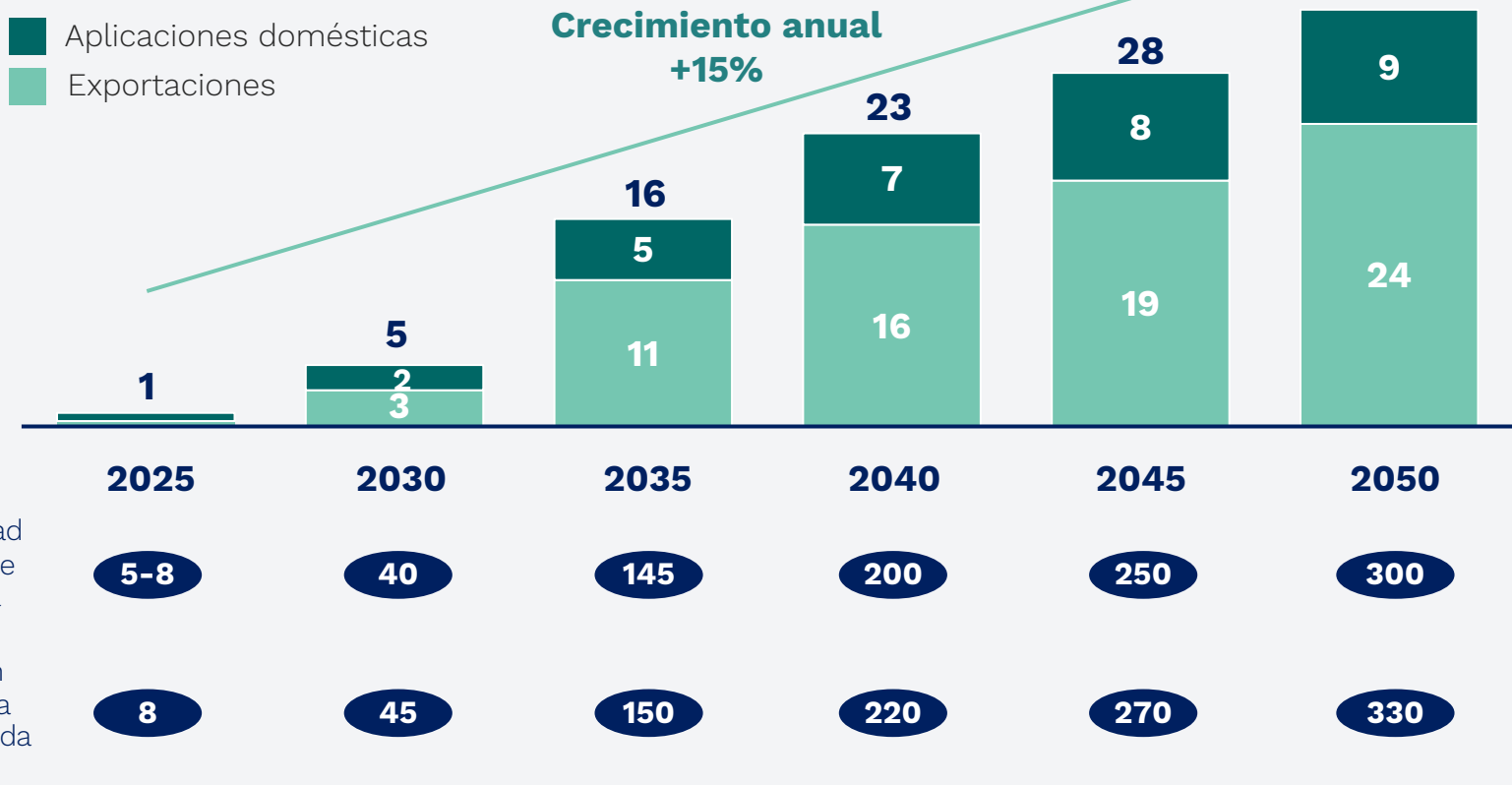
*Sin considerar costos de compresión, transporte y distribución, los que varían según la aplicación final.

Fuente: McKinsey & Company.

Una oportunidad única: Industria limpia del tamaño de nuestra minería

Proyección de mercados chilenos de hidrógeno verde y derivados (BUSD)

Fuente: McKinsey & Company.



La descarbonización y la competitividad de Chile en energías renovables le abre las puertas para crear un sector económico que podría equiparar en tamaño a la industria minera nacional.

De hacer las cosas bien y a tiempo, el uso de hidrógeno verde en aplicaciones domésticas generará una industria preparada para competir en mercados internacionales de exportación. La inversión en hidrógeno verde estará aparejada de generación de capacidades locales y creará polos de desarrollo a lo largo de nuestro territorio.

Esta oportunidad se materializará en 3 oleadas distintivas

La **primera oleada** serán consumos domésticos de gran escala con demanda establecida.

Las oportunidades de más corto plazo son el reemplazo de amoníaco importado por producción local y el reemplazo del hidrógeno gris utilizado en las refinerías del país. Luego, el uso en transporte de pasajeros y carga pesada de larga distancia se volverá atractivo.

