FUNDACIÓN CHILE

Funded by the European Union

EPRD Policy & Development

Estudio Sectorial:
Implementación de la Estrategia Nacional y el Plan de Acción de Hidrógeno Renovable 2023-2030 en Chile: Análisis y Recomendaciones.

Octubre 2025

Índice

Índice 2
1 Resumen ejecutivo 4
2 Antecedentes 7
2.1 Relevancia del hidrógeno renovable a nivel global y en Chile 7
3 Análisis y evaluación de la Estrategia Nacional y el Plan de Acción H2V 11
3.1 Fomento al mercado doméstico y a la exportación 11
3.2 Normativa, seguridad y pilotajes 13
3.3 Desarrollo social y territorial 15
3.4 Acciones y avances para desarrollo de la industria del Hidrógeno Renovable 17
4 Análisis Comparativo del Caso Chileno con Otras Estrategias de H2V/H2R Relevantes en América Latina y Europa 23
4.1 Estrategias de Hidrogeno renovable en Europa 24
4.2 Estrategias de Hidrogeno renovable en América Latina 26
5 Desafíos y Barreras: Análisis de las Barreras Técnicas, Económicas, Regulatorias y Sociales Encontradas 33
5.1 Barreras Técnicas 33
5.2 Barreras Económicas 34
5.3 Barreras Regulatorias 36
5.4 Barreras Sociales 38
5.5 Desafíos y Brechas en Infraestructura Portuaria y de Transporte de la Industria del H2V por Región en Chile 39
5.6 Desafíos y Brechas en Transmisión Eléctrica y Almacenamiento de Energía para la Industria de H2V en Chile 45
6 Incentivos Financieros para el Hidrógeno Renovable en la Cadena de Valor e Infraestructura en Chile 47
6.1 Producción de Hidrógeno Renovable 47
6.2 Almacenamiento y Transporte de Hidrógeno Renovable 50
6.3 Distribución y Consumo de Hidrógeno Renovable 51
• Iniciativas de Cooperación Internacional (Unión Europea y BID): 51
o Cadena de Valor:Distribución y Consumo 51
o Necesidad de Incentivos: 51
o Infraestructura Asociada: 51

o Ejemplo Existente: 51
6.4 Investigación y Desarrollo (I+D) en Hidrógeno Renovable 52
7 Recomendaciones 54
7.1 Corto Plazo---2025- 2030 54
7.2 Mediano Plazo: 2030-2040 55
7.3 Largo Plazo: 2040 en adelante 57
8 Conclusiones 58
9 Bibliografía 61
10 Anexos 67
Anexo 1. Proyecto Potenciales de Implementación de H2V 67

1 Resumen ejecutivo

Chile se encuentra en una posición estratégica para consolidarse como líder en la producción y exportación de hidrógeno renovable, impulsado por su abundante disponibilidad de recursos renovables, especialmente solar y eólico. Este informe analiza el estado de avance en la implementación de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable (H_2V) y el Plan de Acción 2023-2030 , evaluando los progresos alcanzados, los desafíos estructurales que aún persisten y las oportunidades clave para fortalecer la industria. A través de un enfoque metodológico basado en análisis cualitativo y cuantitativo, se revisaron documentos oficiales, informes nacionales e internacionales, y se analizaron tendencias globales del sector.

En los últimos años, Chile ha consolidado avances significativos en la implementación de su Estrategia y Plan de Acción, destacando la creación del Fondo de Desarrollo del Hidrógeno Renovable, con apoyo del BID, BEI, KfW y la Unión Europea, que busca movilizar inversiones por más de US$12.500 millones. A ello se suman la apertura de la Facilidad Financiera H_2V de CORFO, el fortalecimiento del marco normativo, la puesta en marcha de líneas de base ambientales en Magallanes y Tierra del Fuego, y la formación técnica en liceos profesionales, que evidencian el paso desde la planificación hacia la ejecución efectiva de la industria del hidrógeno renovable en Chile.

Los hallazgos indican que, si bien Chile ha avanzado en el desarrollo de proyectos de producción de hidrógeno renovable y en la atracción de inversiones, enfrenta barreras significativas que pueden limitar su competitividad internacional. Uno de los principales obstáculos es la falta de infraestructura habilitante, la cual va más allá de la construcción de plantas de electrólisis y terminales portuarias especializadas. Actualmente, el país carece de una infraestructura pública robusta que permita sostener la expansión del sector, destacando la ausencia de puertos especializados para la exportación, aeropuertos adecuados para el transporte de equipos, vías férreas y carreteras eficientes para la logística, además de una red de transmisión eléctrica capaz de conectar las zonas de producción con los polos industriales y de exportación. Además, el desarrollo del hidrógeno renovable en Chile requiere de una infraestructura urbana y social más fortalecida, incluyendo viviendas, servicios de salud y educación en regiones clave como Antofagasta, Magallanes, Biobío y Valparaíso, donde la disponibilidad de estos servicios resulta fundamental para atraer y retener talento especializado.

Otro desafío crítico es la falta de un marco regulatorio claro y efectivo. Aún no se han definido normativas específicas para la producción, almacenamiento, transporte y comercialización del hidrógeno renovable, lo que genera incertidumbre para los inversionistas y podría ralentizar la

implementación de proyectos clave. La ausencia de un sistema de certificación de hidrógeno renovable alineado con estándares internacionales, como los de la Unión Europea, también representa una barrera que podría restringir el acceso a los mercados internacionales y limitar la competitividad del hidrógeno chileno en el comercio global.

En el ámbito financiero, aunque existen iniciativas como los fondos de CORFO y el apoyo del Banco Europeo de Inversiones (BEI) , estos recursos aún resultan insuficientes para atraer inversiones a gran escala y desarrollar la infraestructura crítica que la industria necesita. Es necesario ampliar los mecanismos de financiamiento público y privado, incluyendo subsidios directos y garantías financieras, para reducir los costos iniciales y hacer de Chile un destino atractivo para la inversión en hidrógeno renovable.

La Unión Europea, por su parte, ha tenido un rol determinante en el fortalecimiento de esta industria a través del Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, que canaliza cooperación técnica, fondos de inversión (LACIF) y asistencia financiera destinada a acelerar la implementación del Plan de Acción Nacional. En el futuro, su apoyo podrá consolidarse mediante instrumentos de cofinanciamiento para infraestructura habilitante, desarrollo de capacidades locales y certificación de hidrógeno renovable alineada con los estándares europeos, facilitando la integración comercial entre Chile y el mercado energético europeo.

En cuanto a los incentivos tributarios, Chile aún no cuenta con un marco fiscal específico orientado al fomento del hidrógeno renovable. Actualmente, los instrumentos de apoyo se concentran en subsidios y créditos blandos administrados por CORFO, sin incentivos tributarios directos que promuevan la producción, almacenamiento o consumo de RH_2. La incorporación de beneficios fiscales —como deducciones por inversión en tecnologías limpias, depreciación acelerada para proyectos de energías renovables o exenciones arancelarias a la importación de equipos de electrólisis— podría aumentar la competitividad del país y atraer nuevos inversionistas, tal como ocurre en la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá.Además, la falta de capital humano especializado es otro factor limitante en la consolidación de la industria. Actualmente, no existe una oferta educativa robusta en hidrógeno renovable en universidades y centros de formación técnica, lo que restringe la capacitación de profesionales en áreas fundamentales como electrólisis, almacenamiento, transporte y regulación internacional. La generación de programas de formación y capacitación es esencial para dotar al país de una fuerza laboral calificada y capaz de responder a los requerimientos técnicos del sector.

Para superar estas barreras y acelerar el crecimiento de la industria del hidrógeno renovable, se propone una serie de acciones estratégicas organizadas en tres horizontes de tiempo. A corto plazo (2025- 2026), es fundamental establecer un marco regulatorio claro y estable que otorgue seguridad a inversionistas y empresas, además

de fortalecer los incentivos financieros mediante la creación de nuevos mecanismos de financiamiento público y privado. En paralelo, se recomienda la implementación de programas de capacitación técnica y profesional, en colaboración con universidades y centros de formación, para asegurar la disponibilidad de profesionales especializados en el sector.

En el mediano plazo (2026-2030), se debe priorizar la inversión en infraestructura pública habilitante, a incluir la modernización de puertos, aeropuertos, carreteras, ferrocarriles y líneas de transmisión eléctrica , así como el desarrollo de infraestructura urbana y de servicios básicos en regiones. estratégicos. Paralelamente, se sugiere la creación de polos de producción de hidrógeno renovable en Magallanes, Antofagasta, Biobío y Valparaíso , asegurando su conexión con infraestructuras de exportación eficientes.

A largo plazo (2030-2050), la meta es consolidar a Chile como uno de los principales exportadores de hidrógeno renovable a nivel global, asegurando acceso preferente a mercados estratégicos como Europa y Asia . Para ello, se debe promover la innovación tecnológica en almacenamiento, transporte y conversión de hidrógeno, con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia del proceso productivo.
En conclusión, Chile tiene la oportunidad de consolidarse como un líder mundial en la producción y exportación de hidrógeno renovable, pero para alcanzar esta meta es fundamental superar las brechas en infraestructura, regulación, financiamiento y formación de capital humano. De acuerdo con estimaciones del Ministerio de Energía (2020), CORFO (2023) y BloombergNEF (2023), el país requerirá inversiones totales del orden de los US$60.000 a US$70.000 millones hacia 2050, considerando el desarrollo de plantas de electrólisis, redes de transmisión, infraestructura logística y portuaria, y proyectos de innovación tecnológica. La Unión Europea está desempeñando un rol clave en este proceso a través del apoyo financiero, técnico y regulatorio del Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, que impulsa el desarrollo de estándares de certificación, fortalecimiento institucional y cooperación tecnológica. A futuro, su contribución podrá ampliarse mediante esquemas de cofinanciamiento y apoyo a la infraestructura habilitante, promoviendo una integración comercial entre Chile y el mercado energético europeo. Con una estrategia bien ejecutada, Chile podrá alcanzar costos de producción competitivos y posicionarse como un hub global de hidrógeno renovable hacia 2030.

2 Antecedentes

2.1 Relevancia del hidrógeno renovable a nivel global y en Chile

A nivel global, el hidrógeno renovable se ha convertido en un componente fundamental en los planes de descarbonización (International Energy Agency , 2023). Su capacidad para ser producido a partir de fuentes de energía renovable lo posiciona como una solución viable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y avanzar hacia los objetivos climáticos establecidos por acuerdos internacionales tales como el Acuerdo de París, que busca limitar el calentamiento global a menos de 2°C a través de economías más limpias y sostenibles (United Nations, 2015) (International Energy Agency , 2023). El rol del hidrógeno para la descarbonización surge desde el reconocimiento como combustible potencial para descarbonizar sectores que, dada su vocación, son difíciles de electrificar mediante fuentes alternativas como las fuentes renovables (industria pesada, transporte y generación de energía). Por ejemplo, en Europa, la iniciativa “Green Steel” busca utilizar el H2V para producir acero sin emisiones de carbono (H2 green steel, s.f.) (Hydrogen Interagency Task Force, 2023). Asimismo, en Japón, se ha invertido en infraestructura necesaria para fomentar el uso del hidrógeno en vehículos, incluyendo estaciones de recarga de hidrógeno para automóviles y camiones (Weiss & Koch, 2022) (Hydrogen Interagency Task Force, 2023). Mientras que, en Alemania ha implementado proyectos de almacenamiento de energía utilizando hidrógeno renovable para equilibrar su red eléctrica y garantizar un suministro energético estable (Weiss & Koch, 2022) (Hydrogen Interagency Task Force, 2023).

El desarrollo de la economía del hidrógeno renovable depende en gran medida del apoyo gubernamental. Programas como el Inflation Reduction Act de Estados Unidos, el paquete Fit-for-55 de la Unión Europea, los programas de apoyo a la investigación y desarrollo en Japón (Green Innovation Fund) y el Clean Hydrogen Investment Tax Credit en Canadá (Hydrogen Interagency Task Force, 2023) (Hydrogen Council & McKinsey & Company, 2023), son ejemplos de cómo los gobiernos están incentivando la adopción del hidrógeno renovable. Sin embargo, se prevé que esta industria requiera un acompañamiento y apoyo hasta el 2030 para que se logre alcanzar la viabilidad económica y pueda ser competitiva (Lorentz, y otros, 2023).

Uno de los principales desafíos del hidrógeno renovable a nivel global es su costo de producción, que actualmente es más alto que el hidrógeno gris y azul, lo que dificulta su competitividad frente a otras formas de hidrógeno y combustibles fósiles (Wartsila, 2022; Bhashyam, 2023). De hecho, los costos nivelados de hidrógeno (LCOH) para el hidrógeno renovable han aumentado entre un 30% y un 65% en comparación con el año 2022, debido a mayores costos de capital para electrolizadores y costos

de energías renovables. Se proyecta que la curva de costos global se aplane para 2050, con las regiones más competitivas produciendo hidrógeno a U 1.5/kg y las regiones de mayor costo a U$ 3.5/kg (Hydrogen Council & McKinsey & Company, 2023).

Sin embargo, es importante señalar que han surgido discrepancias sobre la forma de calcular estos costos. Tanto Chile como la Unión Europea han basado parte de sus estrategias en proyecciones iniciales de precios proporcionadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés). Estas estimaciones, publicadas en años recientes, anticipaban una reducción significativa en los costos del hidrógeno renovable gracias al descenso en los precios de energías renovables y al desarrollo de nuevas tecnologías. No obstante, los análisis más recientes han señalado que estas proyecciones fueron demasiado optimistas y han requerido ajustes para reflejar los desafíos actuales.

Por ejemplo, un informe reciente de BloombergNEF ha revisado alza las proyecciones de costos para 2050. Actualmente, los precios oscilan entre € 3,42/kg y € 10,69/kg, mientras que se espera que, en el mejor de los escenarios, disminuyan a entre € 1,46/kg y € 4,65/kg para mediados del siglo (BloombergNEF, 2023). Por otro lado, un estudio de la Universidad de Harvard publicado en Joule sugiere que el costo de reducir una tonelada métrica de dióxido de carbono mediante el uso de hidrógeno renovable podría oscilar entre U$ 500 y U$ 1.250, en contraste con las tecnologías de captura y almacenamiento. de carbono, cuyos costos están en un rango de U$ 100 a U$ 1.000 por tonelada (Harvard University, 2023).

Estos hallazgos subrayan la necesidad de reevaluar las proyecciones iniciales, tomando en cuenta no solo los costos de producción, sino también los costos asociados con el almacenamiento y la distribución del hidrógeno renovable. Esto plantea un desafío crítico para su implementación global y su competitividad frente a otras tecnologías de descarbonización.

Por su parte, la Estrategia de Hidrógeno de la Unión Europea, lanzada en 2020, estableció un plan para instalar 40 GW de capacidad de electrólisis y producir 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable al año para 2030. En el marco del plan REPowerEU (2022), la Comisión Europea complementó este objetivo con la meta de importar otras 10 millones de toneladas, totalizando 20 millones de toneladas anuales para ese año (WEF, 2023). Sin embargo, evaluaciones recientes del Hydrogen Council (2024) y de la Comisión Europea (2024) sugieren que estas metas podrían ajustarse a la baja, dado el lento avance en la instalación de electrolizadores y los altos costos de capital observados en los últimos años. Aun así, esta estrategia se mantiene como un pilar del Pacto Renovable Europeo, orientado a convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro para 2050.

Por otro lado, América Latina y el Caribe (LAC) poseen abundantes recursos renovables, como viento, solar e hidroeléctrico, que posicionan a la región estratégicamente como un potencial productor y exportador de hidrógeno renovable. Destacan países como Chile, Brasil y México, que cuentan con capacidades significativas de generación de energía renovable (Boese & Soto, 2023). La región podría desempeñar un papel clave en el suministro de hidrógeno renovable hacia Europa, contribuyendo tanto a satisfacer la demanda local como a consolidar su posición en los mercados internacionales de energía limpia (Real Instituto Elcano, 2023).

En Chile, el Hidrógeno Renovable ha emergido en el periodo reciente como una solución clave para la transición hacia una economía global descarbonizada. El país, debido a su potencial y riqueza en recursos renovables, tiene la factibilidad de convertirse en un líder mundial en la producción de H2V (Ministerio de Energía, Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable, 2020). Se espera que para 2030, Chile sea capaz de producir hidrógeno renovable al costo más bajo del mundo (U$ 1.3-1.4/kg), alcanzando una capacidad instalada de electrólisis de 25 GW. Este objetivo se alinea con la meta de lograr la carbono neutralidad para 2050 (Ministerio del Medio Ambiente, 2022), donde el hidrógeno renovable contribuirá aproximadamente con un 21% a la reducción total de 130 toneladas de CO2 proyectadas. En este marco, en noviembre de 2020, el Gobierno de Chile lanzó la Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable con el objetivo de posicionar a Chile como el productor más económico de H2V a nivel mundial, en el Desierto de Atacama y la Región de Magallanes.

En el corto plazo, la Estrategia considera como metas para 2025 alcanzar 5 GW de capacidad de electrólisis instalada, liderar las inversiones en hidrógeno renovable en Latinoamérica con una inversión proyectada de US$5.000 millones, y producir al menos 200 mil toneladas de hidrógeno renovable al año (Ministerio de Energía, 2020). Sin embargo, los avances actuales indican que estas metas difícilmente se alcanzarán en los plazos previstos, dado que hacia fines de 2024 la capacidad instalada efectiva de electrólisis en Chile no supera los 50 MW, y la mayoría de los proyectos en carpeta se encuentra aún en etapa de factibilidad o tramitación ambiental (CORFO, 2024; H2Chile, 2024). Aun así, el país mantiene un liderazgo regional en cartera de proyectos y atracción de inversión, con más de 70 iniciativas en distintas fases de desarrollo, lo que refuerza su potencial para cumplir los objetivos estructurales hacia 2030.

Por otro lado, el Plan de Acción de Hidrógeno Renovable, lanzado en el año 2023, establece una hoja de ruta junto con sus líneas de acción para el desarrollo sostenible de la industria hasta 2030, el que se divide en dos fases. La primera fase, de 2023 a 2026, se centra en la creación de normativas, instrumentos financieros y el establecimiento de relaciones con posibles compradores. La segunda fase, de 2026 a 2030, está orientada a consolidar la infraestructura y la

producción a gran escala, con un énfasis en el desarrollo regional y local (Ministerio de Energía, 2024).

3 Análisis y evaluación de la Estrategia Nacional y el Plan de Acción H2V

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable (ENH2V) de Chile se estructura en torno a cuatro lineamientos principales en su plan de acción: i) Fomento al mercado doméstico y a la exportación ii) Normativa, seguridad y pilotajes, iii) Desarrollo social y territorial iv) Formación de capacidades e innovación.

3.1 Fomento al mercado doméstico y a la exportación

El primer lineamiento se centra en desarrollar tanto el mercado interno como las capacidades de exportación del hidrógeno renovable en Chile. En junio de 2023, el Gobierno presentó un Fondo para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable de U$ 1.000 millones, destinado a catalizar inversiones privadas en proyectos de producción y demanda de H2V. Este fondo cuenta con aportes del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que aprobó un préstamo de hasta U$ 400 millones; del Banco Mundial, con un préstamo de U$ 150 millones en una primera etapa y U$ 200 millones en una segunda; del Banco de Desarrollo de Alemania (KfW), con € 100 millones; y del Banco Europeo de Inversiones (BEI), con € 100 millones. Además, la Unión Europea contribuye con un subsidio de €16.45 millones de euros del Instrumento para Inversiones en America Latina y el Caribe (LACIF) y US$830.000 en asistencia técnica (CORFO, 2023).

En enero de 2024, se lanzó el Financial Service Assistance (FSA) en el marco del Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, con el objetivo de fortalecer los vínculos entre desarrolladores y entidades financieras en proyectos de hidrógeno renovable. En marzo del mismo año, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Hacienda de Chile formalizaron un préstamo de inversión basado en resultados por un monto de hasta US$400 millones, destinado al desarrollo de la industria del hidrógeno renovable y sus derivados (CORFO, 2024). Este financiamiento corresponde al aporte del BID al Fondo de Desarrollo del Hidrógeno Renovable gestionado por CORFO, que integra recursos adicionales del Banco Europeo de Inversiones (BEI), KfW y la Unión Europea (LACIF), consolidando un esfuerzo conjunto de cooperación internacional para acelerar la implementación de proyectos estratégicos en el país.

Este programa financiero, gestionado por CORFO, busca apalancar inversiones por US$12.500 millones en las distintas dimensiones de esta industria, incluyendo proyectos internacionales para la producción de H_2V en territorio nacional, apoyo a proveedores locales en sectores como la minería y la agroindustria, y el desarrollo de encadenamientos productivos, como la fabricación de electrolizadores (CORFO, 2023).

Estas iniciativas reflejan un esfuerzo coordinado entre el Gobierno de Chile y diversas instituciones internacionales para posicionar al país como líder en la producción y exportación de hidrógeno renovable, aprovechando sus ventajas comparativas en recursos renovables y fomentando un desarrollo económico inclusivo y sostenible.

Además, se ha establecido una mesa público-privada orientada a promover la descarbonización de la matriz energética, la cual, entre sus objetivos específicos, propuso como meta al 2050 establecer una trayectoria de aumento del precio al carbono para reducir las emisiones y sus externalidades negativas, fomentando la incorporación de nuevas fuentes de energía como el hidrógeno renovable (Ministerio de Energía, 2021). Esta instancia se enmarca dentro de la Política Energética Nacional y difiere del Comité de Hidrógeno Renovable de CORFO, enfocado en la coordinación técnica e interministerial de proyectos. No obstante, ambas iniciativas son complementarias y contribuyen al cumplimiento de los objetivos nacionales, que plantean una participación del hidrógeno del 20% en la matriz energética para 2035 y del 60% para 2050. Para avanzar en esta dirección, se ha propuesto definir una trayectoria de aumento progresivo del precio al carbono y evaluar mecanismos fiscales que permitan destinar parte de la recaudación tributaria a fondos regionales o de fomento para la producción de hidrógeno renovable (Fondo Monetario Internacional, 2024).

En cuanto a la diplomacia del hidrógeno renovable, Chile ha realizado esfuerzos significativos para posicionarse internacionalmente como una fuente de combustibles limpios. En noviembre de 2021 se firmó un Memorándum de Entendimiento (MoU) entre el Puerto de Amberes, el Puerto de Zeebrugge y el Ministerio de Energía de Chile, propiciando el interés de establecer un corredor entre Chile y Bélgica para el envío de hidrógeno renovable y sus derivados (Ministerio de Energía, 2021). En agosto de 2022, el país suscribió un MoU con la Autoridad Portuaria de Hamburgo para la exportación de H_2V (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2023); y en marzo de 2023 se renovó por tres años un acuerdo similar con el Puerto de Rotterdam, además de un compromiso de cooperación estratégica con Países Bajos para el periodo 2023-2025. En noviembre de 2024, en Bruselas, se firmó también un MoU entre Hydrogen Europe y H2 Chile, orientado a acelerar el desarrollo de la industria y facilitar su comercialización entre Europa y Chile (H2 Chile, 2024).

Paralelamente, Chile ha fortalecido su cooperación con países no pertenecientes a la Unión Europea, incluyendo Alemania, Japón, Corea del Sur, Australia y Estados Unidos, que han impulsado estudios de viabilidad, pilotos tecnológicos y esquemas de financiamiento orientados a la exportación de amoníaco renovable y derivados. Destaca, entre ellos, la alianza con Alemania a través del programa H_2Global y la agencia GIZ, la colaboración con Japón en el marco de la Japan-Chile Hydrogen Initiative, y la participación de Australia y Corea del Sur en proyectos de investigación sobre transporte y almacenamiento de hidrógeno. Estas iniciativas demuestran un

enfoque diplomático diversificado que refuerza la posición de Chile como socio estratégico en la economía global del hidrógeno renovable.

3.2 Normativa, seguridad y pilotajes

Este segundo lineamiento se centra en el desarrollo de un marco regulatorio y de seguridad que ofrezca certidumbre a los inversionistas. Entre los hitos normativos se incluyen la publicación, en julio de 1991, del Decreto 122 (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023), que regula los buses propulsados por hidrógeno, y el Decreto 43, de marzo de 2016 (MTT, 2022), que establece reglamentos específicos para el almacenamiento de sustancias peligrosas, incluyendo el hidrógeno.

En febrero de 2021, la Ley de Eficiencia Energética N°21.305 amplió las competencias del Ministerio de Energía, incorporando al hidrógeno y sus derivados como parte de sus áreas de responsabilidad. En mayo del mismo año, el ministerio publicó una guía para la solicitud de autorización de proyectos especiales de hidrógeno, dirigida a personas y empresas interesadas en la implementación de iniciativas en toda la cadena de valor del H_2V (Ministerio de Energía, 2021).

Hasta 2021 no existía una regulación específica para el uso de hidrógeno en faenas mineras. En respuesta, SERNAGEOMIN elaboró una guía para la implementación de pilotos y validación de tecnologías de hidrógeno en minería (SERNAGEOMIN, 2021). Posteriormente, la Política Energética Nacional fue actualizada en 2022 con la meta de descarbonizar la matriz energética al 2050, adoptando tecnologías como el hidrógeno renovable. Ese mismo año se publicó la Resolución Exenta N°998, que aprueba un plan nacional de fomento a la producción de H_2V en territorio fiscal, y en agosto se presentó la Agenda de Energía 2022-2026, que establece metas específicas para la creación de una industria de hidrógeno renovable en Chile. Otros hitos incluyen la emisión del DDU 470 en noviembre de 2022, que clarifica el uso de suelo para proyectos de generación de hidrógeno, y la publicación, en marzo de 2023, de criterios de evaluación ambiental para el SEIA. En 2024 se publicó el Decreto N°13, que aprueba el Reglamento de Seguridad para Instalaciones de Hidrógeno con fines energéticos (Ministerio de Energía, 2024).

Gran parte de estos avances han sido apoyados técnica y financieramente por el Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, impulsado por la Unión Europea, el Banco Europeo de Inversiones (BEI), el Banco de Desarrollo de Alemania (KfW) y CORFO. El proyecto ha contribuido a la armonización regulatoria, la capacitación de funcionarios públicos, la definición de estándares de seguridad y la preparación de instrumentos financieros para acelerar el despliegue de proyectos. Asimismo, ha promovido espacios de articulación institucional, fortaleciendo la coordinación entre ministerios y agencias nacionales en materia de normativa, seguridad industrial y planificación territorial.

En julio de 2023, el gobierno presentó el Comité Estratégico de Hidrógeno Renovable, encabezado por los Ministerios de Energía y Hacienda, que integra actores del sector público, privado y académico con la misión de asesorar estratégicamente en cuatro áreas clave: impulso de la industria y retribución social; infraestructura y organización territorial; carbono neutralidad y off-takers nacionales; y sostenibilidad y valor local (Ministerio de Hacienda, 2023).

En resumen, la Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable y su Plan de Acción 2023-2030 avanzan de manera sostenida hacia un marco integral que combina financiamiento, regulación, diplomacia, participación comunitaria y cooperación internacional, elementos esenciales para el éxito de la industria del hidrógeno renovable en Chile. Para información sobre proyectos potenciales de implementación revisar Anexo 1.



3.3 Desarrollo social y territorial

Chile está trabajando en generar avances desde el espacio de desarrollo social y territorial en torno a la industria del hidrógeno renovable, integrando la participación comunitaria, la promoción de este recurso como sustituto de combustibles fósiles en sistemas eléctricos aislados y medianos, y evaluando sus impactos y oportunidades en las políticas territoriales. En el marco del "Proyecto Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile", se ha puesto un fuerte énfasis en la creación de un entorno favorable para la economía del hidrógeno. Esto incluye la construcción de capacidades locales y la transferencia de conocimientos, asegurando que las comunidades cercanas a los proyectos de hidrógeno renovable participen activamente en todas las etapas del desarrollo, buscando no solo informar, sino también involucrar a las comunidades en el proceso de toma de decisiones (Team Europe Initiative, 2022).

Por otra parte, el hidrógeno renovable se está posicionando como una solución clave para la descarbonización en Chile, especialmente en sectores estratégicos como la minería y el transporte, donde su aplicación en sistemas eléctricos aislados podría reemplazar el uso de combustibles fósiles.

Este enfoque es particularmente relevante en regiones alejadas como Magallanes y Antofagasta, donde las condiciones son propicias para la generación de energía renovable que puede ser utilizada en la producción de hidrógeno renovable, donde la implementación de proyectos piloto no solo busca reducir las emisiones de CO2, sino también demostrar la viabilidad económica y técnica del H2V como fuente de energía primaria en estos contextos (Banco Mundial, 2023) (Foro Económico Mundial, 2023).

En cuanto a la evaluación de oportunidades y desafíos, Chile ha avanzado en la integración del hidrógeno renovable en sus políticas territoriales a través de la colaboración con la Unión Europea. Esta colaboración se ha materializado en la elaboración de planes regionales de acción climática que incorporan al H2V como un componente central, considerando no solo el impacto ambiental, sino también los beneficios económicos y sociales, creando un marco de referencia que facilita la implementación de proyectos de hidrógeno renovable en coherencia con los objetivos de sostenibilidad y desarrollo territorial (EEAS, 2023).

Sin embargo, en los territorios persiste una creciente preocupación respecto al avance de la industria del hidrógeno renovable, particularmente por los posibles impactos socioambientales que podría generar en las comunidades locales y en el entorno natural. A nivel de sociedad civil en general, los cuestionamientos se relacionan con la escala y ritmo de expansión de la infraestructura energética, la dependencia de minerales críticos como el cobre y el litio, y el consumo de recursos naturales, especialmente agua, dependiendo del tipo de tecnología aplicada. En tanto, las comunidades aledañas a los polos de desarrollo, especialmente en zonas australes como Magallanes, han manifestado inquietudes sobre los efectos territoriales de los proyectos, incluyendo la ocupación de grandes extensiones de suelo, la fragmentación de hábitats, y las presiones sobre servicios esenciales como vivienda, salud, educación y gestión de residuos. Si bien la industria promete generación de empleo y dinamización económica, también podrían producirse tensiones asociadas a un rápido crecimiento poblacional o transformaciones urbanas no planificadas (TERRAM, 2024). Estos desafíos requieren ser abordados tempranamente mediante mecanismos de planificación territorial, participación ciudadana y evaluación ambiental estratégica, que garanticen un desarrollo equilibrado entre competitividad industrial y sostenibilidad social.

Para abordar estas inquietudes, la Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable ha impulsado talleres de participación ciudadana que han identificado prioridades clave: fortalecer la información pública mediante formatos inclusivos, potenciar el rol de universidades, centros técnicos y programas de formación de capital humano en las regiones donde se instalarán los proyectos, fomentar la participación temprana de las comunidades y modernizar la institucionalidad de permisos y fiscalización para garantizar mayor transparencia y certidumbre (Ministerio de Energía, 2023). En estos espacios también se ha enfatizado la necesidad de actualizar los planes territoriales, integrar a

los pueblos indígenas y comunidades originarias en la planificación, y asegurar que las empresas tributen efectivamente en los territorios donde operan, de modo de visibilizar los beneficios locales.

En este ámbito, el Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile ha desempeñado un rol central al fortalecer las capacidades institucionales y los mecanismos de gobernanza participativa, mediante la creación de mesas de diálogo público-privadas, asesoría técnica a organismos regionales y programas de formación en gobernanza territorial y evaluación socioambiental. Asimismo, el Comité Estratégico de Hidrógeno Renovable, coordinado por los Ministerios de Energía y Hacienda, ha incorporado un eje de "Sostenibilidad y Valor Local", enfocado en la retribución territorial, desarrollo de proveedores locales y mecanismos de participación temprana, buscando garantizar que los beneficios económicos y sociales de la industria se traduzcan en mejoras concretas para las comunidades y regiones donde se emplazan los proyectos.

Estas acciones avanzan hacia un modelo de gobernanza colaborativa, que equilibre el desarrollo de la industria con los intereses locales, promoviendo una transición energética inclusiva y sostenible en el territorio.