En la **segunda mitad de la década** veremos más usos de transporte y el inicio de la exportación.

Una producción de hidrógeno más competitiva desplazará a combustibles líquidos en el transporte terrestre en nuevas aplicaciones, como en la minería, y a combustibles gaseosos en redes de distribución. En paralelo, se abre una clara oportunidad de exportación de hidrógeno y sus derivados a mercados internacionales.

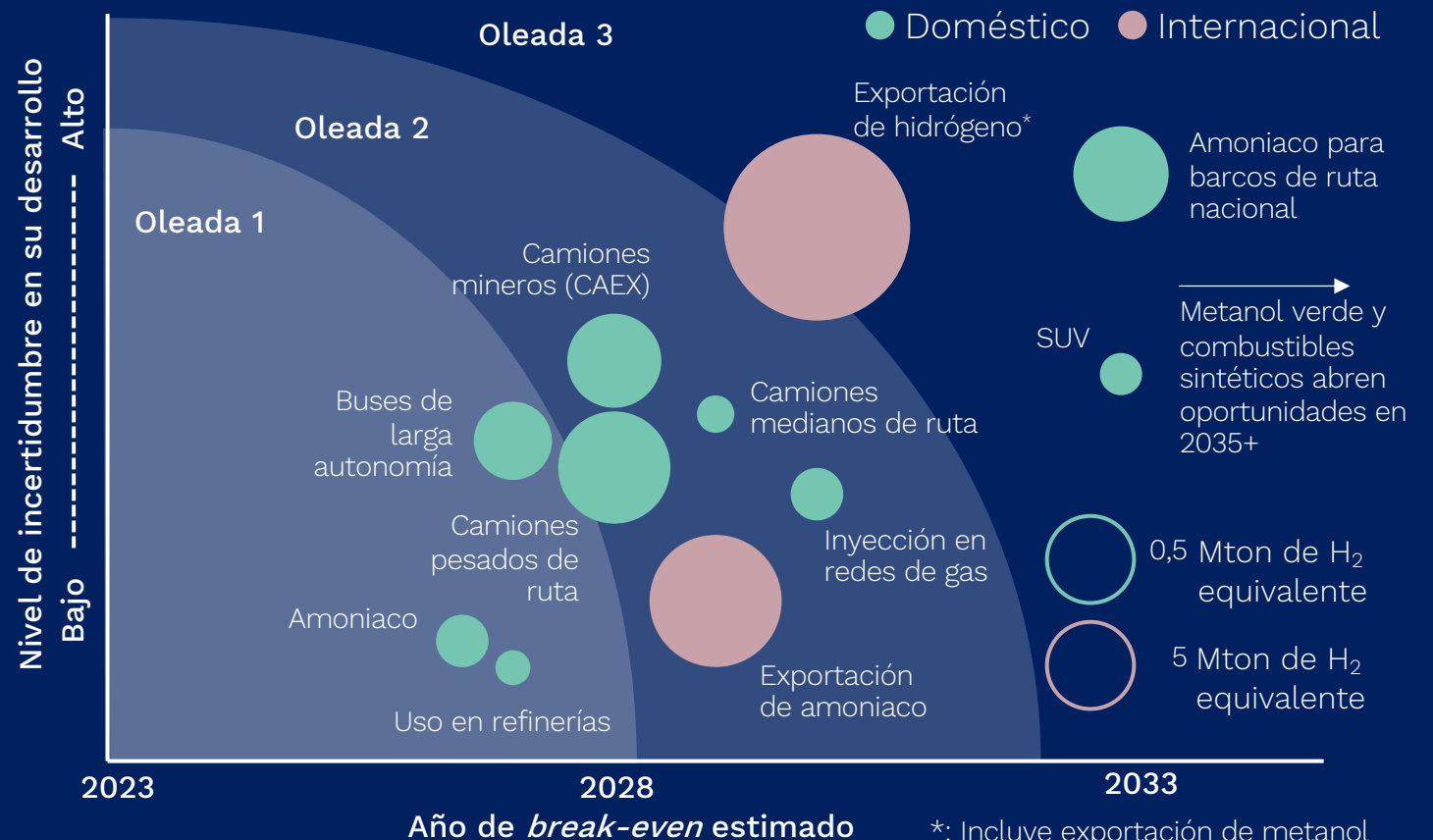
En el **largo plazo**, se abrirán nuevos mercados de exportación para escalar.

Los sectores del transporte marítimo y aéreo podrán ser descarbonizados mediante combustibles derivados del hidrógeno, tanto en rutas locales como internacionales. Además a medida que otros países se descarbonicen, crecerán los mercados de exportación.

Desarrollo proyectado de aplicaciones del hidrógeno verde

Nivel de incertidumbre, tamaño de mercado y año de *break-even* de algunas de las aplicaciones del hidrógeno en Chile. No considera precio al carbono.