3.4 Acciones y avances para desarrollo de la industria del Hidrógeno Renovable

Para abordar el desarrollo de la industria del hidrógeno renovable (H_2V) en Chile, es fundamental enfocarse en la formación de capacidades e innovación. La **formación de capital humano especializado** se ha integrado en la estrategia nacional para asegurar que la fuerza laboral esté preparada para los desafíos de esta nueva industria. Se están realizando esfuerzos para capacitar a trabajadores en áreas clave, desde la operación de plantas de electrólisis hasta la gestión de proyectos de H_2V, generando colaboraciones con instituciones educativas para actualizar currículos y programas de formación continua (Ministerio de Energía, 2022).

En cuanto a la innovación y desarrollo (I+D), el Ministerio de Energía lidera la elaboración del Plan de Acción de Hidrógeno Renovable 2023-2030, que define una hoja de ruta para el despliegue de una industria sostenible del H_2V y sus derivados. Este plan se implementa bajo la coordinación del Ministerio de Energía en colaboración con distintas carteras de gobierno —Medio Ambiente, Hacienda y Relaciones Exteriores—, además de agencias públicas como CORFO, la Comisión Nacional de Energía (CNE) y ENAP, que gestionan fondos, regulaciones e infraestructura clave para el desarrollo del sector.

También participan gobiernos regionales y municipios, que incorporan iniciativas locales en regiones estratégicas como Magallanes y Antofagasta, mientras que universidades y centros de investigación, entre ellos Fraunhofer Chile Research, aportan capacidades técnicas y estudios aplicados.

En este contexto, el Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile ha tenido un rol decisivo en apoyar la agenda de I+D y cooperación internacional, mediante la transferencia de conocimiento técnico, fortalecimiento de capacidades regulatorias y financiamiento de estudios aplicados. Este proyecto ,impulsado por la Unión Europea, el Banco Europeo de Inversiones (BEI) y KfW, en coordinación con CORFO, ha contribuido directamente al diseño del Plan de Acción 2023-2030, promoviendo la alineación de estándares de certificación y seguridad con los marcos europeos, y facilitando la vinculación entre instituciones chilenas y europeas en materia de innovación tecnológica, pilotajes y formación especializada.

Asimismo, acuerdos internacionales con países como Alemania y Francia, y con organismos como el Banco Mundial y el BID, refuerzan la cooperación y el financiamiento de proyectos orientados al desarrollo sostenible de la industria (Ministerio de Energía, 2023).

Por otra parte, el Gobierno de Chile ha fortalecido su gobernanza institucional mediante la creación de instancias de coordinación específicas para la industria del hidrógeno renovable. Destaca el Comité Interministerial de Hidrógeno Renovable, integrado por distintas carteras de gobierno y organismos públicos, cuyo objetivo es coordinar políticas, normativas y acciones estratégicas que impulsen el desarrollo de la industria con enfoque territorial y sostenible (Ministerio de Energía, 2022). Complementariamente, el Comité Estratégico para el Plan de Acción de Hidrógeno Renovable —integrado por representantes del sector público, privado y académico, entre ellos la expresidenta Michelle Bachelet y el exministro de Energía Juan Carlos Jobet— cumple un rol consultivo y de alto nivel en la definición de lineamientos estratégicos para la implementación del plan (Ministerio de Energía, 2023).

Ambos espacios actúan de forma articulada con el Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, que ha contribuido al fortalecimiento de la gobernanza y a la creación de capacidades institucionales, apoyando la coordinación intersectorial y la integración de criterios de sostenibilidad, valor local y transparencia en la toma de decisiones. De esta manera, se consolida un esfuerzo conjunto entre el Estado, la cooperación internacional y el sector privado para posicionar a Chile como líder regional en hidrógeno renovable, combinando competitividad económica con desarrollo inclusivo y ambientalmente responsable.

Avances del Plan de Acción de Hidrógeno Renovable 2023–2030

El Plan de Acción de Hidrógeno Renovable (PAH_2V), presentado oficialmente por el Ministerio de Energía en abril de 2024, constituye la hoja de ruta operativa para la implementación de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable de Chile. Este plan define 81 acciones distribuidas en 18 líneas de trabajo, agrupadas en torno a siete ejes estratégicos: i) marco normativo y seguridad, ii) infraestructura habilitante, iii) investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), iv) capital humano, v) financiamiento, vi) desarrollo territorial y sostenibilidad, y vii) fomento de mercado interno y exportaciones (Ministerio de Energía, 2024a).
El siguiente apartado sintetiza los principales avances registrados entre 2022 y 2025, integrando las iniciativas nacionales con el apoyo técnico y financiero del Proyecto Team Europe Initiative RH_2 Chile, impulsado por la Unión Europea (UE), el Banco Europeo de Inversiones (BEI), KfW, y CORFO.

1. Formación técnica y capital humano

En la línea de formación y capacitación, el PAH_2V ha impulsado los primeros esfuerzos por incorporar el hidrógeno renovable en la educación técnico-profesional. En 2022, el Liceo Crisol de Mulchén implementó un programa pionero de alfabetización energética y manejo de electrolizadores didácticos, con el objetivo de fortalecer las competencias de estudiantes y docentes en tecnologías H_2V (H_2Chile, 2022).
A esta experiencia se suman nuevas iniciativas regionales: en 2025, dos liceos técnico-profesionales de Punta Arenas recibirán equipamiento especializado para crear laboratorios de hidrógeno, bajo un programa conjunto del Ministerio de Energía y la AECID, con financiamiento de la Unión Europea (subsidio de €1 millón) a través de la TEI Hidrógeno Renovable en Chile (AECID, 2025). Paralelamente, se han impartido diplomados y cursos de especialización en hidrógeno y derivados para funcionarios públicos, coordinados por CORFO, el Ministerio de Energía y la Agencia Chilena de Cooperación Internacional (AGCID), con apoyo del programa EUROCLIMA+. Estas acciones reflejan un avance sustantivo en la línea de capital humano e innovación tecnológica, priorizando la formación local y la articulación entre el sistema educativo y la industria emergente (Ministerio de Energía, 2024b; AECID, 2025).

2. Mecanismos financieros y atracción de inversión

En materia de financiamiento, la Facilidad Financiera H_2V (Facility H_2V), coordinada por CORFO, constituye el principal instrumento habilitante para catalizar inversiones privadas. Su apertura formal está prevista para el segundo semestre de 2024, con entrada en operación en 2025, y busca reducir el riesgo financiero de los primeros proyectos industriales (CORFO, 2024a).
El fondo integra recursos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) —a través de un préstamo

basado en resultados de US$400 millones—, del Banco Europeo de Inversiones (BEI) y de KfW (con una contribución conjunta de hasta US$215 millones bajo la plataforma Global Gateway), además del Banco Mundial y la CAF (BID, 2024; BEI, 2024). Estos instrumentos, articulados mediante la TEI RH_2, permiten implementar esquemas de crédito renovable y garantías ambientales bajo estándares europeos.

Complementariamente, en mayo de 2024 CORFO abrió la primera convocatoria para fabricación nacional de electrolizadores, con cofinanciamiento de hasta 60 % por proyecto, y en paralelo lanzó la licitación del Centro Tecnológico de Innovación en Hidrógeno Renovable de Magallanes (Ministerio de Economía, 2024). Ambas iniciativas fortalecen la línea de I+D, manufactura y financiamiento renovable del PAH_2V.

3. Asignación de terrenos fiscales y ordenamiento territorial

En la línea de infraestructura habilitante y gobernanza territorial, el Ministerio de Bienes Nacionales (MBN) lideró la asignación de terrenos fiscales para proyectos de hidrógeno, mediante el programa "Ventana al Futuro", iniciado en 2022. Hasta fines de 2023 se habían tramitado 16 concesiones en las regiones de Antofagasta (12), Tarapacá (2), Atacama (1) y Magallanes (1), reflejando un alto interés del sector privado (Ministerio de Bienes Nacionales, 2023).

Con apoyo técnico del Proyecto RH_2, se está desarrollando una metodología de compatibilidad territorial y evaluación de riesgos socioambientales, que permitirá integrar estos procesos con los planes reguladores regionales y fortalecer la coherencia entre el ordenamiento fiscal y la planificación urbana y ambiental (TEI RH_2 Chile, 2024).

4. Infraestructura logística: refuerzo del Muelle Mardones

En el eje de infraestructura logística y portuaria, destaca el proyecto de reforzamiento del Muelle Mardones, liderado por la Empresa Portuaria Austral (EPA) en Punta Arenas, Región de Magallanes. Las obras —licitadas en 2024 y con finalización prevista para 2026— buscan ampliar la capacidad de carga y adecuar la infraestructura para el desembarque de equipos de gran escala asociados a plantas de electrólisis (EPAustral, 2024).

La GIZ, en coordinación con la TEI RH_2, ha brindado asesoría técnica en los estándares de diseño y seguridad industrial, asegurando la alineación del proyecto con las normas europeas de transporte y almacenamiento de hidrógeno (GIZ, 2024). Esta iniciativa refuerza el papel de Magallanes como hub logístico y exportador de hidrógeno renovable en el Cono Sur.

5. Líneas de Base Públicas Ambientales y fortalecimiento del SEIA

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) inició en 2023 la elaboración de Líneas de Base Públicas Ambientales en Magallanes y Tierra del Fuego, financiadas por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) con un presupuesto superior a $1.000 millones CLP (MMA, 2023). Estos estudios, pioneros en Latinoamérica, generan información estandarizada sobre biodiversidad, recursos hídricos y ecosistemas, mejorando la trazabilidad de los procesos de evaluación ambiental.
En paralelo, el SEA publicó guías específicas para la evaluación de proyectos de hidrógeno en el SEIA (2022–2023), estableciendo criterios para su descripción integrada y la aplicación de medidas de mitigación y compensación de biodiversidad (SEA, 2023).
El Proyecto RH_2, junto con Copernicus y la GIZ, ha desarrollado herramientas de monitoreo remoto y modelación ambiental, aplicadas en el "Sistema de Monitoreo de Humedales y Turberas de Magallanes", que incorpora imágenes satelitales y datos de campo para mejorar la precisión ambiental de los estudios (TEI RH_2 Chile, 2024; GIZ, 2024). Estas acciones fortalecen las líneas de normativa, seguridad y sostenibilidad ambiental del plan.

6. Plataforma "Explorador de Hidrógeno Renovable"

La plataforma pública "Explorador de Hidrógeno Renovable", lanzada por el Ministerio de Energía en junio de 2024, constituye una herramienta clave para la transparencia y gestión de información del PAH_2V. Este sistema integra datos geoespaciales, proyectos en desarrollo, recursos energéticos y potencial logístico, facilitando la toma de decisiones y la atracción de inversión (Ministerio de Energía, 2024c).
Desarrollada con cooperación técnica Chile–España y asistencia de la TEI RH_2, la plataforma cumple con los estándares de interoperabilidad europeos, aunque aún presenta brechas en la inclusión de información social y ambiental, previstas para incorporarse en su actualización 2025 (Ministerio de Energía, 2024c; TEI RH_2 Chile, 2024).

7. Centro de Desarrollo Tecnológico de Magallanes y fabricación de electrolizadores

En la línea de I+D+i y manufactura nacional, el Centro de Desarrollo Tecnológico de Magallanes, actualmente en implementación, busca consolidar un ecosistema de innovación orientado a la producción, investigación y adaptación tecnológica de sistemas de hidrógeno bajo condiciones extremas (Ministerio de Economía, 2024; CORFO, 2024b).
En paralelo, CORFO adjudicó en marzo de 2025 US$25,6 millones a tres consorcios internacionales para establecer las primeras plantas de fabricación de electrolizadores en Chile (CORFO, 2025). Estas acciones se complementan con la preparación del Régimen de Incentivo a la Fabricación (RIF), que establecerá beneficios fiscales y mecanismos de depreciación acelerada para equipos

vinculados al hidrógeno, fomentando encadenamientos productivos locales.
Con el apoyo de la GIZ y la TEI RH_2, este ecosistema busca convertir a Magallanes en un polo tecnológico y productivo del hidrógeno renovable en Sudamérica.

De acuerdo con la revisión oficial del Ministerio de Energía (2024a), de las 81 acciones del PAH_2V, al cierre de 2024 aproximadamente 15 % se encontraban finalizadas, 60 % en ejecución, 15 % con retrasos administrativos o financieros, y 10 % aún no iniciadas. Este nivel de avance refleja un progreso sostenido impulsado por la cooperación internacional —especialmente la TEI RH_2 Chile— y la coordinación interministerial, aunque persisten desafíos en la ejecución territorial y la gestión ambiental de grandes proyectos.

4 Análisis Comparativo del Caso Chileno con Otras Estrategias de H2V/H2R Relevantes en América Latina y Europa

Chile se ha posicionado como líder en la producción de hidrógeno renovable en América Latina, gracias a sus abundantes recursos renovables, especialmente solar y eólico. Estas ventajas naturales han permitido estimar costos competitivos de producción, aunque los valores han evolucionado según nuevos estudios. Mientras que inicialmente se proyectaban costos cercanos a 1 USD/kg de H_2 para 2030, análisis recientes señalan que, debido a mayores costos de capital e infraestructura, estos podrían situarse en un rango de 1,6 a 2,5 USD/kg para regiones altamente competitivas como Magallanes (BloombergNEF , 2023).

La Agencia Internacional de Energía (IEA) ha destacado que Chile tiene el potencial de producir hidrógeno renovable a costos muy competitivos en el ámbito global, aunque alcanzar esta posición depende de superar desafíos internos como la infraestructura portuaria limitada y la capacidad de transmisión energética (IEA). , 2022). Además, empresas del sector han expresado preocupaciones sobre procesos de permisos prolongados que podrían retrasar el desarrollo de proyectos clave (Reuters , 2024).

A pesar de estos retos, el gobierno chileno mantiene objetivos ambiciosos: reducir los costos de producción significativamente para 2030, producir más de 5 millones de toneladas anuales de hidrógeno renovable para 2050 y posicionarse entre los tres principales exportadores globales de este energético (Ministerio de Energía). , 2023).

En comparación con otros países de América Latina y Europa, que también han desarrollado estrategias robustas para el hidrógeno renovable, Chile destaca por sus ventajas climáticas y su compromiso gubernamental. Sin embargo, para asegurar su competitividad, es crucial invertir en infraestructura, acelerar los procesos regulatorios y garantizar el acceso a financiamiento internacional. Estos elementos son fundamentales para consolidar a Chile como un exportador competitivo en un mercado que se proyecta estratégico para la transición energética global..

4.1 Estrategias de Hidrogeno renovable en Europa

Francia: Estrategia Nacional para el Desarrollo del Hidrógeno (Ministerio de Transición Ecologica, 2020)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Francia ha establecido una estrategia nacional con un presupuesto de 7 mil millones de euros hasta 2030 para desarrollar la producción de hidrógeno descarbonizado. Esta estrategia prioriza la instalación de 6,5 GW de capacidad de electrólisis para 2030, apoyando principalmente la descarbonización de la industria, el desarrollo de movilidad pesada y la investigación e innovación.
- **Inversión y Proyectos Clave:** La estrategia francesa incluye mecanismos de apoyo a la investigación y el desarrollo (R&D), así como incentivos para la producción industrial de hidrógeno. Francia también busca colaborar con otros países europeos a través de la Clean Hydrogen Alliance y proyectos importantes de interés común europeo (IPCEI)
- **Comparación con Chile:** Francia tiene un enfoque fuerte en la integración europea y en la creación de una cadena de valor industrial dentro de su territorio, mientras que Chile se centra más en la exportación de hidrógeno renovable a mercados internacionales. Ambos países están invirtiendo significativamente en infraestructura y desarrollo tecnológico.

España: Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable (Ministerio para la transición Ecológico y el reto demografico, 2020)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** España ha desarrollado la "Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable" con el objetivo de instalar 4 GW de capacidad de electrólisis para 2030, aprovechando su capacidad de generación renovable, principalmente solar y eólica.
- **Inversión y Proyectos Clave:** España ha destinado aproximadamente 1.500 millones de euros en fondos públicos hasta 2025 para fomentar el desarrollo del hidrógeno renovable. Además, el plan incluye incentivos fiscales, programas de apoyo a la innovación y proyectos piloto en sectores industriales y de transporte.
- **Comparación con Chile:** España, al igual que Chile, busca posicionarse como un exportador clave de hidrógeno renovable. Sin embargo, España se centra más en la creación de un mercado interno robusto antes de expandirse a nivel internacional, mientras que Chile está enfocado en la exportación desde etapas tempranas.