Fuente: McKinsey & Company.



*: Incluye exportación de metanol verde y combustibles sintéticos.

Una nueva identidad productiva para Chile

Chile puede transitar de ser un país históricamente basado en recursos no renovables a una nación que añade un valor verde a sus exportaciones y produce los energéticos limpios que el mundo necesita para descarbonizarse.

Tenemos que actuar hoy.

El potencial renovable del país permitiría la producción de cobre verde, energéticos limpios y otras exportaciones con baja huella de carbono para abatir emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo. En Chile, se estima que hasta el 25% de sus emisiones podrían ser mitigadas mediante el uso de hidrógeno verde al 2050.

Actuaremos de manera decidida y eficaz, para levantar una nueva industria que sea motor de crecimiento en nuestro país.

Aprovechar el potencial del hidrógeno verde en Chile significa generar valor local en nuestras regiones y crear al menos 100.000 nuevos empleos, más sofisticados y satisfactorios, durante las próximas décadas.

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO



9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS



Mural en Providencia, Región Metropolitana

3

Nuestra estrategia

Ambición de industria limpia

Adelantaremos la implementación de aplicaciones locales para luego acceder a mercados de exportación

Las tecnologías limpias no solo necesitan competitividad

Tal como Chile ha experimentado con las energías renovables y la electromovilidad, el hidrógeno verde requerirá coordinación público-privada temprana para disminuir barreras y facilitar su desarrollo.

La exportación a escala requiere un ímpetu local

Para entrar de manera eficiente y con alta probabilidad de éxito a mercados globales es necesario antes generar capacidades, escala e infraestructura.

Crear un ecosistema de hidrógeno doméstico permitirá que más valor pueda ser captado por talento y empresas locales.

Un inicio tardío significaría renunciar a oportunidades

El mercado global del hidrógeno requerirá contratos de largo plazo para reducir riesgos de la inversión en la oferta y la demanda. Los competidores de Chile ya comenzaron una carrera por capturar estos contratos con los países que serán importadores.

Establecer relaciones y contratos de largo plazo con países importadores, en paralelo al crecimiento de la industria local, permitirá que Chile capture una cuota relevante del mercado global del hidrógeno y sus derivados.