Reino Unido: Estrategia Nacional de Hidrógeno. (Department for Energy Security & Net Zero)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** El Reino Unido ha establecido una estrategia ambiciosa para desarrollar 5 GW de capacidad de producción de hidrógeno bajo en carbono para 2030. El país se centra tanto en el hidrógeno renovable como en el hidrógeno azul, aprovechando su infraestructura existente de gas natural.
- **Inversión y Proyectos Clave:** El Reino Unido ha asignado más de 240 millones de libras esterlinas en fondos para apoyar proyectos de hidrógeno, incluyendo subvenciones para innovaciones tecnológicas y desarrollo de infraestructura. También se prevé la creación de "clusters de hidrógeno" que conecten la producción con grandes centros de demanda industrial.
- **Comparación con Chile:** A diferencia de Chile, que se centra exclusivamente en el hidrógeno renovable, el Reino Unido abarca tanto hidrógeno renovable como azul. Además, el Reino Unido está utilizando su infraestructura de gas existente, lo que puede reducir los costos iniciales de implementación.

Alemania: Estrategia Nacional del Hidrógeno. (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2020)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Alemania es uno de los líderes europeos en la adopción de hidrógeno renovable, con un objetivo de instalar hasta 5 GW de capacidad de electrólisis para 2030 y 10 GW para 2040. La estrategia se enfoca en la producción interna de hidrógeno renovable, pero también en la importación de países con mejor potencial de generación renovable.
- **Inversión y Proyectos Clave:** Alemania ha comprometido 9 mil millones de euros para el desarrollo de tecnologías de hidrógeno, incluyendo 2 mil millones destinados a la creación de asociaciones internacionales para la importación de hidrógeno renovable
- **Comparación con Chile:** Ambos países están muy comprometidos con el desarrollo del hidrógeno renovable, pero Alemania tiene una mayor dependencia de la importación, mientras que Chile busca convertirse en un exportador. Además, Alemania está liderando proyectos de colaboración internacional para asegurar su suministro de hidrógeno.

4.2 Estrategias de Hidrogeno renovable en América Latina

Perú: Estrategia de Hidrógeno Renovable. (Asociación Peruana de Hidrógeno , 2022)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Perú considera el hidrógeno renovable como un pilar para su transición energética, buscando integrar las energías renovables en sectores como la electricidad, transporte, gas, y la industria pesada. Según el "Playbook para la Estrategia de Hidrógeno Renovable en Perú", el país tiene el potencial de desarrollar un mercado interno robusto de H2V con tres posibles hubs de producción identificados en la costa y en la región sur del país, que son zonas con alto nivel industrial y alta capacidad renovable.
- **Inversión y Proyectos Clave:** Perú está desarrollando estudios de pre-factibilidad y factibilidad para la exportación de hidrógeno renovable, enfocándose en construir capacidades técnicas y financieras para proyectos de producción a gran escala (gigawatt-scale) y desarrollar la infraestructura logística para la producción, almacenamiento, y transporte marítimo de H2V.
- **Comparación con Chile:** Mientras que Chile se enfoca en consolidar su infraestructura para exportar hidrógeno renovable a gran escala, Perú está en las etapas iniciales de planificación para su capacidad de exportación. Ambos países ven al hidrógeno renovable como clave para la descarbonización, pero Chile tiene más proyectos en desarrollo avanzado.

Argentina: Estrategia Nacional para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable. (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Argentina se enfoca en la creación de cinco polos productivos de hidrógeno renovable utilizando sus recursos eólicos en la Patagonia y solares en el noroeste. Se espera desarrollar una capacidad significativa de producción de hidrógeno limpio para 2050, con una fuerte política de certificación de origen para incentivar la inversión.
- **Inversión y Proyectos Clave:** El gobierno ha impulsado un marco regulatorio favorable para atraer inversiones, destacando el Proyecto de Ley para la "Promoción del Hidrógeno de Bajas Emisiones", que incluye incentivos fiscales y beneficios regulatorios para proyectos relacionados con el hidrógeno.
- **Comparación con Chile:** Aunque ambos países buscan posicionarse como exportadores de

hidrógeno renovable, Argentina se enfoca más en desarrollar polos productivos regionales, mientras que Chile concentra sus esfuerzos en proyectos a gran escala apoyados por una infraestructura portuaria en expansión.

Brasil: Programa Nacional del Hidrógeno (PNH2). (Ministério de Minas e Energia, 2021)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Brasil está diversificando sus rutas tecnológicas para la producción de hidrógeno, utilizando fuentes de biomasa, hidroeléctrica y eólica. El Programa Nacional del Hidrógeno establece objetivos a corto, mediano y largo plazo para el uso del hidrógeno en generación distribuida y transporte público.
- **Inversión y Proyectos Clave:** El programa incluye la creación de un fondo específico para la investigación y el desarrollo de tecnologías de electrólisis y celdas de combustible, además de la adaptación de infraestructuras existentes para el transporte de hidrógeno.
- **Comparación con Chile:** Mientras que Brasil abarca un enfoque diversificado en términos de tecnologías y aplicaciones del hidrógeno, Chile se centra en la electrólisis alimentada por energía solar y eólica. Ambos países buscan incentivos financieros, pero Brasil tiene un enfoque más amplio en diversificación tecnológica.

Uruguay: Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable. (Ministerio de Industria, Energía y Minería – MIEM, 2023)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Uruguay cuenta con una matriz eléctrica 90–99 % renovable, principalmente eólica, solar e hidroeléctrica, lo que le otorga una ventaja comparativa única en la región para producir hidrógeno renovable y sus derivados con bajas emisiones. La Hoja de Ruta Nacional de Hidrógeno Renovable (2023) identifica el potencial de producción en el eje Paysandú–Tacuarembó–Montevideo, orientado tanto al mercado interno (transporte y fertilizantes) como a la exportación de e-combustibles. El país mantiene un Memorándum de Entendimiento con la Unión Europea (2023) que busca consolidar cooperación técnica, certificación y corredores logísticos de exportación.
- **Inversión y Proyectos Clave:** Entre los proyectos más relevantes destacan el Tambor Green Hydrogen Hub, impulsado por ENERTRAG, que busca producir e-metanol y amoníaco renovable, y la planta de HIF Global en Paysandú, enfocada en la generación de e-fuels para el transporte marítimo y aéreo. Además, el gobierno uruguayo implementa el programa H24U, con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para desarrollar infraestructura de hidrógeno y fomentar el uso en transporte pesado. En conjunto, estas iniciativas posicionan a Uruguay como un pionero en la producción

regional de combustibles sintéticos y en la adopción temprana de tecnologías Power-to-X (PtX).

- **Comparación con Chile:**Uruguay se destaca por su matriz renovable consolidada y baja huella de carbono, lo que reduce los costos de certificación ambiental y facilita la entrada a mercados exigentes como la Unión Europea. En cambio, Chile basa su ventaja en la escala de recursos y capacidad exportadora, con polos industriales en el norte (Atacama) y sur (Magallanes). Ambos países comparten alianzas con la UE —Uruguay mediante su MoU de cooperación energética, y Chile con sus corredores portuarios renovables—, aunque Chile presenta un mayor volumen de proyectos de gran escala en desarrollo, mientras Uruguay lidera en integración tecnológica y estabilidad regulatoria.

Costa Rica: Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable. (Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), 2022)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Costa Rica aprovecha su matriz energética renovable casi en su totalidad para buscar convertirse en exportador de hidrógeno renovable, especialmente a mercados europeos y asiáticos.
- **Inversión y Proyectos Clave:** Costa Rica ha creado incentivos regulatorios y fiscales para atraer inversión extranjera en proyectos piloto de producción de hidrógeno, con expectativas de comenzar las exportaciones en 2025.
- **Comparación con Chile:** Costa Rica y Chile comparten el objetivo de exportar hidrógeno renovable, pero Costa Rica basa su estrategia en su infraestructura hidroeléctrica, mientras que Chile utiliza principalmente energía solar y eólica.

Colombia: Hoja de Ruta para el Hidrógeno Renovable. (Ministerio de Minas y Energía, 2023)

- **Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles:** Colombia se centra en el uso de recursos eólicos y solares en la región de La Guajira para producir hidrógeno renovable y convertirse en un actor relevante en la exportación de hidrógeno hacia 2030.
- **Inversión y Proyectos Clave:** El país ha establecido alianzas estratégicas y creado incentivos para atraer inversiones en hidrógeno renovable, incluyendo subsidios y beneficios fiscales.

- **Comparación con Chile:** Chile ha avanzado más en términos de proyectos en desarrollo y colaboraciones internacionales, mientras que Colombia se encuentra en una fase inicial de implementación.

Estrategia de la Unión Europea y Definición de Hidrógeno Renovable

- Capacidad Proyectada y Recursos Disponibles

La Unión Europea (UE) ha diseñado una estrategia integral para posicionarse como líder mundial en hidrógeno renovable. Su objetivo es instalar al menos 40 GW de capacidad de electrólisis dentro de los Estados miembros y producir 10 millones de toneladas anuales de hidrógeno renovable para 2030. Paralelamente, la UE planea importar 10 millones de toneladas adicionales desde regiones con capacidad competitiva, como América Latina. y el norte de África. La estrategia se centra en aprovechar sus recursos renovables disponibles, incluyendo energía solar y eólica en el sur de Europa, y en integrar el hidrógeno en sectores industriales difíciles de descarbonizar.

- Inversiones y Proyectos Clave

La UE ha destinado más de 9.000 millones de euros para el desarrollo de proyectos de hidrógeno en el marco del Fondo de Innovación y del Programa de Recuperación y Resiliencia. Además, ha lanzado iniciativas como la Alianza Europea de Hidrógeno Limpio , que conecta a más de 1.500 entidades públicas y privadas para promover la innovación y la colaboración. Entre los proyectos clave, destacan la construcción de electrolizadores avanzados y la creación de corredores de hidrógeno que conectan centros de producción con nodos de consumo industrial en Alemania, Francia y los Países Bajos.

- Actos Delegados y Definición de Hidrógeno Renovable

En febrero de 2023, la Comisión Europea adoptó dos actos delegados bajo la Directiva (UE) 2018/2001 sobre fuentes de energía renovables. Estos actos establecen criterios para definir el hidrógeno renovable, incluyendo:

Adicionalidad : La electricidad utilizada debe provenir de nuevas instalaciones renovables.

Temporalidad : La producción de hidrógeno debe coincidir con la generación de electricidad renovable.

Geografía : Las plantas de electrólisis deben estar conectadas a la misma red eléctrica que las fuentes de energía renovable.

Estos criterios aseguran que el hidrógeno producido contribuya efectivamente a los objetivos de descarbonización de la UE, proporcionando una base normativa para certificar y comercializar hidrógeno renovable dentro del mercado europeo.

- Comparación con Chile

A diferencia de la UE, Chile se enfoca exclusivamente en el hidrógeno renovable, aprovechando su excepcional potencial solar y eólico, particularmente en el norte y el sur del país. Mientras que la UE busca importar una parte significativa de su hidrógeno renovable, Chile aspira a convertirse en uno de los principales exportadores globales. Sin embargo, para acceder al mercado europeo, Chile deberá garantizar que su hidrógeno cumpla con los estrictos criterios definidos en los actos delegados. En contraste con la infraestructura avanzada y diversificada de la UE, Chile enfrenta desafíos en infraestructura portuaria de transmisión y eléctrica, lo que podría influir en su competitividad en el mercado internacional

Tabla 2: Estrategias de Hidrógeno Renovable en América Latina

Aspectos Clave	Chile	Argentina	Brasil	Costa Rica	Colombia	Perú	Uruguay
Capacidad Proyectada	25 GW para 2030	5 polos productivos para 2050	10 GW para 2030	Exportación a partir de 2025	1 GW para 2030	Potencial de 3 hubs de producción	2–3 GW para 2030
Recursos Renovables	Solar (Atacama) y Eólico (Patagonia)	Eólico (Patagonia) y Solar (Noroeste)	Biomasa, Hidroeléctrica y Eólico	Hidroeléctrica	Eólico (La Guajira) y Solar	Solar y Eólico	Eólico, Solar e Hidroeléctrico (matriz 90–99 % renovable)
Inversiones y Proyectos Clave	73 proyectos identificados en distintas etapas de desarrollo (Ministerio de Energía, 2024)	Proyecto de Ley de Hidrógeno de Bajas Emisiones; incentivos fiscales y beneficios regulatorios	Fondo específico para I+D; iniciativas regionales del PNH_2	Proyectos piloto y marco regulatorio para exportación	Incentivos fiscales, alianzas y proyectos en La Guajira	Estudios de pre-factibilidad y exportación	HIF Paysandú (e-fuels), ENERTRAG Tambor Hub (e-metanol), programa H24U (BID)
Metas y Objetivos	Exportador líder de H_2V para 2030; neutralidad carbono 2050	Desarrollo de polos productivos y exportación regional	Diversificación tecnológica y fortalecimiento de mercado interno	Exportador de hidrógeno renovable y combustibles sintéticos	Convertirse en exportador regional al 2030	Desarrollo de capacidades técnicas y certificación de origen	Exportador regional de e-combustibles y proveedor UE al 2030
Infraestructura	En desarrollo para exportación (portuaria y logística en Magallanes y Antofagasta)	Ampliación de infraestructura portuaria y regulatoria	Adaptación de infraestructura de gas y red eléctrica	Uso de infraestructura hidroeléctrica existente	Mejora de infraestructura energética en La Guajira	Enfoque en infraestructura marítima y logística de exportación	Corredores logísticos con UE y plataformas portuarias para PtX (Paysandú y Montevideo)

Tabla 3: Estrategias de Hidrógeno Renovable en Europa

Aspectos Clave	Francia	España	Reino Unido	Alemania
Capacidad Proyectada	6.5 GW de electrólisis para 2030	4 GW de electrólisis para 2030	5 GW de producción de H2 bajo en carbono para 2030	5 GW de electrólisis para 2030, 10 GW para 2040
Recursos Renovables	Eólico, Solar y Nuclear	Solar y Eólico	Eólico Offshore, Solar y Gas Natural	Eólico, Solar y Recursos Importados
Inversiones y Proyectos Clave	7 mil millones de euros hasta 2030	1.500 millones de euros hasta 2025	240 millones de libras para proyectos de H2	9 mil millones de euros hasta 2040, asociaciones internacionales
Metas y Objetivos	Descarbonización industrial, movilidad pesada, innovación	Desarrollo de mercado interno, exportación a Europa	Producción de H2 renovable y azul, creación de clusters de hidrógeno	Producción interna y asociaciones para importación
Infraestructura	Desarrollo de capacidad de producción y almacenamiento	Ampliación de capacidad de producción y almacenamiento	Creación de clusters y reutilización de infraestructuras de gas	Desarrollo de infraestructura nacional e internacional

5 Desafíos y Barreras: Análisis de las Barreras Técnicas, Económicas, Regulatorias y Sociales Encontradas

5.1 Barreras Técnicas

- **Desafíos Tecnológicos:** La implementación de tecnologías para producir hidrógeno renovable en Chile enfrenta barreras técnicas importantes, principalmente vinculadas a los costos de la electrólisis, que sigue siendo elevada a gran escala. Según el estudio "Innovación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena de Valor del Hidrógeno Verde en Chile" (Ministerio de Energía, 2023), el costo de producción se estima entre 3 y 5 USD/kg, condicionado por la energía renovable y la eficiencia de los equipos.Los electrolizadores europeos presentan alta eficiencia (superior al 70 %) y cumplimiento con estándares ambientales y de certificación RFNBO, pero mantienen costos 25–35 % mayores que los equipos asiáticos (IEA, 2024). Estos últimos son más accesibles y rápidos de instalar, aunque con menor trazabilidad ambiental.

  El Plan de Acción de Hidrógeno Renovable 2023–2030 busca equilibrar ambas opciones promoviendo la fabricación local de electrolizadores con apoyo de CORFO, GIZ y la Team Europe Initiative RH_2 Chile, para reducir costos y fortalecer capacidades nacionales.En síntesis, el desafío tecnológico no es solo de acceso, sino de adaptación de las tecnologías a las condiciones extremas del territorio chileno, garantizando eficiencia, seguridad y compatibilidad internacional.