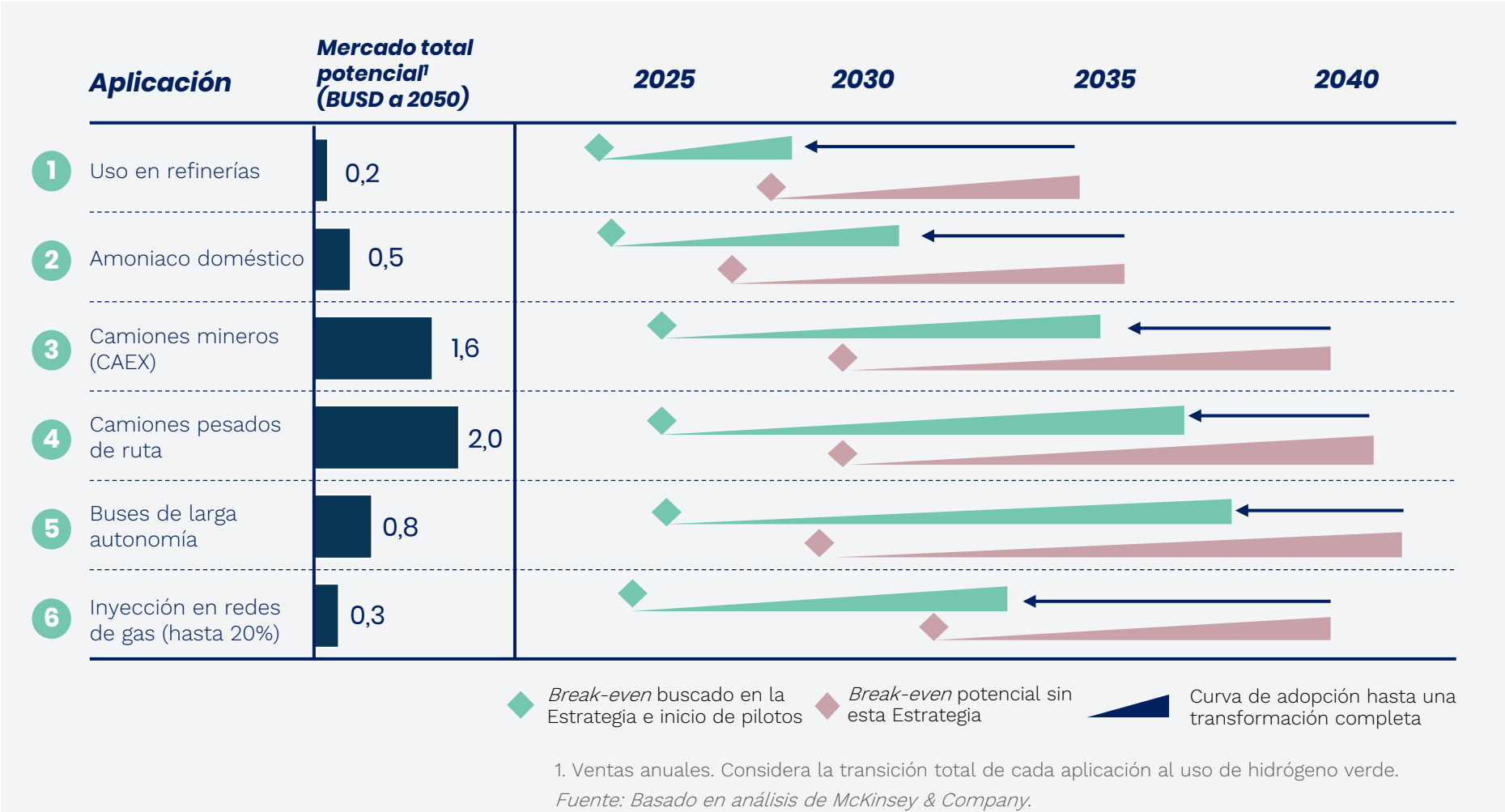
Etapa I: 2020–2025

Activar la industria doméstica y desarrollar la exportación

Anticiparemos el despliegue del hidrógeno verde en 6 aplicaciones prioritarias en Chile para construir un mercado local.

Se iniciará una industria local mediante esfuerzos y regulación que incentiven la producción y que fomenten la demanda de este elemento limpio y sus derivados. El foco estará en las aplicaciones que se encuentren más cerca de mercado y/o que presenten una demanda establecida, concentrada y de gran escala.

Así, se generará conocimiento, escala, infraestructura y cadenas de suministro que permitirán a Chile acceder a mercados de exportación.



Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+ Escalar para conquistar mercados globales

Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+ Escalar para conquistar mercados globales

Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+ Escalar para conquistar mercados globales

Se levantará una industria de producción y exportación de amoníaco verde mediante la atracción y promoción de consorcios de escala de GW. Además, se establecerán acuerdos para acelerar el desarrollo de la exportación de hidrógeno.

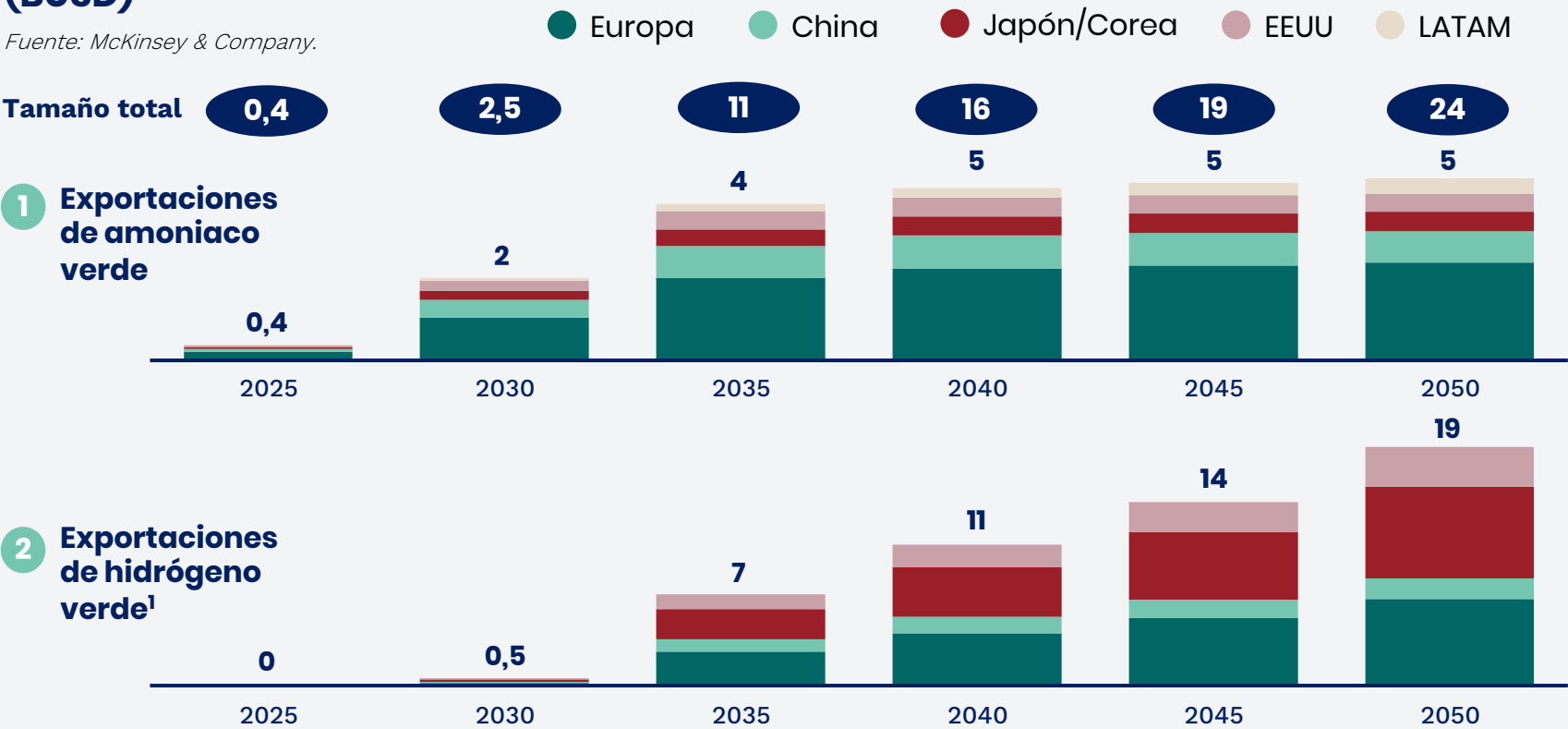
Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+ Escalar para conquistar mercados globales

Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+ Escalar para conquistar mercados globales

A medida que otros países refuercen sus iniciativas de descarbonización y se desarrollen nuevas tecnologías, el mercado de exportación escalará y se diversificará. Las nuevas aplicaciones incluirán el uso amoníaco verde en el transporte marítimo y los combustibles sintéticos en la aviación.

Tamaño de mercado estimado para exportaciones chilenas (BUSD)

Fuente: McKinsey & Company.



1: Incluye exportaciones de metanol verde y combustibles sintéticos.

Nuestra ambición

2025



**Top 1
inversiones en
hidrógeno
verde en
Latinoamérica**



**Capacidad de
electrólisis
construida y en
desarrollo**

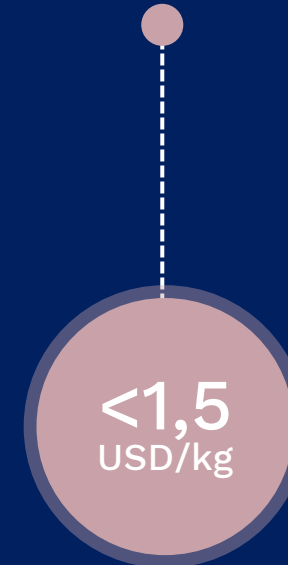


**Producción en al
menos 2 polos de
hidrógeno verde
en Chile**

**Líder
exportador
global de
hidrógeno verde
y sus derivados**



**El hidrógeno
verde más barato
del planeta**



**Líder
productor global
de hidrógeno
verde por
electrólisis**



2030

4

Pilares

Apuntalando la acción





Política orientada por misión

El Estado será un facilitador, coordinador e impulsor de la misión de establecer esta nueva industria con esfuerzos multisectoriales.

El sector público tendrá un rol clave en identificar y resolver barreras, reduciendo incertidumbre regulatoria, financiera y técnica para lograr los objetivos de largo plazo planteados, propendiendo a un crecimiento limpio, inteligente e inclusivo. La iniciativa y capacidades privadas -empresas, academia y asociaciones- se basarán en estos fundamentos para ser protagonistas en desarrollar las tecnologías, los negocios, las inversiones y los proyectos de hidrógeno verde que permitan escalar un mercado eficiente y competitivo local y de exportación.

Estado involucrado: Impulsará y coordinará la interacción de variados sectores, dando señales claras a la iniciativa privada y velando por que el país capture valor en esta nueva industria.



Uso equilibrado de recursos y territorio

El desarrollo de la industria del hidrógeno será coherente con su entorno social y ambiental, incorporando mejores prácticas y diálogo.

La institucionalidad de Chile velará por la seguridad de las personas y nuestro medioambiente, además de articular con las comunidades locales y resguardar el respeto a los instrumentos de planificación territorial, para lograr una transición energética y económica justa y equilibrada. En especial, se trabajará para que esta nueva industria derive en una mejora a la calidad de vida de la ciudadanía, cuidando siempre el uso responsable del agua y fomentando conceptos de economía circular.

Calidad de vida: Esta industria se desarrollará de manera armónica con su entorno, velando en particular por un uso responsable del agua junto a las comunidades y actividades cercanas.



Nueva economía de exportación limpia

El hidrógeno habilitará una nueva economía chilena de exportación basada en energéticos limpios y productos con baja huella de carbono.

El mundo requiere de minerales, alimentos, materia prima y manufacturas verdes para establecer una economía global baja en carbono. El hidrógeno verde permitirá que el sector exportador de Chile se diferencie en los mercados internacionales con productos limpios y competitivos. Al igual que hace más de 100 años el salitre chileno estaba en el corazón de la alimentación del mundo, ahora su amoniaco verde habilitará una producción de fertilizantes de baja huella de carbono para la agricultura de este siglo. Y, por primera vez en su historia, Chile podrá ser exportador de energía al mundo.

Vocación exportadora: Chile suministrará los productos limpios para una transición energética global, desde minerales verdes hasta combustibles sintéticos.



Ruta eficiente a un país cero emisiones

Nuestro país está comprometido con la transición a la carbono-neutralidad, en la que el hidrógeno tendrá un rol protagónico.

El uso directo de hidrógeno verde, así como de sus derivados como el metanol, el amoníaco y los combustibles sintéticos, en sectores como en el transporte terrestre, marítimo y aéreo, minería, industrias y en el sector eléctrico, será necesario para que Chile experimente la transición desde los combustibles fósiles. Los esfuerzos del país se enfocarán en integrar el hidrógeno verde y sus derivados donde mitiguen emisiones de manera eficiente, considerando que otras soluciones energéticas pueden ser más costo-efectivas en otras aplicaciones.

Complementariedad: El hidrógeno habilitará la carbono-neutralidad junto a otras soluciones. La eficiencia energética competitiva deberá primar cuando sea posible implementar.



Hidrógeno verde como motor de desarrollo local

Los proyectos y la industria de este combustible limpio generarán polos de inversión, innovación y actividad local.

Los actores públicos y privados en Chile están colaborando estrechamente para desarrollar el hidrógeno verde en el país. El Estado continuará velando por que la inversión y la innovación desarrolladas produzcan valor en las localidades donde se inserten los proyectos y signifiquen reales oportunidades de formación de capacidades y empleo nacional, respetando las necesidades, anhelos y fortalezas de los territorios. Asimismo, el Estado promoverá las aplicaciones del hidrógeno verde que produzcan co-beneficios locales.

Entorno partícipe: Los proyectos y las aplicaciones se integrarán armónicamente a los territorios, privilegiando la creación de valor local.



Apertura internacional

La apertura internacional desarrollará la economía del hidrógeno verde nacional y global a la velocidad que el planeta requiere.

Nuestra transparencia, marco institucional reconocido, reglas claras de inversión y apertura comercial han permitido que en Chile se desarrollen sectores económicos competitivos internacionalmente que lo vuelven atractivo para la integración de tecnologías limpias. Esta misma vocación habilitará un rápido escalamiento de la industria del hidrógeno verde, la que requiere de experiencias, tecnologías e inversiones. En las primeras etapas se requerirá de un nuevo paradigma de cooperación-competencia con países que también aspiran a ser exportadores, visión que se denomina “coopetición”.

Un buen socio: Chile colaborará ampliamente con actores públicos y privados internacionales para escalar el mercado global del hidrógeno.

5

Plan de acción

Compromiso de todos

Fomento al mercado

doméstico y a la

exportación

El hidrógeno verde está en una etapa incipiente en nuestro país, con proyectos piloto y demostrativos todavía en desarrollo. Existen aún desafíos para escalar la producción y las aplicaciones. Las asimetrías de información, pocos demandantes y oferentes que no están coordinados, riesgos tecnológicos y financieros, así como brechas de costo con los combustibles fósiles son las principales barreras percibidas. Las iniciativas dirigidas a apoyar a los proyectos tempranos de hidrógeno verde y a mejorar su competitividad contra los combustibles fósiles van a iniciar el funcionamiento de un mercado, además de reducir diversas incertidumbres y habilitar economías de escala y de ámbito.

Lanzaremos una ronda de financiamiento para apalancar proyectos de hidrógeno verde por 50 MUSD.

Se asistirán proyectos tempranos y competitivos de producción y uso de hidrógeno verde cuya implementación permita reducir los costos en Chile y tender a una producción a menos de 1,5 USD/kgH₂ en 2030, mediante un apoyo financiero para cerrar brechas de costo. Esto anticipará el crecimiento de la industria y habilitará la formación de un mercado funcional. Este financiamiento apoyará empresas y consorcios nacionales e internacionales para invertir en proyectos escalables y replicables de hidrógeno verde en Chile.

Estableceremos una mesa público-privada para discutir la ruta a un precio al carbono y a impuestos que reflejen de mejor manera las externalidades de los combustibles.

Se convocarán actores que representen las diversas visiones en torno a la fijación de mecanismos, precios, momento y gradualidad, para acordar una hoja de ruta dirigida a reflejar adecuadamente el costo social de utilizar combustibles fósiles. Esto emparejará las condiciones en las cuales competirán los nuevos energéticos con los combustibles tradicionales. Se considerarán los estudios y las recomendaciones internacionales más recientes, como aquellas del FMI y la OCDE, para avanzar en un plazo definido a alcanzar las metas del Acuerdo de París sobre el cambio climático.

Desplegaremos una diplomacia del hidrógeno verde para posicionar internacionalmente a Chile como fuente de combustibles limpios.

Se utilizará la amplia red de acuerdos comerciales de Chile, su participación en plataformas internacionales y sus relaciones diplomáticas con 171 Estados, para movilizar recursos humanos y materiales que aceleren el desarrollo del hidrógeno verde en el país.