- **Infraestructura de Transporte y Logística:** La infraestructura existente en Chile para el manejo, transporte y exportación de hidrógeno renovable sigue siendo insuficiente y de alto costo inicial. Según el Informe Mercado de Hidrógeno Renovable en Chile (CDT, 2019), se requiere una inversión significativa para desarrollar una red de ductos dedicada al transporte de hidrógeno. En la Región de Antofagasta, por ejemplo, la construcción de una red de 200 km se estima en USD 350 millones, mientras que la adecuación de puertos como Mejillones y Caldera demandaría entre USD 70 y 120 millones por puerto para habilitar terminales especializadas.

  En términos de transporte marítimo, el Institute of Energy Economics Japan (IEEJ, 2021) estima que este componente representa entre un 5 % y 15 % del costo total en la cadena de suministro de hidrógeno renovable o amoníaco. En la ruta Magallanes–Rotterdam (12.000 millas náuticas), el envío de amoníaco renovable implicaría costos de USD 0,2 a 0,4 por kg de H_2 equivalente, equivalente a un 6–12 % del costo total. Aunque competitivos en

comparación con otras regiones exportadoras, estos valores aún dependen de la reducción de costos de producción y de transporte, y de la consolidación de acuerdos logísticos y comerciales estables.

Uno de los principales desafíos económicos emergentes es el desarrollo de corredores marítimos renovables, rutas de exportación descarbonizadas y certificadas, que exigen inversiones coordinadas entre países, puertos y navieras para la adaptación de buques, suministro de combustibles cero emisiones y certificación internacional de trazabilidad del hidrógeno o sus derivados. La creación de estos corredores, impulsada por la Unión Europea, la OMI y proyectos como Clydebank Declaration, requiere altos niveles de coordinación público-privada y acuerdos bilaterales de largo plazo, lo que podría elevar los costos iniciales, pero también abrir acceso preferencial a mercados con mayor demanda de hidrógeno limpio, como el europeo y el asiático**.**

5.2 Barreras Económicas

- **Acceso al Financiamiento:** El financiamiento de proyectos de hidrógeno renovable en Chile continúa siendo uno de los principales desafíos estructurales para el desarrollo de la industria. Según Financing Opportunities for Green Hydrogen Projects (2024), solo el 15 % del financiamiento proviene actualmente de fuentes privadas, mientras que el 85 % depende de recursos públicos o de cooperación internacional, a través de instrumentos de CORFO, el BID y la Unión Europea. El Fondo H_2 Renovable Chile, concebido para movilizar inversión privada mediante apalancamiento de fondos públicos y climáticos, busca reducir el riesgo financiero de los primeros proyectos de gran escala. Sin embargo, aún no se encuentra plenamente operacional, ya que depende de la aprobación final de los mecanismos de gobernanza y de la entrada en vigor de los acuerdos de cofinanciamiento con entidades multilaterales como el Banco Europeo de Inversiones (BEI) y KfW.

  Mientras tanto, el avance del sector requiere instrumentos adicionales —como garantías soberanas, contratos por diferencia (CfD) y subsidios de capital— que permitan disminuir la percepción de riesgo y aumentar la participación del sector privado. La consolidación del Fondo H_2 Renovable Chile será, por tanto, determinante para la maduración del mercado, facilitando la transición desde el financiamiento público hacia modelos mixtos sostenibles y replicables.

  Desde el lado de la oferta, una de las principales barreras al financiamiento sigue siendo la falta de subsidios directos para las etapas iniciales de desarrollo (Development Expenditures, DevEx) y para la infraestructura de producción y exportación. A diferencia de otros países de la OCDE, que subsidian fuertemente estas fases, Chile aún carece de mecanismos habilitadores suficientes.

Una excepción ha sido el subsidio de USD 50 millones otorgado por CORFO a seis proyectos piloto de hidrógeno renovable (Ministerio de Energía, 2021); sin embargo, su impacto ha sido limitado, ya que se trata de un apoyo reembolsable sujeto a condiciones que solo uno de los proyectos adjudicados habría logrado cumplir plenamente (CORFO, 2024).

En la actualidad, CORFO ha complementado este esfuerzo con nuevos llamados en ejecución, entre ellos:

- la convocatoria de sistemas eólicos (meta: 5–6 empresas), aún en curso pero con retrasos;
- el programa de apoyo a proyectos industriales en Biobío, con subsidios de hasta 5 millones de euros por proyecto, que se encuentra en etapa de cierre; y
- el proceso de due diligence para el llamado de fabricación de electrolizadores, con un subsidio total estimado de USD 25 millones para las empresas seleccionadas (CORFO, 2025).

Por el lado de la demanda, la brecha entre el precio del hidrógeno renovable y los combustibles fósiles sigue siendo un obstáculo relevante. En Europa, mecanismos como H_2Global han probado ser efectivos al implementar contratos por diferencia (CfD) que compensan las variaciones de precio entre el hidrógeno renovable y su alternativa fósil. En Chile, la GIZ y CORFO están impulsando estudios para evaluar un mecanismo CfD nacional, cuyo proyecto de ley se espera sea ingresado al Congreso durante 2025 (CORFO, 2025).

- **Costos Operativos y de Producción:** Los costos operativos continúan siendo una barrera estructural para la competitividad del hidrógeno renovable en Chile. De acuerdo con *Hinicio (2021)* y *Ministerio de Energía (2023)*, el costo total de producción del hidrógeno renovable se sitúa actualmente entre USD 3 y 5 por kilogramo, y el 70 % de ese valor corresponde al costo de la electricidad renovable utilizada en la electrólisis.
  La reducción de estos costos depende de la disminución progresiva del precio de la energía solar y eólica, de la implementación de economías de escala y de la automatización de procesos en plantas de producción. En este sentido, las iniciativas impulsadas por CORFO, como la fabricación local de electrolizadores y los centros tecnológicos en Magallanes y Biobío, buscan fortalecer la cadena de suministro nacional y aumentar la eficiencia operativa, factores clave para lograr costos competitivos internacionales hacia 2030.
  No obstante, la volatilidad del mercado energético global y la falta de contratos de suministro eléctrico estables continúan afectando la rentabilidad de los proyectos, subrayando la necesidad de integrar políticas energéticas, industriales y financieras bajo una estrategia coherente de transición renovable.

5.3 Barreras Regulatorias

- Marco Regulatorio en Desarrollo: Aunque Chile ha avanzado en la creación de un marco regulatorio para el hidrógeno renovable, aún existen áreas que requieren mayor claridad y definición. Por ejemplo, según el *Plan de Acción H2V 2023-2030* del Ministerio de Energía (2024), las normas específicas para el transporte de hidrógeno por ductos pueden incrementar los costos de permisos hasta en un 15%, en comparación con proyectos tradicionales de gas.

  Adicionalmente, el Plan de Trabajo de Regulaciones Habilitantes para el Desarrollo de la Industria de Hidrógeno en Chile 2024–2030, presentado en septiembre de 2023, identifica diversas barreras regulatorias y modificaciones necesarias para habilitar y acelerar la industria del H2V. Dentro de las principales áreas, se encuentran aspectos de seguridad y normas técnicas específicas, como el desarrollo de un reglamento para instalaciones de hidrógeno, normas de calidad para su producción y transporte, y la regulación para estaciones de dispensado. En términos de transporte y distribución, se requiere actualizar el DS 280/09 del MINECON, que regula la mezcla (*blending*) de hidrógeno con gas natural, además de establecer criterios para instalaciones interiores y medidores de gas.

  Otro aspecto clave para el desarrollo de la industria del hidrógeno renovable en Chile es la certificación de origen y calidad del hidrógeno, junto con la integración regulatoria del hidrógeno al sistema energético nacional. Actualmente, se propone avanzar hacia un sistema de certificación alineado con estándares internacionales, tales como el CertifHy de la Unión Europea y la ISO 14687:2019, que establecen criterios para garantizar la trazabilidad, intensidad de carbono y pureza del hidrógeno utilizado en aplicaciones industriales y de transporte. En paralelo, se evalúa la creación de un reglamento específico para la mezcla de gas natural con hidrógeno, orientado a resguardar la seguridad de redes y la calidad del suministro energético.

  Asimismo, la integración del hidrógeno en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) requiere modificaciones normativas, entre ellas una actualización de la Ley General de Servicios Eléctricos y ajustes al Decreto Supremo N.º 125/2017 del Ministerio de Energía, que regula los sistemas de generación-consumo y no contempla explícitamente el uso de hidrógeno renovable en su estructura técnica y tarifaria.

  En este contexto, el Proyecto RH_2 Chile, impulsado por la Team Europe Initiative y GIZ, ha desarrollado propuestas técnicas y metodológicas para avanzar en la armonización de estándares de certificación, esquemas de trazabilidad y modelos regulatorios compatibles con la UE. Entre sus líneas de trabajo destacan el análisis comparado de sistemas de garantías de origen y la definición de requisitos para la exportación de hidrógeno renovable chileno hacia Europa, contribuyendo directamente a la construcción de un

marco regulatorio robusto y alineado con las exigencias internacionales.

El desarrollo de la industria también requiere mecanismos de coordinación y gobernanza más efectivos. Se plantea la creación de mesas técnicas público-privadas para facilitar la articulación entre actores clave y mejorar la planificación estratégica del sector. A esto se suman desafíos en salud, seguridad y medioambiente, donde es necesario actualizar el DS 43/15 del MINSAL, que regula el almacenamiento de sustancias peligrosas, para incluir criterios específicos para el hidrógeno renovable, así como modificar el DS 594/99 del MINSAL para establecer condiciones de seguridad en instalaciones industriales que lo utilicen.

Estos ajustes normativos son fundamentales para otorgar un marco jurídico para los inversionistas y permitir la expansión ordenada y segura de la industria del hidrógeno renovable en Chile.

- **Evaluación de Impacto Ambiental:** Según el documento "Criterio de Evaluación en el SEIA: Introducción a Proyectos de Hidrógeno Renovable" (SEA, 2023), la ausencia de una tipología específica para proyectos de hidrógeno renovable en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ha generado demoras significativas en los procesos de evaluación. Se estima que los tiempos de aprobación se extienden hasta un 30 % más que en proyectos convencionales, y que los costos administrativos aumentan cerca de un 20 %, debido a la necesidad de adaptar los proyectos a categorías ambientales existentes, como energía o infraestructura industrial, que no reflejan adecuadamente las particularidades del hidrógeno renovable.
  A esta limitación normativa se suma una brecha de capacidades técnicas en los equipos evaluadores del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), especialmente en materias como riesgos tecnológicos, manejo de amoníaco, emisiones fugitivas y compatibilidad con ecosistemas sensibles. Esta falta de experiencia ha dificultado la estandarización de los criterios de revisión y la coherencia técnica entre regiones, representando una barrera adicional para la tramitación oportuna de los proyectos.
  En este ámbito, el Proyecto RH_2 Chile, coordinado por la GIZ y la Team Europe Initiative, ha desempeñado un rol clave en fortalecer las capacidades técnicas del SEA y otros organismos con competencia ambiental. A través de talleres de formación, guías de evaluación y asistencia técnica, el proyecto ha contribuido a desarrollar un marco metodológico común para la evaluación de proyectos de hidrógeno renovable, incluyendo el uso de líneas de base públicas ambientales, monitoreo satelital (Copernicus) y buenas prácticas de gestión de riesgo industrial. Estos avances representan un paso significativo hacia una evaluación ambiental más ágil, consistente y basada en evidencia científica, alineada con los estándares internacionales.

5.4 Barreras Sociales

- **Aceptación Comunitaria y Conflictos de Uso de Recursos:** La aceptación social es crucial para el desarrollo de proyectos de hidrógeno renovable. El documento "Cuantificación del encadenamiento industrial y laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile " (2020) destaca que, en la Región de Antofagasta, la resistencia comunitaria debido al uso intensivo de agua puede retrasar proyectos hasta 2 años y generar costos adicionales de hasta $10 millones de dólares por consultas y negociaciones comunitarias.

- **Percepción de Impactos Ambientales:** La magnitud y escala de algunos proyectos, además de la ubicación específica de algunos de estos, genera preocupación sobre el impacto que estos pueden tener en el medioambiente, la biodiversidad y el acceso al agua. En particular, en el caso de Magallanes, uno de los temas más recurrentes es el efecto que los aerogeneradores pueden tener en aves migratorias que están catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción. Por ejemplo, el caso particular del Canquén Colorado (chloephaga rubidiceps). Gran parte de los esfuerzos de las empresas desarrolladoras de proyectos han ido en la línea de establecer a nivel de línea base cómo sus proyectos tienen impactos muy limitados sobre estas especies, a partir del uso de radares y otras nuevas tecnologías. Sin embargo, grupos ambientalistas desconfían y han realizado campañas de oposición a los proyectos.

- **Desarrollo de Infraestructura Logística:** Existe consciencia de la necesidad de minimizar el desarrollo de infraestructura logística que pueda generar impactos ambientales y sociales en la población cercana a los proyectos. Desde ese punto de vista, la posibilidad de contar con infraestructura pública y/o privada de uso compartido entre distintos proyectos es vista como un bien deseable, al reducir duplicidades, presión territorial y emisiones asociadas a transporte y construcción.
  Sin embargo, la coordinación entre los distintos actores se ve dificultada por aspectos asociados a la regulación y por la forma en que los proyectos son presentados y evaluados dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEA), lo que impide un enfoque integrado de planificación territorial.
  En el caso particular de Magallanes, en diciembre de 2024 se publicó el estudio “Plan de Desarrollo Logístico de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena”, elaborado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) en coordinación con los ministerios de Energía, Obras Públicas y Transportes y Telecomunicaciones[1].
  El documento aborda las necesidades de infraestructura portuaria, vial y de conectividad necesarias para soportar el crecimiento de la industria del hidrógeno renovable en la

[1] https://logistica.mtt.cl/wp-content/uploads/2024/12/Documento-Plan-Desarrollo-Logistico-Magallanes-COMPLETO.pdf

región, identificando corredores prioritarios, puntos de congestión logística y alternativas de desarrollo sostenible.Asimismo, el estudio se complementa con acciones impulsadas por el Proyecto RH_2 Chile, que ha promovido instancias de diálogo territorial, asistencia técnica y análisis de compatibilidad entre infraestructura energética y social, contribuyendo a orientar la planificación logística hacia modelos de menor impacto y mayor coordinación público-privada.

- **Impacto social de la llegada de nuevos trabajadores:** Una de las principales preocupaciones de las comunidades aledañas a los proyectos es la instalación de grandes campamentos que alojen al personal que participará en la construcción y operación de estos. Teniendo como referencia lo sucedido en la gran minería de cobre, existe temor de que el sistema de turnos traiga consigo el aumento de casos de delincuencia, alcoholismo, prostitución, etc. en zonas que históricamente han sido tranquilas. Es un aspecto clave la forma en que los proyectos desarrollan sus actividades de vinculación con las comunidades, permitiendo aprovechar oportunidades, pero también haciéndose cargo de forma proactiva de estas posibles externalidades negativas y sus impactos locales.

5.5 Desafíos y Brechas en Infraestructura Portuaria y de Transporte de la Industria del H2V por Región en Chile

El desarrollo de la industria del hidrógeno renovable en Chile enfrenta múltiples desafíos en cuanto a infraestructura portuaria y transporte, especialmente cuando se trata de manejar y exportar grandes volúmenes de hidrógeno renovable y sus derivados de manera eficiente y competitiva. A continuación, se analizan estos desafíos por región, considerando datos específicos de los documentos proporcionados.

5.5.1 Región de Antofagasta

a) Infraestructura Portuaria

El informe *Capacidades Portuarias 2023* destaca que el Puerto de Mejillones maneja aproximadamente 14 millones de toneladas de carga anualmente, con una ocupación superior al

65%, pero carece de instalaciones especializadas para el manejo de hidrógeno renovable y sus derivados. Según el estudio *Comercio de Hidrógeno verde* de Engie Impact/Tractebel (2021), para alcanzar los niveles de exportación proyectados se necesitarían inversiones entre 80 y 100 millones de dólares en la construcción de nuevas terminales y la ampliación de instalaciones existentes, incluyendo sistemas de almacenamiento de hidrógeno y amoníaco.

b) Transporte y Logística

El *Informe Mercado de Hidrógeno verde en Chile* (2019) menciona la necesidad de una red de ductos de aproximadamente 200 km para conectar las zonas de producción con los puertos de exportación, con un costo estimado de USD 350 millones. Adicionalmente, el *Plan Maestro Logístico Macrozona Norte* (2019) estima una inversión de USD 100 millones para mejorar la infraestructura vial y ferroviaria, asegurando una logística eficiente para el transporte de hidrógeno renovable.

c) Suministro de Agua

El déficit hídrico en la región es significativo, con una demanda que supera en un 20% la oferta disponible. Para mitigar este déficit, se requieren plantas desaladoras con una capacidad combinada de 2.000 litros por segundo, lo que implica una inversión total de USD 350 millones.

5.5.2 Región de Magallanes

d) Infraestructura Portuaria

El Estudio de Competitividad Regional (2023) indica que el Puerto de Punta Arenas, administrado por la Empresa Portuaria Austral (EPA), moviliza cerca de 1,5 millones de toneladas de carga al año, pero no cuenta aún con infraestructura para el manejo o exportación de hidrógeno renovable. Adaptar sus instalaciones requeriría una inversión aproximada de USD 100 millones para desarrollar una terminal especializada y sistemas de seguridad.

En enero de 2025, la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y la belga Fluxys firmaron un MoU para evaluar el desarrollo conjunto de infraestructura portuaria y de transporte de hidrógeno y amoníaco en el Terminal Bahía Laredo (Fluxys, 2025), aprovechando la experiencia europea de Fluxys y la capacidad operativa de ENAP.
Actualmente operan tres puntos estratégicos: el Puerto de Punta Arenas (EPA, multipropósito), el Terminal Bahía Laredo (industrial de ENAP) y el Muelle Mardones, en refuerzo estructural para operaciones de gran escala (Mundo Marítimo, 2024).

e) Transporte y Logística

El Informe de Siemens Energy (2023) estima la necesidad de construir 150 km de ductos para conectar plantas productoras con terminales portuarios, con un costo de USD 250 millones. La ubicación remota de Magallanes eleva los costos logísticos en torno a un 30 % respecto de otras regiones, afectando la competitividad del hidrógeno exportable.

El acuerdo ENAP–Fluxys incorpora la evaluación de una red integrada de transporte desde los polos productivos hacia Bahía Laredo bajo estándares de seguridad europeos. Además, el Proyecto RH_2 Chile, junto con GIZ y la Team Europe Initiative, impulsa propuestas de infraestructura compartida entre proyectos y planificación logística sostenible para reducir impactos sociales y duplicidades.

f) Suministro de Agua

El documento Línea Base de Recursos Hídricos de Magallanes (2024) advierte que cerca del 50 % de las cuencas podría enfrentar brechas hídricas críticas hacia 2030 debido a la variabilidad climática (DGA, 2024). Aunque la región dispone de fuentes naturales abundantes, su dispersión geográfica y restricciones ambientales dificultan el acceso a volúmenes industriales.

Los proyectos en evaluación consideran desalinización y reúso de aguas tratadas, opciones que pueden aumentar el costo del hidrógeno en hasta un 10–12 % (Ministerio de Energía, 2024). En este ámbito, el Proyecto RH_2 Chile y Copernicus desarrollan herramientas de monitoreo hídrico y eficiencia en uso de agua para apoyar la localización sostenible de futuras plantas de producción.

5.5.3 Región del Biobío

e) Infraestructura Portuaria

El **Puerto de San Vicente** maneja **10 millones de toneladas de carga anualmente**, pero solo el **5% de esta capacidad** podría adaptarse para hidrógeno renovable. Se estima que se necesitarían **USD 120 millones** para desarrollar instalaciones específicas para la exportación de H_2V.

f) Transporte y Logística

La ausencia de una **red de ductos adecuada** es una brecha clave. Según el *Plan Maestro Logístico Macrozona Norte* (2019), se estima una inversión de **USD 200 millones** para construir **150 km de ductos** que conecten las plantas de producción con los puertos.

5.5.4 Región de Atacama

i) Infraestructura Portuaria

El **Puerto de Caldera** maneja **3,5 millones de toneladas de carga anualmente**, pero no tiene capacidad específica para el hidrógeno renovable. Se estima que se requieren **USD 70 millones** para adaptar el puerto y permitir el manejo seguro de hidrógeno y sus derivados.

j) Suministro de Agua

Atacama enfrenta una escasez de agua crítica, con una demanda que supera la oferta en un 30%. Para sostener la producción de hidrógeno renovable, se requiere la construcción de plantas desaladoras con una capacidad combinada de 1.500 litros por segundo, con un costo estimado de USD 100 millones.

5.5.5 Región de Valparaíso

k) Infraestructura Portuaria

La infraestructura portuaria de la Región de Valparaíso continúa orientada principalmente al movimiento de carga convencional, hidrocarburos y gas natural, sin contar aún con instalaciones especializadas para el manejo o exportación de hidrógeno renovable. El Proyecto Hidrógeno Renovable Bahía Quintero, aprobado ambientalmente en 2023, prevé la producción de 1.600 toneladas de H_2 por año para clientes industriales locales (Ministerio de Energía, 2023). Sin embargo, GNL Quintero ha reajustado su ambición productiva, concentrándose en una fase piloto de menor escala, enfocada en demostrar viabilidad técnica y generar experiencia operativa antes de una expansión comercial (GNL Quintero, 2024).

Por otro lado, el Puerto de San Antonio, actualmente en proceso de expansión con el proyecto Puerto Exterior, podría transformarse en el principal nodo logístico nacional para la exportación futura de hidrógeno renovable y sus derivados. Aunque el diseño actual no incorpora infraestructura específica para hidrógeno, los estudios del Ministerio de Transportes y la Empresa Portuaria San Antonio (EPSA) reconocen la posibilidad de integrar capacidades de carga limpia en etapas posteriores, particularmente si la demanda industrial o internacional lo justifica (MOP, 2024).

l) Transporte y Logística

La red logística de Valparaíso enfrenta limitaciones para el transporte seguro y eficiente de hidrógeno renovable. Las rutas terrestres hacia los polos industriales del litoral central (Quintero–Concón–Ventanas) presentan congestión y restricciones de seguridad, mientras que la infraestructura ferroviaria disponible no está acondicionada para materiales energéticos de alta presión. Se requiere la implementación de protocolos de transporte especializados, rutas segregadas y sistemas de monitoreo continuo, especialmente en áreas urbanas.

La región dispone, sin embargo, de una ventaja comparativa: su proximidad a los grandes centros de consumo energético del país, lo que favorece la distribución regional del hidrógeno producido y su eventual conexión con corredores logísticos hacia Santiago y San Antonio.

m) Brechas Identificadas

Las principales brechas detectadas en Valparaíso se concentran en:

- Falta de infraestructura portuaria especializada, como tanques criogénicos, sistemas de bunkering para naves renovables y equipos de carga segura para amoníaco o hidrógeno líquido.

- Ausencia de terminales multipropósito adaptables al hidrógeno renovable, salvo potenciales ajustes futuros en San Antonio.

- Limitada capacidad de almacenamiento y distribución, lo que restringe la respuesta frente a una eventual expansión de la demanda.

Para avanzar hacia una cadena de suministro integrada, se recomienda desarrollar una red logística eficiente y flexible que conecte los puntos de producción (Quintero, Concón) con los centros industriales y portuarios (Valparaíso, San Antonio), junto con la implementación de un plan regional de infraestructura renovable que incorpore criterios de seguridad, sostenibilidad y coordinación interinstitucional, alineado con el Plan Nacional de Hidrógeno Renovable 2023–2030.

5.6 Desafíos y Brechas en Transmisión Eléctrica y Almacenamiento de Energía para la Industria de H2V en Chile

El desarrollo de la industria del H2V requiere grandes volúmenes de electricidad renovable, principalmente de fuentes eólicas y solares, principalmente. Sin embargo, la infraestructura actual de transmisión y almacenamiento enfrenta desafíos que deben ser abordados para garantizar la competitividad del país como exportador de H2V y derivados.

5.6.1 Desafíos en Transmisión Eléctrica

Capacidad y Expansión de la Red

- El sistema de transmisión actual (Sistema Eléctrico Nacional – SEN y sistemas regionales de Aysén y Magallanes), no están diseñados para manejar la magnitud de generación de energía renovable que se proyecta para el H2V. Las brechas específicas que se identifican son:Limitaciones en líneas de transmisión en zonas claves como Antofagasta, Atacama y Magallanes, derivando en congestión y sobrecostos.
- Falta de infraestructura de transmisión dedicada, aunque eso es un desafío propio de los respectivos proyectos.
- Largos tiempos de aprobación y construcción de líneas de transmisión (en promedio entre 7 y 10 años). Esto genera un desfase entre la instalación de la capacidad de producción de energía y la de transportarla.

Posibles soluciones:

- Acelerar la expansión de los sistemas de transmisión con nuevas líneas dedicadas para H2V.
- Implementación de Smart grids para optimizar la gestión de demanda y oferta, dada sus características intermitentes.

5.6.2 Desafíos en Almacenamiento de Energía

- El almacenamiento de energía es esencial para mitigar los problemas de intermitencia de las energías renovables y asegurar un suministro estable a las plantas electrolizadoras. Los siguientes desafíos se observan:
- Falta de Infraestructura de Almacenamiento
- Baja penetración de baterías de gran escala en Chile, y que sirvan como respaldo para la producción de H2V. Al respecto, en abril 2024, se inauguró BESS Coya en la comuna de María Elena, siendo el sistema de almacenamiento de energía base a baterías más grande de América Latina con una capacidad de almacenamiento de 638 MWh y 139 MW de capacidad instalada.
- Ausencia de plantes de almacenamiento con H2V o amoníaco para gestionar demanda energética.
-

Posibles soluciones:

- Incentivos para proyectos de almacenamiento en baterías de larga duración, a través de líneas de financiamiento específicas.
- Evaluar la realización de estudios sobre almacenamiento de hidrógeno en cavernas de sal, tecnología usada en Alemania, Países Bajos y EE.UU. que podría replicarse en Chile.
- Desarrollar modelos híbridos de almacenamiento, combinando hidrógeno, baterías y almacenamiento térmico para entregar un perfil operativo flexible.

6 Incentivos Financieros para el Hidrógeno Renovable en la Cadena de Valor e Infraestructura en Chile

6.1 Producción de Hidrógeno Renovable

- **Fondos de Incentivos Públicos (CORFO):**

- Cadena de Valor: Producción

  o Financiamiento:

Instalación de Electrolizadores y Plantas de Producción:

Los incentivos de CORFO están diseñados para financiar la instalación de electrolizadores y plantas integradas de producción, claves para convertir electricidad renovable en hidrógeno renovable mediante electrólisis. Este apoyo busca reducir los altos costos iniciales de infraestructura, derivados del precio de los equipos, la instalación y la interconexión eléctrica.

Actualmente se destacan cuatro instrumentos principales:

- Convocatoria de Electrolizadores (2024): en etapa de due diligence, con un subsidio total estimado de USD 25 millones, cofinanciado por la GIZ y la Team Europe Initiative RH_2 Chile.

- Convocatoria de Sistemas Eólicos (2023): apoyo a entre 5 y 6 proyectos que integren energía eólica y electrólisis. Se encuentra en ejecución, aunque con retrasos en adjudicación y evaluación técnica.

- Programa H_2 Biobío (2024): financia proyectos industriales con hasta 5 millones de euros por iniciativa, enfocados en aplicaciones locales y fortalecimiento de proveedores regionales.

- Crédito Renovable CORFO (2022–actualidad): línea de financiamiento para tecnologías limpias y eficiencia energética, aplicable a inversiones en hidrógeno renovable y descarbonización industrial.

o Infraestructura Asociada:

Plantas de Electrólisis y Equipos de Generación de Energía Renovable:

La construcción de plantas que integren energía solar o eólica con sistemas de electrólisis requiere inversiones considerables. CORFO, a través de sus programas de inversión renovable, financia parcialmente estas infraestructuras, buscando garantizar una producción estable y competitiva.

Además, se encuentra en proceso de creación el Fondo H_2 Renovable Chile, cofinanciado por KfW (100 millones de euros) y la Unión Europea (16,5 millones de euros). Este instrumento apunta a apalancar capital privado y reducir el riesgo financiero de proyectos en fases tempranas.

A octubre de 2025, el fondo aún no se encuentra operativo, pendiente de la definición de mecanismos de gobernanza y aprobación final de los acuerdos con KfW y el Banco Europeo de Inversiones (EIB).

o Ejemplo Existente:

CORFO ha comprometido USD 50 millones en subsidios reembolsables a seis proyectos piloto distribuidos en cuatro regiones del país. No obstante, solo uno habría cumplido plenamente las condiciones técnicas para acceder al financiamiento, lo que refleja los desafíos administrativos y regulatorios en las etapas iniciales de la industria (CORFO, 2024).

• Apoyo del Banco Europeo de Inversiones (EIB) en la Cadena de Valor:

El Banco Europeo de Inversiones (EIB) y la KfW alemana son actores clave en el financiamiento internacional de la transición energética chilena.

El EIB, aunque no cuenta aún con proyectos de hidrógeno renovable específicos en Chile, participa indirectamente mediante el financiamiento de infraestructura renovable y redes eléctricas, como el préstamo de EUR 100 millones a ENEL Green Power Chile (2023) para expandir la capacidad de energías limpias, elemento base para la producción de hidrógeno renovable.

A nivel latinoamericano, el EIB ha financiado proyectos de hidrógeno en Brasil, Colombia y Uruguay, orientados al desarrollo de infraestructura portuaria, de transporte y almacenamiento (EIB, 2024).

En Chile, el EIB colabora con KfW y CORFO en la estructuración del Fondo H_2 Renovable Chile, dentro de la Team Europe Initiative – Renewable Hydrogen Chile (RH_2 Chile), con un enfoque en financiamiento renovable y garantías de inversión.

1. Financiamiento de Infraestructura de Producción y Almacenamiento:

El EIB proporciona préstamos de largo plazo con tasas preferenciales para proyectos de energía renovable, aplicables a:

- Plantas de electrólisis alimentadas con energía solar o eólica.
- Sistemas de almacenamiento y transporte de hidrógeno y amoníaco renovable.
- Infraestructura logística y de exportación, incluyendo terminales portuarios y ductos regionales.

2. Infraestructura Asociada al Desarrollo del Hidrógeno Renovable:

El banco promueve la cofinanciación de infraestructura crítica, con especial interés en:

- Electrolizadores de gran escala.
- Redes de distribución en zonas industriales como Antofagasta y Magallanes.
- Desarrollo tecnológico y criterios de certificación de trazabilidad y seguridad.

3. Ejemplo de Apoyo del EIB en Chile:

El EIB ha colaborado en financiamiento de proyectos de infraestructura energética sostenible junto al gobierno de Chile y actores privados, aplicando mecanismos de financiamiento renovable similares a los utilizados en Europa.

A nivel nacional, el préstamo a ENEL Green Power Chile (2023) se considera un caso representativo de su enfoque hacia energías renovables habilitantes, mientras que el apoyo estructural a CORFO y KfW apunta a crear un entorno financiero robusto para la industria del hidrógeno.

6.2 Almacenamiento y Transporte de Hidrógeno Renovable

- **Incentivos Tributarios y Subsidios para Desarrollo Tecnológico:**

  - **Cadena de Valor: Almacenamiento y Transporte**

  - **Necesidad de Incentivos:**

    - **Reducción de Costos en Almacenamiento y Transporte:** Incentivos tributarios y subsidios se utilizan para financiar el desarrollo y la adopción de tecnologías de almacenamiento (como tanques de hidrógeno líquido o comprimido) y métodos de transporte seguro (como redes de ductos, tuberías de alta presión y sistemas de transporte marítimo).

  - **Infraestructura Asociada:**

    - **Tanques de Almacenamiento, Redes de Ductos y Terminales de Carga:** Estas infraestructuras son necesarias para manejar el hidrógeno de manera eficiente, segura y económica desde los puntos de producción hasta los puntos de consumo o exportación.