Soldador en La Pintana, Región Metropolitana

Normativa, seguridad y pilotajes

La regulación es un pilar fundamental para la construcción de una industria. Establecer tempranamente un régimen normativo y de fiscalización adecuado para la futura masificación de la producción, manejo y uso de hidrógeno permite velar por la seguridad de los operarios, usuarios y de las personas en general, junto con la protección del medio ambiente, bienes e infraestructura. Adicionalmente, una normativa clara entregará certidumbre a los desarrolladores e inversionistas para implementar proyectos y aplicaciones. También es necesario que existan mecanismos de pilotaje de soluciones y de desarrollo de proyectos mediante autorizaciones especiales mientras no exista una normativa para usos específicos.

Desarrollaremos la regulación y normativa del hidrógeno verde para resguardar aspectos de seguridad y dar certeza a los inversionistas.

Se ejecutará un plan coordinado de desarrollo normativo entre todos los servicios públicos con competencia regulatoria sobre la cadena de valor del hidrógeno. Esto facilitará el desarrollo ágil de proyectos, aplicaciones domésticas y la industria de exportación. Se trabajará de manera coordinada con el sector privado, propendiendo a la estandarización internacional.

Estableceremos un equipo operativo para acompañar la tramitación de permisos y el desarrollo de pilotajes de hidrógeno verde y sus derivados.

Se coordinará a los servicios públicos de múltiples sectores para acompañar a los proyectos y las nuevas aplicaciones del hidrógeno en sus procesos de pilotaje y desarrollo. Esto reducirá la incertidumbre de las iniciativas privadas, generará aprendizajes, resolverá fallas de coordinación y resguardará una introducción segura de nuevas tecnologías.

Revisaremos la regulación y la infraestructura del gas natural para promover la introducción de cuotas de hidrógeno verde.

Se estudiará la capacidad de la infraestructura existente de gas natural en Chile y se realizará una revisión de experiencia internacional para discutir la implementación segura de un mecanismo gradual de cuotas de hidrógeno verde en las redes de gas. Esto escalaría la industria doméstica de este combustible limpio, reutilizaría la infraestructura existente y complementaría el rol del gas natural como energético de transición.

Mina Chuquicamata, Región de Antofagasta

Desarrollo social y territorial

El desarrollo sostenible de una nueva industria debe considerar una adecuada integración en el territorio, tomando en cuenta los intereses, actividades, grupos, imaginarios colectivos, necesidades, anhelos y fortalezas presentes en el territorio. El potencial de Chile en hidrógeno verde abre la puerta a un crecimiento orgánico y descentralizado del país, si es que los proyectos efectivamente se insertan en las comunidades y regiones. Para esto, el diálogo temprano y cercano entre los grupos de interés es crucial, además de la exploración y promoción de las múltiples alternativas para asociarse directa e indirectamente y así compartir valor. Además, explorar los nuevos usos del hidrógeno para reducir contaminación en diversos territorios permitirá un desarrollo más eficiente e integral de nueva infraestructura y aplicaciones.

San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta

Aseguraremos la participación temprana y continua de las comunidades cercanas a proyectos.

Se articulará el diálogo entre desarrolladores de proyectos de hidrógeno y las comunidades cercanas, a través capacitación y fortalecimiento técnico de los actores, además de facilitar acuerdos entre las partes. Se ofrecerá también la posibilidad de explorar mecanismos de asociatividad entre comunidades y desarrolladores para fomentar desarrollo de proveedores locales, capacidades y mejores prácticas en gestión de los intereses territoriales y comunitarios.

Promoveremos el uso de hidrógeno verde para complementar o reemplazar la generación eléctrica basada en combustibles fósiles en sistemas eléctricos aislados y medianos.

Se evaluarán y explorarán las alternativas de generación y almacenamiento eléctrico utilizando hidrógeno verde en sistemas no conectados al Sistema Eléctrico Nacional, con el fin de impulsar la integración de energías renovables en ellos. En específico, reduciremos barreras regulatorias y de mercado a la inclusión de soluciones de hidrógeno verde en la planificación y expansión de sistemas eléctricos medianos.

Evaluaremos las oportunidades y desafíos del hidrógeno verde en las políticas, ordenamientos y planes territoriales.

Se analizarán las consideraciones de incluir la cadena de valor del hidrógeno verde en los procesos de elaboración de políticas y planes territoriales en diversas regiones. Esto facilitará una adecuada inserción territorial y un uso racional de nuestros suelos y recursos naturales, considerando sinergias e interacciones con otras actividades y requerimientos humanos, tal como el uso de agua.

Formación de capacidades e innovación

Un cuerpo de especialistas y técnicos locales con conocimiento y capacidades adecuadas fortalecerá el ecosistema local del hidrógeno. Esto fomentará el desarrollo de emprendimientos, negocios, innovaciones y empleos productivos. Dado su rol articulador y estratégico, el Estado está llamado a fomentar las actividades de educación, investigación, desarrollo e innovación asociadas al hidrógeno verde, con especial énfasis en aquellas aplicaciones de interés nacional. Transitar por los procesos de aprendizaje y desarrollo de nuevo conocimiento en el sector nos permitirá contar con ventajas competitivas locales únicas. Esto permitirá sofisticar la oferta de productos y servicios local, así como convertir a Chile en un exportador de conocimiento en torno al hidrógeno verde.