  - **Ejemplo Existente:** Exenciones fiscales para proyectos de almacenamiento de energía renovable, que pueden extenderse al hidrógeno renovable, fomentando la inversión en tecnologías avanzadas para su transporte y almacenamiento.

- **Apoyos Directos a la Inversión (Modelo Australia):**

  - **Cadena de Valor: Transporte e Infraestructura Portuaria**

  - **Necesidad de Incentivos:**

    - **Desarrollo de Infraestructura de Transporte Especializado:** Los subsidios directos pueden financiar la construcción de infraestructuras de transporte como ductos para hidrógeno, estaciones de carga para vehículos a hidrógeno, y mejoras en las instalaciones portuarias para su exportación.

  - **Infraestructura Asociada:**

- **Redes de Ductos, Estaciones de Carga de Hidrógeno y Terminales Portuarias Especializadas:** Estas infraestructuras son críticas para garantizar que el hidrógeno renovable producido en Chile pueda ser transportado de manera eficiente y competitiva tanto a nivel nacional como internacional.

  - **Ejemplo Existente:** En 2021, el gobierno de Australia implementó un programa similar que concedió 103,3 millones de AUD en subsidios a proyectos de infraestructura de hidrógeno, un enfoque que Chile podría replicar.

6.3 Distribución y Consumo de Hidrógeno Renovable

- **Iniciativas de Cooperación Internacional (Unión Europea y BID):**

o Cadena de Valor:Distribución y Consumo

o Necesidad de Incentivos:

Creación de Mercados Locales y Regionales:Para consolidar la etapa de distribución y consumo del hidrógeno renovable, se requiere financiar infraestructura de transporte, almacenamiento y estaciones de carga, junto con mecanismos que incentiven la demanda local en sectores industriales, logísticos y de transporte pesado. Estos instrumentos buscan acelerar la adopción de tecnologías limpias y generar demanda estable, condición esencial para la rentabilidad de la producción nacional de H_2V.

o Infraestructura Asociada:

Redes de Distribución, Estaciones de Carga y Facilidades de Exportación: Las "facilidades" aluden principalmente a la Facilidad Financiera de Hidrógeno Renovable (Facility H_2V) implementada por CORFO con apoyo técnico y financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Team Europe Initiative RH_2 Chile.Este instrumento, actualmente en etapa de apertura operacional (2025), tiene por objetivo movilizar inversión privada para la infraestructura de distribución y consumo, incluyendo ductos, estaciones de recarga, terminales logísticos y nodos portuarios.La Facility H_2V funcionará mediante subvenciones combinadas y créditos blandos orientados a proyectos de distribución interregional, movilidad sustentable y exportación de hidrógeno y sus derivados (BID–CORFO, 2025).

o Ejemplo Existente:

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Team Europe Initiative han comprometido fondos y asistencia técnica para el fortalecimiento de la cadena de valor del hidrógeno en Chile.En enero de 2024, el BID firmó con el Ministerio de Hacienda un programa de inversión basado en resultados por hasta USD 400 millones, destinado al desarrollo de infraestructura y adopción de tecnologías limpias, que incluye la implementación de la Facility H_2V (CORFO–BID, 2024).Paralelamente, la Unión Europea apoya la creación de mercados regionales y el desarrollo de capacidades locales a través del Proyecto RH_2 Chile, que busca articular el financiamiento público y privado y generar sinergias entre productores, consumidores y exportadores de hidrógeno renovable

6.4 Investigación y Desarrollo (I+D) en Hidrógeno Renovable

- **Fondos de Innovación y Desarrollo Tecnológico:**
  - **Cadena de Valor: Innovación y Desarrollo Tecnológico**
  - **Necesidad de Incentivos:**

Fomento de Nuevas Tecnologías:
Se requiere financiar proyectos de investigación aplicada e innovación tecnológica que aumenten la eficiencia, reduzcan los costos y mejoren la seguridad en toda la cadena del hidrógeno renovable —desde la producción hasta el consumo final—.
Estos incentivos deben enfocarse en el desarrollo de nuevos materiales para electrolizadores, tecnologías de almacenamiento, combustibles sintéticos y soluciones de digitalización y monitoreo ambiental, que permitan escalar la industria en condiciones de sostenibilidad y trazabilidad.

Fortalecimiento de la Ley I+D:
El Régimen Tributario del Hidrógeno Renovable en Chile reconoce la importancia de ampliar los beneficios fiscales para la innovación tecnológica, fortaleciendo la Ley N.º 20.241 de Incentivo Tributario a la I+D.
Se propone triplicar el umbral superior del crédito tributario, permitiendo que las empresas vinculadas a proyectos de hidrógeno renovable accedan a mayores devoluciones fiscales por inversión en investigación.
Esta medida forma parte del Pacto Fiscal para el Desarrollo y el Bienestar (Gobierno de Chile, 2024), que contempla la modernización de los instrumentos tributarios para alinear la recaudación fiscal con los objetivos de transición energética y descarbonización.

El fortalecimiento de la Ley I+D permitiría aumentar la competitividad de Chile en tecnologías limpias, alineándola con prácticas internacionales que combinan beneficios fiscales, subvenciones y fondos concursables de innovación (BCN, 2023).

o Infraestructura Asociada:
Laboratorios de Investigación, Centros de Innovación y Proyectos Piloto de Nuevas Tecnologías:
Chile requiere una red de infraestructura científica y tecnológica enfocada en hidrógeno renovable, que incluya laboratorios de materiales, bancos de prueba de electrolizadores, simuladores de procesos y centros de validación de tecnologías de transporte y almacenamiento.
Estas instalaciones son esenciales para la transferencia tecnológica y la formación de capital humano avanzado.

o **Ejemplo Existente:**

Aunque aún no existe un fondo exclusivo para I+D en hidrógeno renovable, CORFO y otras entidades públicas impulsan programas bajo el marco del instrumento “Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT)”, orientado a vincular universidades, centros de investigación y empresas.

En noviembre de 2024, CORFO adjudicó a un consorcio liderado por Fundación Chile la creación del Centro Tecnológico para la Innovación en Hidrógeno Renovable, con sede en la Región de Magallanes, priorizado dentro del Programa Transforma Regional H_2V.

El proyecto contempla un subsidio de 6.000 millones de pesos chilenos para un período de seis años, con el objetivo de catalizar la innovación tecnológica y fortalecer el capital humano regional.

El Centro Tecnológico H_2V Magallanes busca impulsar la descarbonización industrial, la eficiencia energética y el desarrollo de nuevos productos y servicios, mediante la cooperación entre el sector público, la industria y la academia.

Un actor estratégico del consorcio es el VTT Technical Research Centre of Finland, que aporta capacidades en electrólisis, modelación de sistemas energéticos y certificación de hidrógeno renovable.

Existen oportunidades adicionales para integrar centros de investigación europeos mediante programas como Horizon Europe y Global Gateway, que ofrecen líneas de financiamiento específicas para proyectos de I+D en transición energética, digitalización y tecnologías del hidrógeno.

7 Recomendaciones

A continuación, se presentan recomendaciones a corto, mediano y largo plazo, considerando que el desarrollo de la industria del Hidrógeno Renovable en Chile depende de factores estratégicos y operativos que se han identificado a lo largo de este documento.

7.1 Corto Plazo---2025- 2030

- **Marco Regulatorio y Normativo:** a nivel gubernamental, desarrollar un marco regulatorio específico para el hidrógeno renovable, que incluya estándares de certificación, criterios de seguridad y regulaciones ambientales que permitan clarificar procedimientos y responsabilidades, establecer estándares internacionales, promover la inversión privada y facilitar la obtención de permisos en regiones estratégicas.

- **Incentivos Financieros:**Potenciar la inserción de incentivos fiscales como créditos tributarios y subsidios específicos para la implementación de tecnologías limpias, que permitan reducir el costo inicial de inversión en proyectos de Hidrógeno Renovable, lo que servirá para atraer capital privado y promovería la expansión de la industria tales como la plataforma de financiamiento de Corfo. Además de, fomentar asociaciones público-privadas para financiar proyectos piloto y demostrar la viabilidad económica del hidrógeno renovable. En cuanto a instituciones internacionales, promover mecanismos de financiamiento internacional para el desarrollo de infraestructura de exportación.

- **Capacitación y Desarrollo de Capital Humano:** Identificar las brechas educativas y de competencias técnicas desde el sector público es esencial para acompañar el desarrollo de la industria del hidrógeno renovable en Chile. Se requiere diseñar programas de formación en colaboración con universidades, centros tecnológicos e institutos técnicos, orientados al desarrollo de habilidades específicas en ingeniería, gestión de proyectos de energía renovable, mantenimiento de plantas de electrólisis y seguridad industrial.

  Además, resulta prioritario fortalecer la difusión y comunicación pública sobre la industria del hidrógeno renovable, asegurando que la gobernanza de los proyectos sea representativa a nivel territorial, e incorpore de manera efectiva a la sociedad civil, sectores productivos locales, organizaciones comunitarias y academia.

  Para avanzar en este ámbito, se recomienda implementar programas de alfabetización energética en la educación media y técnica, siguiendo experiencias piloto como la del Liceo Crisol de Mulchén, que en 2022 incorporó contenidos sobre hidrógeno renovable en su currículum formativo.

  Asimismo, campañas informativas a nivel nacional, lideradas por el Ministerio de Energía,

en conjunto con CORFO y H2 Chile, permitirían aumentar el conocimiento público y la confianza social en torno a esta industria, abordando temáticas como impactos ambientales, seguridad y beneficios económicos locales.

Si bien el proyecto de cooperación AECID (2023–2025), ejecutado en el marco de la Team Europe Initiative RH_2 Chile, ha contribuido a la formación técnica inicial y fortalecimiento institucional, su alcance territorial y temporal es acotado. Por ello, se requiere extender los esfuerzos de capacitación más allá de este proyecto, estableciendo una estrategia nacional permanente de capital humano para el hidrógeno renovable, coordinada entre los ministerios de Energía, Educación, Ciencia y Trabajo, en colaboración con el sector privado y los gobiernos regionales.

- **Diversificación de mercado** En el ámbito logístico, puertos como Mejillones, San Antonio y Punta Arenas están implementando planes piloto para electrificar maquinaria portuaria y reducir el uso de diésel, avanzando hacia corredores marítimos renovables alineados con los compromisos de la OMI. En transporte, destaca el piloto de buses a hidrógeno liderado por Enel X y Metbus con apoyo de CORFO, junto con el desarrollo de camiones mineros a hidrógeno impulsado por Anglo American y Komatsu. En energía, se evalúa su uso en plantas híbridas solar–hidrógeno y sistemas de respaldo para redes aisladas en Magallanes. La identificación de offtakers nacionales e internacionales será determinante para consolidar el mercado. Entre los principales actores nacionales destacan CAP Acero, que explora el uso de hidrógeno en reducción directa del hierro; Codelco y Antofagasta Minerals, en procesos mineros; y Copec y Gasco, en combustibles sintéticos y mezcla con gas natural.

  A nivel internacional, se proyectan mercados en Europa (Alemania, Bélgica, Países Bajos) y Asia (Japón, Corea del Sur), con acuerdos preliminares como los de HIF Global–Porsche y el reciente memorándum ENAP–Fluxys (2025) para exportar combustibles sintéticos desde Magallanes hacia el Puerto de Amberes.

  Se estima que hacia 2030, el mercado interno cubrirá cerca del 25 % de la demanda total, mientras el resto se destinará a exportación, integrando a Chile en los corredores globales del hidrógeno renovable.

7.2 Mediano Plazo: 2030-2040

- **Infraestructura Crítica:** Invertir en la construcción de infraestructura para la producción, almacenamiento, distribución y exportación de hidrógeno renovable. Esto incluye la instalación de plantas de electrólisis de alta capacidad, redes de gasoductos dedicados, y terminales portuarias especializadas para la exportación de hidrógeno y sus derivados. Además, es fundamental desarrollar infraestructura para la desalación de agua, que

proporcionaría una fuente confiable de ésta para los procesos de electrólisis en regiones con brecha hídrica o acceso limitado a fuentes de agua dulce, resguardando estas fuentes para usos prioritarios. A nivel de instituciones internacionales, la facilitación de acuerdos bilaterales para financiar infraestructura crítica en regiones estratégicas también podría acelerar el proceso de instalación de la industria.

- **Desarrollo Regional:** Potenciar polos de producción en regiones estratégicas como Antofagasta, Magallanes y Biobío, donde existen condiciones óptimas para la generación de energía renovable. Fomentar desde el Estado la creación de hubs industriales en estas regiones para atraer inversión extranjera directa y promover el desarrollo local lo que incluya planes de beneficio social para las comunidades involucradas. En la industria química, el hidrógeno renovable podría utilizarse en la producción de amoníaco renovable para fertilizantes, sustituyendo insumos importados con alto impacto. Asimismo, en la industria pesada, el

hidrógeno renovable tiene potencial para reemplazar el uso de combustibles fósiles en la **producción de acero y cemento**, contribuyendo a la reducción de emisiones

- **Cooperación Internacional:** Fortalecer alianzas estratégicas con países líderes en hidrógeno renovable, como Alemania, Japón y Australia, para intercambiar conocimientos técnicos, atraer inversiones y desarrollar tecnologías conjuntas. Facilitar acuerdos comerciales que favorezcan la exportación de hidrógeno chileno a mercados clave.

7.3 Largo Plazo: 2040 en adelante

- **Consolidación de la Capacidad de Producción:** Expandir la capacidad de producción de hidrógeno renovable hasta alcanzar al menos 25 GW de capacidad de electrólisis para 2030, con miras a escalar a 50 GW para 2050. Desarrollar capacidades para la producción de derivados del hidrógeno, como amoníaco y combustibles sintéticos.

- **Diversificación de Mercados:** Diversificar los mercados de exportación más allá de Asia y Europa, explorando oportunidades en América del Norte y África. Alentar el uso de hidrógeno renovable en el mercado interno, priorizando su uso en la descarbonización del transporte, la industria química y la generación de energía. En el ámbito del transporte, , la incorporación de **camiones mineros impulsados por hidrógeno** en faenas mineras, reduciendo las emisiones en el sector extractivo.

- **Investigación y Desarrollo (I+D):** Fomentar la inversión en I+D para mejorar la eficiencia de los procesos de producción, reducir los costos asociados al hidrógeno renovable y desarrollar nuevas aplicaciones industriales. Crear un fondo nacional de innovación para financiar proyectos de investigación aplicada y promover el desarrollo de patentes en tecnologías relacionadas con el hidrógeno.

8 Conclusiones

El análisis de la implementación de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (H2V) y el Plan de Acción 2023-2030 en Chile evidencia que el país posee un alto potencial para consolidarse como un actor clave en la producción y exportación de hidrógeno renovable, gracias a su abundancia de recursos renovables, en particular energía solar y eólica. No obstante, capitalizar estas ventajas requiere superar una serie de desafíos técnicos, regulatorios y financieros.

Uno de los principales hallazgos de este estudio es que el desarrollo de infraestructura crítica es esencial para garantizar el crecimiento sostenido de la industria del hidrógeno renovable. Esto incluye la construcción de plantas de electrólisis de gran capacidad, redes de transporte y almacenamiento, así como la habilitación de terminales portuarias especializadas que faciliten la exportación. Asimismo, la implementación de un marco regulatorio claro y alineado con estándares internacionales es fundamental para atraer inversión privada y pública, reducir la incertidumbre y acelerar la puesta en marcha de proyectos.

Desde una perspectiva económica, es crítico introducir incentivos financieros efectivos que permitan reducir los costos de producción del hidrógeno renovable, fomentando la inversión en infraestructura habilitante y el desarrollo de hubs industriales estratégicos. Además, se identifica como una brecha importante la falta de mecanismos que subsidien el uso de tecnologías limpias, promoviendo así una mayor demanda de hidrógeno renovable.

Otro desafío clave es la falta de capital humano especializado, particularmente en áreas como tecnologías químicas y de almacenamiento de energía. Para abordar esta brecha, se recomienda el desarrollo de programas formativos y técnicos en colaboración con universidades y centros de investigación, permitiendo la formación de una fuerza laboral capacitada para las necesidades del sector. Además, existen oportunidades de transferencia tecnológica y capacitación desde la Unión Europea hacia Chile, pero para materializar estos beneficios es necesario establecer medidas concretas que faciliten dicha colaboración.

La cooperación internacional se presenta como un factor determinante para el éxito de la estrategia de hidrógeno renovable en Chile. Establecer alianzas estratégicas con países líderes en el desarrollo del hidrógeno permitirá compartir conocimientos, atraer inversión extranjera y promover el acceso a mercados globales.

1. Estado de Avance y Ajustes Necesarios para Cumplir los Objetivos 2030 y 2050

En cuanto a los compromisos adquiridos al horizonte 2025, los avances presentan resultados dispares.

Financiamiento: A junio de 2024, se han apalancado USD 25.338 millones en inversiones asociadas a proyectos de hidrógeno renovable en América Latina, superando ampliamente la meta regional de USD 5.000 millones comprometidos para el quinquenio (BID, 2024).

Capacidad de electrólisis: De los 5 GW comprometidos, se registra un avance efectivo de 1,8 GW en proyectos en construcción o etapa avanzada de desarrollo, principalmente en Chile, Brasil y Uruguay (Hydrogen Insights, 2024).

Producción de hidrógeno: En cuanto a la meta de alcanzar 200 kilotoneladas anuales en al menos dos polos de hidrógeno renovable en Chile, el progreso ha sido limitado, alcanzando apenas 200 toneladas anuales en producción piloto durante 2024, correspondientes principalmente al proyecto Haru Oni en Magallanes y a iniciativas demostrativas en Antofagasta y Biobío (Ministerio de Energía, 2024).

Estos datos reflejan que, aunque el financiamiento internacional y regional ha superado las expectativas, aún persisten brechas significativas en la implementación de infraestructura y producción a escala comercial, evidenciando la necesidad de acelerar los procesos de maduración tecnológica y habilitación regulatoria durante 2025.

A nivel calendario y ritmo de avance, los datos indican que Chile enfrenta un riesgo de retraso en el cumplimiento de los objetivos establecidos para 2030, particularmente en la construcción de infraestructura crítica y la producción efectiva de hidrógeno renovable. Si bien las inversiones han aumentado, la baja velocidad de implementación de proyectos, junto con la ausencia de un marco regulatorio consolidado, ha generado incertidumbre en el sector.

Para acelerar el cumplimiento de las metas, se recomienda:

2. Ajustar el marco regulatorio y acelerar la tramitación de permisos ambientales, asegurando que los proyectos estratégicos avancen con plazos claros y previsibles.
3. Aumentar la velocidad de inversión en infraestructura habilitante, priorizando la construcción de redes de transporte y almacenamiento antes de 2027.
4. Definir mecanismos de financiamiento para el consumo interno de hidrógeno renovable, incentivando la demanda local en sectores clave como minería, transporte y generación de energía.
5. Fortalecer la cooperación internacional para garantizar mercados de exportación estables antes de 2030.

Si estos ajustes no se realizan en el corto plazo, Chile podría enfrentar dificultades para cumplir con su meta de 25 GW de capacidad instalada al 2050, reduciendo su competitividad en el mercado global del hidrógeno renovable.

En síntesis, Chile tiene la oportunidad de desempeñar un rol protagónico en la economía del hidrógeno renovable, tanto a nivel regional como global. Sin embargo, para alcanzar esta posición es necesario un enfoque coordinado y estratégico, abordando las barreras identificadas en este análisis. La implementación efectiva de las recomendaciones propuestas permitirá a Chile cumplir con sus objetivos de descarbonización, consolidar su posición en el mercado global de hidrógeno renovable y contribuir de manera significativa a los esfuerzos internacionales de mitigación del cambio climático.

9 Bibliografía

Asociación Peruana de Hidrógeno . (2022). *Elaboración de la Estrategia de Hidrógeno Renovable en el Perú.*

Banco Mundial. (2023).Obtenido de https://www.worldbank.org/en/country/chile/publication/green-hydrogen-to-support-a-green-resilient-and-inclusive-economic-development-in-chile

Banco Mundial. (2023). Obtenido de https://www.worldbank.org/en/news/video/2023/08/11/green-hydrogen-energy-transition-decarbonization-Chile-expert-answers

BCN. (2023). *Régimen tributario del Hidrógeno Renovable en Chile .*

Bhashyam, A. (2023). *2023 Hydrogen Levelized Cost Update.* Cost of capital and inflation take hold. BiblioHacienda. (2023). *Medidas de Impulso al Plan de Acción de Hidrógeno Renovable 2023-2030.*

BID. (2023). *Innovación y desarrollo tecnológico para la cadena de valor del hdrógeno renovable en Chile.*

BID. (2024). *BID.* Obtenido de https://www.iadb.org/es/noticias/bid-y-ministerio-de-hacienda-de-chile-firman-acuerdo-para-desarrollar-la-industria-de

Boese, I., & Soto , I. (2023). *Renewable hydrogen in latin america and the caribbean: oportunities, challenges, and pathways.* LAC Green Hydrogen Action.

Camara Maritima y Portuaria de Chile . (2023). *Informe Inversiones y Eficiencia en Puertos.*

CDE. (2024). *Clúster de Energia (CDE)*. Obtenido de https://4echile.cl/financial-service-assistance/ CDT. (2019). *Hidrógeno renovable Estrategia para el mercado de Hidrógeno renovable en Chile.*

CDT, I-Data. (2019). *Construcción de una Estrategia para el desarrollo del mercado de hidrógeno renovable en Chile a través de Acuerdos Público Privados.*

Central, H. (2023). Obtenido de https://hydrogen-central.com/chile-enap-signs-agreement-six-energy-companies-generate-largest-green-hydrogen-infrastructure-development-in-the-country/

CGEP. (2024). Obtenido de https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/national-hydrogen-strategies-and-roadmap-tracker/

Consejo Nacional de Política Energética. (2022). *Programa Nacional de Hidrógeno Brasil.*

Department for Energy Security & Net Zero. (s.f.). *Hydrogen Strategy Update to the Market: August 2023.*

DF. (2024). Obtenido de https://www.df.cl/empresas/energia/hidrogeno-renovable-corfo-anuncia-para- el-tercer-trimestre-de-este-ano-la

DGA. (2014). *Analisis y sistematización de información Regional para Plan Estratégico para la Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta.*

Dirección de Desarrollo Tecnológico CORFO. (2017). *Aplicación del Hidrógeno al Sector Transporte.*

EEAS. (2023). Obtenido de https://www.eeas.europa.eu/delegations/chile/chilean-government-and-european-union-launch-two-new-cooperation-initiatives-renewable-hydrogen_en?s=192

Escenarios Hídricos 2030. (2024). *Radiografía del agua en Magallanes.*

European Investment Bank. (2024). *Financing Opportunities for Green Hydrogen Projects.*

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2020). *The National Hydrogen Strategy.*

Fondo Monetario Internacional. (2024). *IMF.* Obtenido de https://www.imf.org/es/News/Articles/2024/02/15/cf-making-chiles-economy-more-dynamic-greener-and-inclusive

Foro Económico Mundial. (2023). Obtenido de https://www.weforum.org/agenda/2023/01/how-chile-is-becoming-a-leader-in-renewable-energy/

GIZ, HINICIO Chile. (2020). *Cuantificación del encadenamiento industrial y laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile.*

Gob. (2020). Obtenido de https://www.gob.cl/en/news/chilean-government-presents-national-strategy-convert-chile-global-leader-green-hydrogen/

H2 green steel. (s.f.). *H2 green steel*. Obtenido de https://www.h2greensteel.com/

H2Chile. (2022). Obtenido de https://h2chile.cl/2022/06/en-mulchen-crean-programa-formativo-sobre-hidrogeno-renovable-para-liceos-tecnicos/

Hinicio. (2021). *Recommendations for a Green Hydrogen Certification Scheme in Chile that is compatible with national and international carbon markets.*

Hydrogen Council, & McKinsey & Company. (2023). *Hydrogen Insights 2023.* An update on the state of the global hydrogen economy, with a deep dive into North America.

Hydrogen Interagency Task Force. (2023). *U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap.*

International Energy Agency . (2023). *Global Hydrogen Review 2023.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf

Lorentz, B., Truby, J., Matthes, F., Philip, P., Douguet , S., Shirizadeh, B., . . . Guillon, A. (2023). *Green hydrogen: Energizing the path to net zero. Deloitte´s 2023 global green hydrogen outlook.*

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2022). *Estrategia nacional H2renovable de Costa Rica .*

Ministerio de Bienes Nacionales. (2023). Obtenido de https://www.bienesnacionales.cl/hidrogeno-renovable-bienes-nacionales-tramita-16-proyectos-en-terrenos-fiscales/

Ministerio de Economía. (2024). Obtenido de https://www.economia.gob.cl/2024/05/17/hidrogeno-renovable-corfo-abre-llamado-para-impulsar-fabricacion-de-electrolizadores-en-chile-y-anuncia-centro-tecnologico-en-magallanes.htm

Ministerio de Energía. (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Renovable.* Obtenido de https://www.chileagenda2030.gob.cl/iniciativas/31/documento/estrategia_nacional_de_hidrogeno_renovable_-_chile.pdf

Ministerio de Energía. (2021). *Chile firma MOU con dos puertos estratégicos de Europa para fomentar la producción de hidrógeno renovable.* Obtenido de https://energia.gob.cl/noticias/nacional/chile-firma-mou-con-dos-puertos-estrategicos-de-europa-para-fomentar-la-produccion-de-hidrogeno-renovable

Ministerio de Energía. (2021). Política Energética Nacional. Mesa Temática 3. Energías limpias y cambio climático.

Ministerio de Energía. (2021). *Sobre eficiencia energética.*

Ministerio de Energía. (2023). Obtenido de https://energia.gob.cl/noticias/magallanes-y-de-la-antartica-chilena/umag-presenta-estudio-que-evalua-las-brechas-y-estrategias-en-la-formacion-del-capital-humano-para-la-industria-del-hidrogeno-renovable

Ministerio de Energía. (2024). *Aprueba reglamento de seguridad de instalaciones de hidrógeno e introduce modificaciones al reglamento de instaladores de gas.*

Ministerio de Energía. (2024). *Explorador de Hidrógeno Renovable: ya está disponible una de las Primeras Medidas del Plan de Acción de H2V.* Obtenido de https://energia.gob.cl/noticias/nacional/explorador-de-hidrogeno-renovable-ya-esta-disponible-una-de-las-primeras-medidas-del-plan-de-accion-de-h2v

Ministerio de Energía. (2024). *Plan de Acción Hidrógeno Renovable 2023-2030.* Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan_de_accion_hidrogeno_renovable_ 2023-2030.pdf

Ministerio de Hacienda. (2023). *Hacienda*.

Ministério de Minas e Energia. (2021). *Programa Naciona do Hidrogenio (PNH2).*

Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable de Colombia.*

Ministerio de Relaciones Exteriores. (2023). *chile.gob.* Obtenido de https://www.chile.gob.cl/hamburgo/noticias/chile-firma-acuerdo-con-el-puerto-mas-grande-de-alemania-para-exportar

Ministerio de Transición Ecologica. (2020). *Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France.*

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (2019). *Plan Maestro Logistico Macrozona Norte.*

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2023). *Fija requisitos dimensionales y funcionales a vehículos que presten servicios de locomoción colectiva urbana que indica.*

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Ley 21455. Ley Marco de Cambio Climático.* Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286

Ministerio para la transición Ecológico y el reto demografico. (2020). *Hoja de ruta del hidrógeno.*

MTT. (2022). *Aprueba el reglamento de alamcenamiento de sustancias peligrosas.*

Mundo Marítimo. (2024). Obtenido de https://mundomaritimo.cl/noticias/empresa-portuaria-austral-reforzara-muelle-mardones-para-apoyar-los-proyectos-de-hidrogeno-renovable-en-el- extremo-sur-de-chile

OECD. (2016). *Ports Policy Review of.*

Programa de Desarrollo Logístico - Subsecretaría de Transportes. (2023). *Politica Nacional Logistica Portuaria.*

Secretaría de Asuntos Estratégicos. (2023). *Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno.*

SERNAGEOMIN. (2021). *Guía de implementación de pilotos y validación de tecnologías que utilizan hidrógeno como combustible en minería.*

Servicio de Evaluación Ambiental . (2023). *CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA:Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno renovable en el SEIA.*

Team Europe Initiative. (2022). Obtenido de https://teameuroperh2.com/team-europe-initiative-h2r/

United Nations. (2015). *Paris Agreement.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

Wartsila. (2022). *Get ready for sustainable fuels with flexible wärtsilä power plants.* Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.wartsila.com/docs/default-source/energy-docs/technology-products/white-papers/wartsila_sustainablefuels_paper.pdf?sfvrsn=c49c5643_12

Weiss, T., & Koch, T. (2022). *Hydrogen Reality Check: We need hydrogen - But Not for Everything.* Obtenido de https://rmi.org/we-need-hydrogen-but-not-for-everything/

10 Anexos

Anexo 1. Proyecto Potenciales de Implementación de H2V

Nombre del Proyecto	Tipo de Energía	Potencia Involucrada (MW)	Localización	Producción estimada / destino	Año de Inicio de Operaciones	Estado de Ejecución (2025)	¿Incluye construcción de puerto?	¿Incluye desaladoras?
Haru Oni	Eólica	10	Magallanes	eFuels (combustibles sintéticos)	2022	En operación comercial (fase piloto)	Sí	No
HyEx	Solar	1,2 GW	Antofagasta	3.200 t H_2V/año	2025	En desarrollo con aprobación ambiental obtenida	No	No
Antofagasta Mining Energy Renewable (AMER)	Solar	80	Antofagasta	60.000 t e-metanol/año	2025	En desarrollo	No	No
Hidrógeno Renovable Bahía Quintero (HVBQ)	Mixta (eléctrica, red existente)	10	Valparaíso	Producción para consumo industrial local	2026 (proyectado)	En reevaluación; reducción de escala y revisión técnica por baja demanda	No	No
H_2V CAP	No especificada	20	Biobío	1.550 t H_2V/año	2025	En desarrollo (uso en reducción directa de hierro)	No	No
H_2 Magallanes (Total Eren)	Eólica	10.000 MW (aerogeneradores), 8.000 MW (electrólisis)	San Gregorio, Magallanes	Amoníaco y otros derivados de H_2V	2030 (proyectado)	Planeado; en tramitación ambiental (EIA en revisión)	Sí	Sí
Proyecto ENAP Cabo Negro	Eólica	1	Magallanes	H_2 para carga vehicular y uso industrial	2025	En desarrollo con apoyo público-privado	No	No
H_2 Green Mining	Mixta (solar + eólica)	20 (prototipo), 200 (escala completa)	No especificada	7 t H_2/día (prototipo); 70 t/día (escala completa)	Prototipo 2024; escala 2026	Prototipo operativo, escalamiento planificado	No	No

Faro del Sur (HIF – Enel Green Power)	Eólica	240 MW (electrólisis)	Magallanes	25.000 t H_2V/año	Proyectado (2030)	En pausa técnica (2024); reevaluación y nueva etapa de participación SEA 2025	No	No
HDF Energy Chile	No especificada	No especificada	Sur de Chile	No especificada	2024	Planeado	No	No
HNH Energy (Austria Energy)	Renovables (solar + eólica)	~1,4 GW (parque eólico)	Magallanes	270.000 t H_2 → 1.000.000 t NH_3V/año	2030 (proyectado)	En calificación SEIA; adenda en curso (ICsara); inversión US$ 11 mil millones	Sí (puerto multipropósito)	Sí (planta desaladora)
Proyecto HyPro	Solar + Eólica	100	Atacama	H_2 para transporte y generación eléctrica	2025	En desarrollo	No	No
Patagonia H_2 (Gauss Energy)	Eólica	4.000 MW	Magallanes	H_2 y NH_3 para exportación	2028	En planificación técnica; en trámite ambiental inicial	Sí	Sí
Proyecto Cerro Pabellón H_2V (Enel + ENAP)	Geotérmica	25	Antofagasta	H_2 para consumo industrial y transporte	2026	En desarrollo; fase piloto en diseño	No	No
Arica H_2 Plant	Solar	50	Arica	H_2 para aplicaciones locales e industriales	2027	Planificado	No	No