Conectaremos a los actores de la industria, la academia y los centros de formación, para identificar brechas y formar las capacidades nacionales requeridas por la industria.

Se levantarán junto al sector privado las competencias y habilidades requeridas en las etapas de la cadena de valor del hidrógeno verde. Esto permitirá articular, de forma coordinada, la provisión de dichas capacidades por las instituciones de educación nacionales existentes. Prepararnos a tiempo mejorará las perspectivas de un empleo sofisticado, satisfactorio y de calidad.

Construiremos una hoja de ruta en materia de I+D junto a la industria, para resolver desafíos de implementación local.

Se elaborará, en colaboración con el adjudicatario del Instituto de Tecnologías Limpias –plataforma de innovación con financiamiento público de hasta 193 MUSD–, otros actores nacionales de innovación y el sector privado, una hoja de ruta que determine hitos, pilotos y actividades necesarias para desarrollar nuevo conocimiento necesario. Esto permitirá atender las demandas derivadas del impulso de un sector de punta tecnológicamente, desafiante y dinámico.

Crearemos un grupo de trabajo con empresas del Estado para acelerar la adopción del hidrógeno verde en ellas y sus proveedores.

Se determinarán las condiciones y acciones necesarias para incorporar hidrógeno verde en los procesos y aplicaciones donde tenga oportunidades de reducir emisiones de manera costo-efectiva. Esto fortalecerá la competitividad y las capacidades de empresas públicas, como ENAP y Codelco, en un mundo que demanda crecientemente materiales, productos y combustibles limpios.

Gobernanza

Ministerio de Energía
División de Combustibles y
Nuevos Energéticos

Consejo Nacional
del Hidrógeno
Verde

Tendrá la responsabilidad de realizar el seguimiento de esta estrategia, coordinar la ejecución del plan de acción y ejecutar la actualización de este proceso cada 3 años.

Coordinará mediante

Misión
Nacional

Acelerar el despliegue
de proyectos y
aplicaciones

**Plataforma público-
privada de diálogo**

Conectar con la
industria, academia,
sociedad civil y socios
internacionales

Misión
Internacional

Atraer inversiones e
impulsar la
formación de
consorcios

Parque Nacional Nahuelbuta, Región de la Araucanía

Fomento al mercado y a la exportación

Construir un Acuerdo Público-Privado para el Hidrógeno en Minería y el Transporte junto a los actores públicos y privados relevantes que deban definir diagnósticos y acciones específicas en estos ámbitos.

Promover iniciativas comerciales y de estudio conjuntas con países que se posicionan como importadores de hidrógeno para explorar proyectos de exportación-importación.

Intercambiar experiencia y formular iniciativas colaborativas para potenciar el hidrógeno verde en Chile mediante acuerdos bilaterales y multilaterales.

Establecer sistemas de certificación internacional de origen y huella de carbono del hidrógeno verde en Chile.

Analizar, reservar y entregar en concesión terrenos fiscales de buenas condiciones para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde y derivados.

Normativa, seguridad y pilotajes

Modificar el Decreto con Fuerza de Ley 1 de 1979 y el Decreto Ley 2.224 para incluir al hidrógeno como energético y así dar potestad reglamentaria al Ministerio de Energía.

Difundir sobre el proceso de solicitud de autorización de proyectos especiales de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, así como sobre los procedimientos y condiciones para realizar pilotajes de diversas aplicaciones.

Revisar y actualizar la normativa del mercado eléctrico para permitir la participación de las tecnologías del hidrógeno para proveer distintos servicios, incluyendo energía, capacidad y servicios complementarios.

Desarrollo social y territorial

Difundir conocimiento del hidrógeno verde al público general con foco en aspectos ambientales y de seguridad para generar confianza en su producción y uso.

Analizar y fomentar las alternativas de reconversión y/o reutilización de infraestructura de centrales termoeléctricas a carbón para la producción y/o utilización de hidrógeno verde.

Revisar la normativa de uso de suelos aplicable a los procesos del hidrógeno y sus permisos asociados para identificar y reducir potenciales barreras al desarrollo de esta.

Estudiar las necesidades de infraestructura específicas a cada territorio para identificar oportunidades de desarrollo local.

Formación de capacidades e innovación

Capacitar a diversos grupos de funcionarios públicos como reguladores, evaluadores, fiscalizadores, entre otros, sobre hidrógeno y sus implicancias para sus ámbitos de acción.

Elaborar un plan de preparación para equipos de respuesta ante emergencias.

Difundir horizontalmente en la industria y academia los avances y lecciones aprendidas en I+D aplicada a nivel nacional a través de programas y consorcios.

Identificar y conectar a los actores que desarrollan actividades de investigación y desarrollo para fomentar la innovación en soluciones que aborden desafíos locales prioritarios para el país.



Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde