



Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile

Informe final
Julio 2025



Edición:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:
Team Europe para Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsable:
George Cristodorescu

En coordinación:
Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.energia.gob.cl

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción: En trámite.
ISBN: 978-956-8066-69-7. Primera edición digital: julio 2025.

Fotografía e ilustraciones:
© ConceptCafe/Shutterstock.com

Cita:

Título: Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile.
Autor(es): GIZ, Marina Paradelo, Lilian Romero, Cecilia Giralt, Juan Antonio Vera (H2Integra Energía SpA).
Revisión y modificación: H2Integra Energía SpA, Patricio Bastias Ortiz, Pablo Tello Guerra, Isabella Villanueva, Ignacio Soto, Paula González, Daniela Dueñas, Carlos Ebensperguer, Romina Altamirano, Isidora Mardones.
Edición: Patricio Bastias Ortiz.
Santiago de Chile, 2025.
85 Páginas.
Hidrógeno Renovable – Certificación – Sostenibilidad.

Realizado por:



Aclaración:

Esta publicación ha sido preparada por encargo del Proyecto “Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile”, el cual es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK). La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH es una de las agencias implementadoras de la presente iniciativa y el Ministerio de Energía de Chile es la institución contraparte. Sin perjuicio de lo anterior, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK. Santiago de Chile, julio de 2025.

Resumen ejecutivo

El presente estudio tiene como **objetivo general** elaborar una propuesta estratégica para contar con un sistema de certificación de sostenibilidad para hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos en Chile, profundizando en aquellos elementos asociados al esquema de certificación que requiere Chile para cumplir los requisitos de importación que se están discutiendo e implementando en Europa, Japón y República de Corea, aplicados a hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos. Dentro del marco de este objetivo general, este estudio tiene cinco objetivos específicos.

El **primer objetivo específico** consiste en describir los requerimientos incluidos en la normativa de las jurisdicciones de la Unión Europea, el Reino Unido, California, Japón y la República de Corea, identificadas como futuros mercados para el hidrógeno, el amoníaco y los combustibles sintéticos a ser producidos en Chile, que posibiliten su importación como producto cero o bajas emisiones o sostenible. Se toman como referencias adicionales los estándares voluntarios que cubren esos requerimientos y se examina la normativa de Australia y Brasil, identificados como potenciales exportadores, analizando el rol que asume el Estado en la certificación.

Un sistema plenamente operativo requiere el establecimiento de tres elementos: un esquema o estándar con las normas que rigen el sistema; un registro con su plataforma electrónica para inscripción de las instalaciones y emisión de los certificados; y un mercado privado o público en el cual se llevan a cabo transacciones de los certificados emitidos, según reglas de oferta y demanda.

Al establecer un esquema de certificación, sea regulado o voluntario, se deben considerar muchos elementos y decidir entre múltiples opciones, como la definición del hidrógeno y sus características de calidad y pureza, los criterios para establecer las categorías que entran en el esquema (renovable, limpio, bajo en carbono, etc.), las fuentes de producción admisibles para cada categoría, el umbral de reducción de emisiones para la certificación o los llamados “límites del sistema”, es decir los segmentos del ciclo de vida del hidrógeno que se tendrán en cuenta para contabilizar esas emisiones, desde el punto de producción hasta el punto de uso.

El atributo primordial del hidrógeno renovable radica en su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En las primeras secciones de este estudio se analiza el modo en que las metodologías de cálculo de emisiones reflejan las especificidades de la producción de hidrógeno, su cadena de valor y los procesos de conversión en derivados.

Además de la reducción de emisiones, existe una tendencia creciente a incluir en los esquemas de certificación otros atributos de sostenibilidad del hidrógeno, como las dimensiones sociales, la huella hídrica, la eficiencia en el uso del agua y los impactos en la biodiversidad. Se analiza la relevancia acordada al impacto ambiental y la sostenibilidad general de los procesos, identificando tendencias en la normativa, con foco en los desarrollos regulatorios de la Unión Europea por ser los más avanzados en la definición de estándares de cumplimiento obligatorio. Los esquemas de certificación analizados tienen algunos puntos en común, pero también divergencias significativas, que pueden contribuir aún más a la fragmentación del mercado.

El análisis de la regulación para la certificación de hidrógeno de la Unión Europea, el Reino Unido, California, Japón y la República de Corea revela las diferencias de enfoque y grado de desarrollo, sobresaliendo las tres primeras en el establecimiento de estándares robustos y detallados, frente a las dos últimas que aún no han definido una estrategia clara de certificación.

La certificación de los productos derivados de hidrógeno, como amoníaco y combustibles sintéticos, tiene un grado de desarrollo menor que el hidrógeno, a excepción de la Unión Europea, donde son definidos como combustibles renovables de origen no biológico (Renewable Fuels of Non-Biological Origin RFNBO, en inglés) y combustibles de carbono reciclado (Recycled Carbon Fuels RCF, en inglés).

Del análisis de los esquemas voluntarios de certificación surge que algunos organismos, como la organización International Sustainability and Carbon Certification (ISCC¹), han adaptado sus estándares para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de la Unión Europea. Otros, como Bureau Veritas, están desarrollando

esquemas con vocación de aplicación global, con elementos que pueden servir para la certificación en distintas jurisdicciones.

En todo caso, **el reconocimiento de los certificados de sostenibilidad o garantías de origen emitidos en distintas jurisdicciones presenta dificultades**. En principio, los certificados y garantías de origen emitidos por un registro nacional solo tienen validez dentro de la jurisdicción de emisión. El hidrógeno importado de otros países debe lograr el reconocimiento de las entidades responsables de la certificación bajo esas normas locales para certificar su origen. Este reconocimiento se puede obtener si el país de origen también tiene establecido un esquema de certificación regulado y existe un acuerdo de reconocimiento mutuo de las respectivas certificaciones entre los países de origen y destino, o si la certificación de origen se realiza bajo un esquema voluntario reconocido por el país de destino.

Entre los países con potencial de exportación también se advierten diferentes niveles de implicación del Estado y de desarrollo regulatorio para la certificación. El Gobierno de Australia tiene un rol activo y está liderando las acciones para alcanzar un consenso multisectorial acerca del diseño óptimo de un esquema de certificación a nivel nacional. En el caso de Brasil, el esquema de certificación que se ha hecho público no fue impulsado por el Gobierno sino por la Cámara de Comercialización de Energía Eléctrica (CCEE) y opera como un esquema voluntario a nivel nacional.

El **segundo objetivo específico** es describir la regulación y los esquemas de certificación de hidrógeno implementados en las jurisdicciones identificadas, analizando la arquitectura institucional y la transparencia del sistema.

En el estado actual de los mercados de hidrógeno, las acciones gubernamentales para implementar registros de certificados de sostenibilidad todavía son escasas, aun en los países con regulaciones más avanzadas. Solo destacan algunos países europeos, como Alemania, Dinamarca, Países Bajos y España, que están implementando registros de garantías de origen para todas las fuentes renovables en cumplimiento de la obligación que les impone el Artículo 19 de la RED II.

Se destaca que la eficacia de un sistema de certificación depende de su capacidad para lograr la confianza y la aceptación del público. Para alcanzar ese objetivo, sus principios rectores deben ser la transparencia, la objetividad, la eficiencia en la gestión y la no discriminación entre los participantes.

El principio de transparencia debe regir la arquitectura institucional del sistema de certificación. Las experiencias analizadas muestran las buenas prácticas en la gobernanza del registro, destacándose la adopción de políticas de prevención de conflictos de interés, la participación de una amplia base de partes interesadas y el establecimiento de sistemas para detectar y eliminar certificaciones fraudulentas.

La transparencia y la fiabilidad del sistema de certificación depende de que pueda garantizar la trazabilidad de los productos, desde el origen de los insumos y a través de las diferentes etapas de su proceso de producción, transporte y distribución, **asegurando la cadena de custodia a lo largo de su cadena de valor**. El seguimiento de todos los segmentos para poder documentar su trazabilidad exige el tratamiento integrado de una enorme cantidad de datos de naturaleza muy variada. En el caso de los intercambios internacionales, se añade la complejidad del seguimiento y la verificación a través de distintos países y regiones, que requiere la integración de bases de datos dispersas, que pueden tener sistemas incompatibles o sin comunicación. Mediante el uso de tecnologías como *blockchain*, los procesos de seguimiento y verificación de datos para la certificación serán más eficientes, transparentes y seguros.

La mitigación del riesgo de doble contabilidad, tanto en las emisiones como en las reducciones, debe ser una prioridad en el sistema.

Una herramienta fundamental para evitar la doble contabilidad de atributos de la energía es contar con bases de datos robustas y actualizadas en tiempo real, que cuenten con sistemas de comunicación con otras bases de datos con respecto a las cuales existan riesgos de doble contabilidad.

La Base de Datos de la Unión para RFNBO y RCF prevista por la Directiva (UE) 2023/2413ⁱⁱ, conocida como RED III, integrará los datos que se encuentren en las bases de datos nacionales de los Estados miembros y la información que los actores económicos deberán suministrar sobre sus transacciones y las características de sostenibilidad de los RFNBO y los RCF, incluyendo las emisiones de GEI en su ciclo de vida, desde el lugar de producción hasta su entrada en el mercado de la Unión Europea.

El cálculo del mix residual es otra herramienta considerada esencial para mitigar los riesgos de doble contabilidad. La Unión Europea ha desarrollado una metodología de cálculo centralizada para todos los Estados miembros, como parte integral del sistema de seguimiento de los atributos de la energía.

El **tercer objetivo específico** consiste en identificar las brechas existentes en el contexto nacional chileno para cumplir con el estándar de la Unión Europea, Japón y la República de Corea en certificación de hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos sostenibles, para que sean aceptados como productos importados en esa categoría.

El **Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030** traza los lineamientos para el sistema de certificación de sostenibilidad para el hidrógeno, amoníaco y otros combustibles sintéticos en Chile, con foco en los proyectos de exportación. La Línea de Acción 18 de dicho plan (“Apertura de Mercados Internacionales”) contempla dos acciones claves, con sus hitos de realización y sus instituciones responsables. La **Acción 79** implica elaborar una propuesta estratégica de sistema de certificación que garantice el cumplimiento de los requisitos de importación en los destinos claves para Chile (Europa, Japón, República de Corea, entre otros). La **Acción 80** tiene como objetivo fortalecer el Registro Nacional de Energías Renovables (RENOVA) del Coordinador Eléctrico Nacional como plataforma base del sistema de certificación de hidrógeno.

El **análisis del estado del arte de la certificación en Chile** pone de relieve las funciones de RENOVA para certificar el origen renovable de la energía eléctrica, los sistemas existentes para contabilizar emisiones y los actores de los sectores público y privado que son relevantes para la certificación del hidrógeno y sus derivados.

Para que los productos chilenos puedan alcanzar los mercados prioritarios, **el sistema de certificación propuesto para Chile, regulado y voluntario**, debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos por los **estándares de la Unión Europea**, ya que es el **más exigente de los analizados en este estudio**. La adopción de ese esquema permitirá asimismo cumplir con los requisitos exigidos por los mercados de Japón y la República de Corea, con escaso desarrollo actual de las certificaciones.

De esta forma, la propuesta está configurada para responder al mercado más exigente, pero no condiciona el acceso a otros mercados de exportación, siendo un insumo base para que Chile elabore el sistema más conveniente para los intereses del país.

Se identifican los requisitos mínimos que el esquema de certificación debe cumplir y la pertinencia de otros atributos de sostenibilidad, los actores del sistema, sus roles, atribuciones y responsabilidades y su sistema de gobernanza. Sobre la base del análisis realizado, se proponen tres alternativas para la **operación del Registro**, considerando las capacidades existentes. Dentro de cada una de ellas se analizan las **complejidades técnicas y legales para su implementación**, recomendando la opción que presenta mayores ventajas para una implementación eficiente. Asimismo, se propone una arquitectura institucional para el sistema en Chile, identificando las entidades responsables y los apoyos transversales de distintos organismos públicos, sin perjuicio de la estructura de gobernanza del hidrógeno para el Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030.

En el marco del sistema propuesto, se identifican las principales brechas existentes en Chile, destacando las insuficiencias actuales y las necesidades regulatorias. Entre estas últimas, se determinan los principales documentos técnicos, legales y regulatorios necesarios para superar las brechas detectadas.

El **cuarto objetivo específico** es identificar las acciones que se requieren para contar con un sistema de certificación en Chile y poder dar cumplimiento a cada uno de los estándares de la Unión Europea, Japón y

la República de Corea en materia de certificación de hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos cero emisiones o sostenibles.

En ese sentido, la propuesta estratégica implica **avanzar por fases sucesivas**, desde una etapa preparatoria hasta la plena implementación de un sistema de certificación que cumpla con todos los requerimientos de los mercados de exportación. Para ello, se identificaron las acciones necesarias y los organismos involucrados, en una **hoja de ruta alineada con los hitos indicados en el Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030**.

El **quinto objetivo específico** fue divulgar, a través de talleres, los hallazgos relevados durante la primera parte de la consultoría plasmados en el Producto N°3, y sensibilizar así a los actores identificados en el tercer objetivo específico en dichas instancias, respecto de la importancia de la certificación de sostenibilidad para Chile y su rol propuesto. A la vez, se generó el intercambio necesario para ajustar las brechas detectadas, con el fin de mejorar la propuesta inicial reflejada en dicho informe.

A estos fines, se desarrollaron siete talleres con instituciones públicas de Chile que tienen injerencia en la propuesta estratégica, ya sea en forma directa o como apoyo transversal según lo identificado, y un taller con el sector privado. La experiencia recogida en cada taller se documentó y los hallazgos y conclusiones de los mismos fueron recogidos en el presente Producto N°5, ajustando, a partir de ellos, lo pertinente de la propuesta original.

Abreviaturas y glosario

AEA	Ammonia Energy Association - Asociación de Energía de Amoníaco
AIB	Association of Issuing Bodies - Asociación de Organismos Emisores
ASCC	Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático
CARB	California Air Resources Board - Junta de Recursos del Aire de California
CCEE	Cámara de Comercialización de Energía Eléctrica
CCS	Carbon Capture and Storage - Captura y Almacenamiento de Carbono
CCU	Carbon Capture and Use – Captura y Uso de Carbono
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CEPA	California Environmental Protection Agency - Agencia de Protección Medioambiental de California
CHP	Sistemas Combinados de Calor y Energía
CNE	Comisión Nacional de Energía
CO ₂ eq.	Dióxido de Carbono equivalente
CO ₂ eq/MJ	Dióxido de Carbono equivalente por Mega Joule
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
DAC	Direct Air Capture - Captura Directa del Aire
EECS	Sistema Europeo de Certificación Energética
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EU ETS	EU Emissions Trading System - Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea
FCV	Vehículos a Pila de Combustible
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GH2	Green Hydrogen Standard – Estándar de Hidrógeno Verde
GHG Protocol	Greenhouse Gas Protocol - Protocolo de GEI.
GREET	GHG, Regulated Emissions and Energy Use in Technologies - GEI, Emisiones Reguladas y Uso de Energía en Tecnologías
H ₂	Hidrógeno
HYEG	Hydrogen Electricity Grid – Hidrógeno producido por electricidad de red
HYER	Hydrogen Energy Renewable – Hidrógeno producido por electricidad de origen renovable
IEA	International Energy Agency - Agencia Internacional de la Energía
INN	Instituto Nacional de Normalización
IPHE	International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy
I-REC	International REC Standard
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
ISO	International Standard Organización
LCA	Life Cycle Assessment – Análisis de Ciclo de Vida
LCHCS	Low Carbon Hydrogen Certification Scheme- Esquema de Certificación de Hidrógeno Bajo en Carbono
LCHS	Low Carbon Hydrogen Standard- Estándar de Hidrógeno Bajo en Carbono
LHV	Lower Heating Value – Valor Calorífico Inferior
MEN	Ministerio de Energía
METI	Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón

MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MPa	Mega Pascal
MTPS	Ministerio del Trabajo y Previsión Social
MTT	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones
N, N ₂	Nitrógeno
NH ₃	Amoníaco
OEC	Organismo de Evaluación de Conformidad
PAC	Participación Ciudadana
PAS	Permisos Ambientales Sectoriales
PCPI	Proceso de Consulta a Pueblos Indígenas
PPA	Power Purchase Agreement – Contrato de Compraventa de Energía Renovable
RCF	Recycled Carbon Fuel. Combustible de carbono reciclado
REGO	Renewable Energy Guarantees of Origin - Garantías de Origen de Energía Renovable
RFNBO	Renewable Fuel of Non-Biological Origin. Combustible Renovable de Origen no biológico
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SEA (SSMM Aysén)	Sistema Eléctrico de Aysén
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SEM	Sistema Eléctrico de Magallanes
SINEA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SNICHILE	Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero
SNP	Sistema Nacional de Prospectiva
SSMM	Sistemas Medianos
TCES	Transport Chain Elements – Elementos de la Cadena de Transporte
Tm	Tonelada Métrica

Resumen ejecutivo	3
Abreviaturas y glosario	7
Tablas.....	11
Figuras	12
1 Introducción	13
2 Metodología	14
3 Requerimientos para la certificación del hidrógeno y sus derivados em el ámbito internacional	15
3.1 Emisiones de la cadena de valor.....	15
3.1.1 Análisis de ciclo de vida: alcances 1, 2 y 3 de emisiones	15
3.1.2 Hidrógeno	16
3.1.3 Amoníaco.....	17
3.1.4 Combustibles sintéticos (e-fuels).....	18
3.2 Elementos de los esquemas de certificación	18
3.2.1 Atributos y criterios aplicables	18
3.2.2 Criterios de sostenibilidad.....	20
3.3 Análisis de esquemas de certificación regulados en potenciales jurisdicciones importadoras ..	22
3.3.1 Unión Europea	22
3.3.2 Reino Unido	24
3.3.3 California, Estados Unidos	25
3.3.4 Japón	25
3.3.5 República de Corea	26
3.4 Matriz comparativa de requisitos entre los países analizados	28
3.5 Análisis de estándares de certificación voluntarios	29
3.5.1 Esquemas privados y sectoriales	29
3.5.2 Reconocimiento en la Unión Europea y otras jurisdicciones	30
3.5.3 Matriz comparativa de estándares voluntarios	31
3.6 Rol del estado en la potencial exportación de productos	32
3.6.1 Australia	32
3.6.2 Brasil	32
4 Elementos de la implementación de la certificación del hidrógeno y sus derivados en el ámbito internacional	33
4.1 Regulación y acciones estatales.....	33
4.1.1 Arquitectura institucional: roles, atribuciones y responsabilidades	33
4.1.2 Sistemas de gobernanza	35
4.1.3 Registros nacionales – Sistemas regulados.....	35
4.1.4 Reconocimiento recíproco de registros y certificados	36

4.2 Plataformas de mercado	36
4.3 Monitoreo, verificación y reporte (MRV).....	37
4.3.1 Entidades de certificación y auditoria	38
4.4 Transparencia del sistema.....	38
4.4.1 Cadena de custodia y trazabilidad	38
4.4.2 Riesgos de doble contabilidad y mitigaciones.....	40
4.5 Registros de certificados y garantías de origen en distintas jurisdicciones: Unión Europea	41
5 Situación normativa e institucional de la certificación de hidrogeno y sus derivados en Chile ..	43
5.1 Descripción del estado del arte existente	43
5.1.1 Certificación del origen renovable de la electricidad	43
5.1.2 Certificación de emisiones.....	45
5.2 Entidades y actores actuales.....	46
5.3 Identificación de necesidades regulatorias	50
5.3.1 Esquema de certificación.....	50
5.3.2 Actores: roles, atribuciones y responsabilidades	59
5.3.3 Sistema de gobernanza.....	59
5.3.4 Plataformas de operación del registro: alternativas de integración	61
5.3.5 Insuficiencias actuales en el sistema y necesidades regulatorias	64
5.3.6 Diagrama de la estructura de certificación requerida en Chile para cumplir con los estándares analizados.....	68
6 Identificación de acciones para un sistema de certificación de hidrógeno y sus derivados en Chile	71
6.1 Propuesta estratégica para un sistema de certificación	71
6.1.1 Fase I preparatoria (2025-2027) – Creación del esquema de certificación	71
6.1.2 Fase II de consolidación (2027-2028) – Creación del registro y sus órganos de gobernanza	72
6.1.3 Fase III de expansión (2028-2030) – Expansión de funcionalidades del registro	72
6.2 Acciones a implementar y organismos responsables.....	73
6.3 Estimación preliminar de costos para la implementación y operación del sistema de certificación	75
7 Conclusiones.....	78

Tablas

Tabla 1: Elementos de los esquemas de certificación. Fuente: elaboración propia en base a análisis comparativo.	19
Tabla 2: Matriz comparativa de requisitos para el hidrógeno entre los países analizados.	28
Tabla 3: Matriz comparativa de requisitos para el hidrógeno entre los países analizados.	31
Tabla 4: Entidades y actores del sector energía relevantes para el proceso de certificación de hidrógeno y sus derivados.	46
Tabla 5: Entidades y actores del sector medioambiente relevantes para el proceso de certificación de hidrógeno y sus derivados.	47
Tabla 6: Operadores de los sistemas eléctricos en Chile.	48
Tabla 7: Entidades relevantes para el sistema de certificación respecto a los sistemas logísticos y de infraestructura.	49
Tabla 8: Entidades relevantes para el sistema de certificación respecto a los sistemas de gas.	49
Tabla 9: Actores referentes a la certificación de calidad en Chile.	50
Tabla 10: Partes interesadas de la cadena de valor del hidrógeno y derivados.	50
Tabla 11: Sistema de Certificación de CertHiLAC. Elaboración propia, a partir de IBD.	53
Tabla 12: Correlación de atributos de sostenibilidad CertHiLAC y herramientas ambientales en Chile. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 13: Actores del Sistema de Certificación - Roles, funciones y atribuciones. Fuente: elaboración propia.	59
Tabla 14: Evaluación de alternativas de integración para plataforma de registro. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 15: Insuficiencias actuales del sistema general de Chile. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 16: Extensiones o modificaciones del sistema RENOVA. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 17: Necesidades regulatorias y entidades responsables. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 18: Elementos del esquema de certificación de sostenibilidad del hidrógeno y sus derivados en Chile. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 19: Fases del proceso de implementación del sistema de certificación propuesto. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 20: Costos de alta en el Registro y certificación para productores. Fuente: Elaboración propia sobre información del BID.	76
Tabla 21: Lista de precios de CertifHy para el proceso de certificación. Fuente: CertifHy.	77

Figuras

Figura 1: Análisis de ciclo de vida para el hidrógeno ('well-to-gate'). Fuente: elaboración propia.	16
Figura 2: Cadena de valor del hidrógeno y potenciales puntos de entrega. Fuente: elaboración propia a partir de metodología IPHE.....	16
Figura 3: Cadena de valor en el LCA del amoníaco como portador de hidrógeno. Fuente: elaboración propia. ...	17
Figura 4: Esquema de producción de los e-fuels. Fuente: elaboración propia.	18
Figura 5: Funciones, roles y responsabilidades en el sistema de certificación regulado. Fuente: elaboración propia.	34
Figura 6: Roles de un sistema de MRV para la certificación. Fuente: elaboración propia.	37
Figura 7: Ejemplo de pasaporte digital para hidrógeno. Fuente: Point-Twelve Energy.	40
Figura 8: Estructura del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de Chile. Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional.	44
Figura 9: Funcionamiento del sistema RENOVA. Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional.	44
Figura 10: Sistemas Eléctricos en Chile. Fuente: CNE 2025.	48
Figura 11: Cadena de custodia de hidrógeno renovable y derivados. Fuente: elaboración propia.	51
Figura 12: Opción A - RENOVA. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 13: Opción B - Plataforma electrónica de Registro + RENOVA. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 14: Opción C - Plataforma electrónica de Registro + Origen renovable de la electricidad + Plataforma adicional. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 15: Arquitectura institucional propuesta del sistema regulado de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados para Chile. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 16: Fases de implementación del sistema de certificación para Chile. Fuente: Elaboración propia.	75

1 Introducción

En noviembre de 2020 el Gobierno de Chile publicó la “Estrategia Nacional Hidrógeno Verdeⁱⁱⁱ” donde se plantean los desafíos que el país deberá enfrentar para asumir un rol relevante en el cambio de la matriz energética en el mundo dentro de un horizonte que se extiende hacia el año 2050.

En mayo de 2024 el Ministerio de Energía de Chile publicó el “Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030^{iv}”, como resultado de un trabajo participativo a nivel nacional y con la colaboración del Comité Estratégico del plan, contribuyendo de esta forma al despliegue de la industria del hidrógeno y sus derivados. La Línea de Acción 18 “Apertura de Mercados Internacionales” sienta las bases para elaborar una propuesta estratégica que permitirá a Chile contar con un sistema de certificación de sostenibilidad para el hidrógeno, amoníaco y otros combustibles sintéticos.

En términos generales, la certificación es la provisión de una garantía escrita (un certificado) de que un producto, servicio o sistema cumple con requisitos específicos, emitida por un organismo independiente. En el caso particular de la certificación de sostenibilidad, se refiere a la demostración de cumplimiento de ciertos criterios relacionados con los impactos medioambientales, sociales y económicos de ese producto, servicio o sistema.

La certificación de sostenibilidad es clave para viabilizar las inversiones y los proyectos comerciales de hidrógeno y sus derivados, ya que permite demostrar y valorizar sus beneficios medioambientales frente a combustibles alternativos menos sostenibles.

Se espera que en los próximos años la creciente demanda de hidrógeno renovable y bajo en carbono promueva un comercio internacional entre importadores y exportadores de hidrógeno y sus productos derivados. Este incipiente comercio será impulsado inicialmente por centros de demanda en Japón, Corea y Europa, en particular Alemania y satisfecha desde distintas regiones como Australia, América Latina, el Norte de África o el Golfo Pérsico. Esta oferta estaría asociada al transporte en portadores de hidrógeno o derivados, como amoníaco renovable o combustibles sintéticos producidos en los entornos más lejanos a los mercados y el potencial transporte de hidrógeno en fase líquida.

Un requisito fundamental para el desarrollo de ese comercio internacional es que exista un consenso global sobre las definiciones, los atributos y la trazabilidad de origen del hidrógeno y sus derivados, expresadas en un certificado con aceptación y reconocimiento generalizado, que proporcione información clara, precisa y fiable sobre la intensidad de carbono de los productos.

Gobiernos de todo el mundo y distintos actores del sector privado están avanzando en el desarrollo de esquemas de certificación para el hidrógeno y sus derivados. No obstante, estos esquemas suelen responder a distintos objetivos y aplicaciones, por lo cual difieren en muchos aspectos y no existe un estándar consensuado que sea aplicable a nivel global.

El mayor desafío para el desarrollo de un mercado global de hidrógeno y sus derivados radica en alcanzar la armonización de los distintos esquemas de certificación existentes y en desarrollo, de modo que tengan un nivel mínimo de interoperabilidad y permitan el reconocimiento recíproco. Solo así se podrá alcanzar la liquidez del tráfico comercial y evitar la fragmentación de los mercados.

Una dificultad adicional para alcanzar ese objetivo es que los esquemas están sujetos a permanentes cambios, en un esfuerzo para acompañar las necesidades de mercados en formación, de modo que el diseño y la implementación de un sistema de certificación se presenta como un proceso dinámico y en constante transformación.

Por estos motivos, diseñar un sistema de certificación para el hidrógeno y sus derivados que sea robusto, eficaz y fiable requiere no solo reflejar las características intrínsecas de sostenibilidad de los productos, sino también dotar al sistema de flexibilidad para su integración con los futuros cambios regulatorios, las demandas de mercado y las expectativas sociales, tanto globales como relativas a la realidad de Chile.

2 Metodología

Para alcanzar el objetivo central de este informe, se ha realizado una investigación del tratamiento regulatorio y de las tendencias en la certificación de hidrógeno renovable, amoníaco y combustibles sintéticos en el ámbito internacional, identificando y caracterizando las variables claves que están presentes en las jurisdicciones seleccionadas, sus rasgos comunes y sus divergencias.

La investigación realizada permite comprender a fondo los principales desarrollos normativos existentes y las implementaciones en curso en distintos ámbitos internacionales, que pueden actuar como condicionantes (mercados objetivo) o referentes (países con potencial exportador) para el modelo de Chile.

El análisis del estado del arte de la normativa internacional permite caracterizar todas las variables relevantes, identificar ventajas y desventajas y elaborar matrices comparativas desde diferentes perspectivas.

A los fines del objetivo general de este estudio, se analizó la situación actual y los actores de los sectores relevantes para la certificación en Chile.

Sobre la base de ambos análisis, internacional y nacional, se ofrece una propuesta de certificación de sostenibilidad para el hidrógeno renovable y sus derivados, en función del contexto institucional, la estrategia y los requisitos del mercado chileno.

3 Requerimientos para la certificación del hidrógeno y sus derivados en el ámbito internacional

Para ser plenamente operativo, un sistema de garantías de origen o certificados de sostenibilidad requiere el establecimiento de los siguientes elementos:

- **Esquema o estándar:** Conjunto de normas que rigen el sistema, estableciendo todas las reglas para la certificación, como los atributos del producto, los requisitos de elegibilidad de las instalaciones de producción, las condiciones para la emisión, transferencia y redención de los certificados y los mecanismos de monitoreo, verificación y auditoría.
- **Registro:** Plataforma en la cual se documenta la cadena de custodia del producto, con la función de registrar las instalaciones y los volúmenes de producción, emitir los certificados y asentar su transferencia, redención o cancelación.
- **Mercado:** Ámbito privado o público en el cual se llevan a cabo transacciones de los certificados emitidos, según reglas de oferta y demanda.

3.1 Emisiones de la cadena de valor

El atributo medioambiental primordial que se busca reflejar en los certificados de sostenibilidad del hidrógeno es su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con respecto a otras alternativas.

Si bien desde hace tiempo existen metodologías bien establecidas para determinar la intensidad de emisiones de productos, entre las que se destacan el Protocolo GEI^v (*GHG Protocol*, en inglés) y el grupo de normas ISO 14000^{vi}, **éstas no son específicas para el hidrógeno y sus derivados**.

En 2023, la Asociación Internacional para el Hidrógeno y las Celdas de Combustible en la Economía (*International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy IPHE*^{vii}, en inglés) desarrolló una metodología para determinar las emisiones de GEI asociadas a la producción de hidrógeno, extendida a las cadenas de valor del amoníaco, que puede servir de base para un sistema de certificación.

También en 2023, ISO publicó la Especificación Técnica ISO 19870^{viii} que define la metodología para determinar las emisiones de GEI asociadas no solo a la producción y puesta en especificaciones del hidrógeno, sino que incluye también el transporte del hidrógeno hasta el punto de consumo.

3.1.1 Análisis de ciclo de vida: alcances 1, 2 y 3 de emisiones

El análisis de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment 'LCA'*, en inglés) completo (*'cradle-to-grave'* o *'well-to-wheel'*) de un producto tiene en cuenta las emisiones:

- Aguas arriba del proceso de producción considerado, incluyendo todos los procesos que han llevado a conseguir los insumos en el proceso.
- Durante el proceso de producción considerado, tanto de manera directa como indirecta por consumos que den lugar a emisiones. Entre estas emisiones indirectas se incluyen las relacionadas con la producción de energía utilizada, notablemente la eléctrica.
- Aguas abajo del proceso de producción considerado, incluyendo la distribución y transporte, el uso del producto y su final de vida.

El Protocolo GEI diferencia las emisiones por el contorno del análisis:

- Alcance 1: emisiones directas del proceso productivo, en particular las relacionadas con su consumo energético.
- Alcance 2: emisiones derivadas de la generación de energía adquirida de terceros, incluyendo electricidad, calor y vapor. Estas emisiones se consideran indirectas porque, si bien son una consecuencia del proceso productivo analizado, en realidad ocurren en fuentes controladas por un tercero, por ejemplo, un generador de electricidad a quien se compra la energía.
- Alcance 3: emisiones directas e indirectas producidas aguas arriba y aguas abajo del proceso productivo considerado.

En los siguientes apartados se analiza la aplicación del *LCA* basado en la metodología propuesta por *IPHE* para cada uno de los casos del hidrógeno, el amoníaco y los combustibles sintéticos.

3.1.2 Hidrógeno

El esquema *LCA* para el hidrógeno producido por electrólisis se muestra en la **Figura 1**

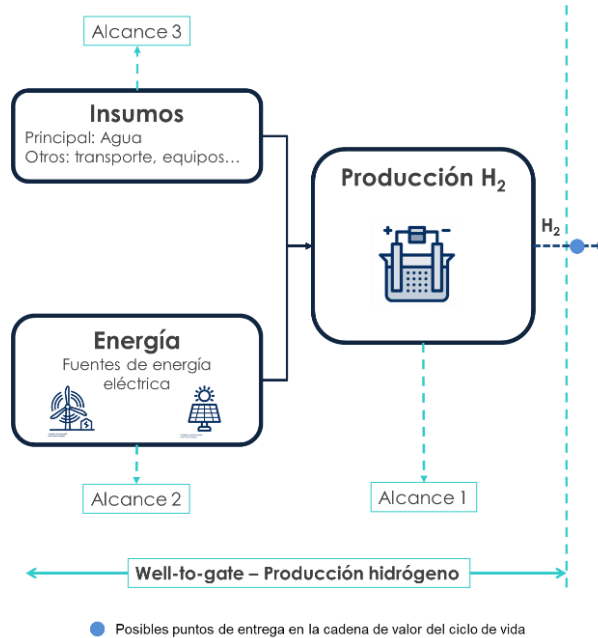


Figura 1: Análisis de ciclo de vida para el hidrógeno ('well-to-gate'). Fuente: elaboración propia.

La metodología *IPHE* propone un análisis entre puntos potenciales de entrega, desde la producción del hidrógeno hasta su suministro final al consumidor ('well-to-consumption gate'), de manera que la huella de GEI se pueda calcular como la suma de las huellas entre dos puntos cualquiera de la cadena. Se definen elementos en la cadena de transporte (*Transport Chain Elements 'TCES'*) en los que se calculan las emisiones, de manera que el total de emisiones de transporte es la suma de las emisiones en los diferentes *TCEs* (Figura 2).

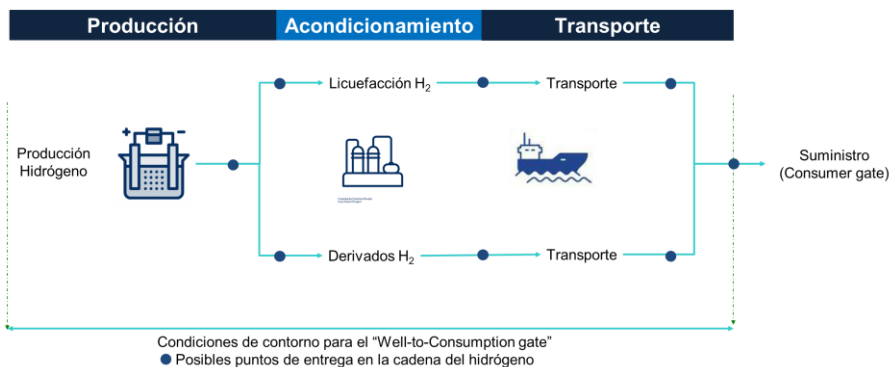


Figura 2: Cadena de valor del hidrógeno y potenciales puntos de entrega. Fuente: elaboración propia a partir de metodología IPHE.

En el caso en que haya reducción de emisiones con captura de carbono (*Carbon Capture and Storage 'CCS'*, en inglés), será necesario sustraer las emisiones evitadas.

La producción con electricidad renovable generada en el emplazamiento de producción de hidrógeno (producción "on-site") se considerará como Alcance 1, sin emisiones a aportar.

Para el caso de energía de red, Alcance 2, el cálculo de emisiones debe incluir las condiciones en que se realiza el suministro, incluyendo detalles de los instrumentos de mercado tipo contratos de compraventa de energía renovable (*Power Purchase Agreement 'PPA'*, en inglés) y los efectos de estos en el mercado de influencia para asegurar por un lado que no hay doble contabilidad y por otro que este consumo no genera

emisiones adicionales en el mix de generación de la zona. En el caso de una zona de oferta eléctrica con separación del resto de la red, se puede restringir el análisis a dicha zona.

En el caso del cálculo '*well-to-consumption gate*', se añaden las emisiones relacionadas con el transporte y distribución hasta la entrada en las instalaciones del consumidor. Para el caso de exportaciones por barco, será necesario evaluar los consumos de ese transporte, así como los de todas las operaciones desde la salida de la instalación de producción. Entre estos consumos destaca el insumo energético de licuefacción dadas las bajas temperaturas a las que es necesario transportar el hidrógeno para mejorar la densidad del combustible transportado, pero también será necesario incluir todas las operaciones de movimiento y carga en puerto de exportación, así como las de descarga y acondicionamiento a la llegada a puerto de importación.

En el caso de que no toda la energía utilizada en la producción, acondicionamiento y transporte del hidrógeno sea renovable, será necesario hacer el cálculo unitario en función de la energía real utilizada.

3.1.3 Amoníaco

En el contexto de este estudio, se analiza el uso de amoníaco como medio para transportar hidrógeno, para su deshidrogenación y el uso del hidrógeno resultante. El esquema del *LCA* queda reflejado en la **Figura 3**.

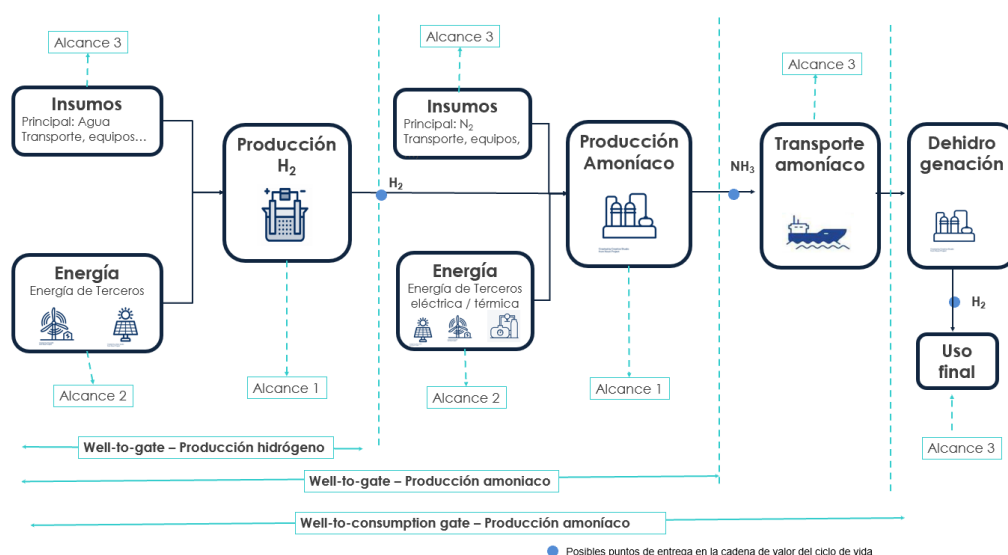


Figura 3: Cadena de valor en el LCA del amoníaco como portador de hidrógeno. Fuente: elaboración propia.

Para el uso del amoníaco como '*hydrogen-carrier*' o portador, en el cálculo de las emisiones en el ciclo de vida, a las emisiones del hidrógeno descritas en el apartado anterior hay que añadir la parte de la cadena de valor relacionada con la producción del derivado, su transporte y su acondicionamiento. Siguiendo con el esquema mostrado en la **Figura 3**, para el cálculo '*well-to-consumption gate*', hay que añadir las emisiones derivadas de:

- La producción del hidrógeno a utilizar y su transporte hasta la planta de producción de amoníaco, si no se realiza en el mismo emplazamiento.
- El acondicionamiento del hidrógeno en la entrada de la producción de amoníaco.
- La producción de nitrógeno, que normalmente se hará en el mismo emplazamiento ("on-site") para evitar el transporte del gas, con sus costes y emisiones.
- La producción de amoníaco.
- El transporte y distribución hasta la entrada en las instalaciones de recepción.
- El acondicionamiento inverso del amoníaco, es decir la deshidrogenación, para disponer de hidrógeno de nuevo en el punto de consumo.

- El transporte desde ese punto de disponibilidad del hidrógeno a su punto de consumo.

En el caso de que en algún punto de la cadena se redujeran emisiones vía captura y almacenamiento (CCS) o por uso posterior del carbono (CCU), se deben descontar esas emisiones evitadas.

La Asociación de Energía de Amoníaco (*Ammonia Energy Association 'AEA'*, en inglés)^{ix}, está desarrollando una "Certificación de Amoníaco Bajo en Carbono" armonizado a nivel mundial, adoptando principios similares a la metodología de IPHE, partiendo de una neutralidad tecnológica y basándose en principios de la serie ISO 14.000. La norma está en desarrollo desde octubre de 2021 y se espera que quede establecida a partir de 2025 cuando será validada con una cartera inicial de proyectos piloto de certificación.

3.1.4 Combustibles sintéticos (e-fuels)

Para los e-fuels, el análisis del LCA del hidrógeno obtenido mediante electrólisis utilizando energía renovable es similar al análisis del LCA del amoníaco.

El otro componente es el carbono, que puede ser capturado del aire o recuperado de otros procesos. Si el carbono es capturado de la atmósfera, se trata de una reducción de GEI y por lo tanto una reducción neta de su concentración actual. Si el carbono es obtenido a partir de emisiones de otros procesos que irían a la atmósfera y que hoy se consideran inevitables¹, el uso alternativo en un e-fuel permite darles un nuevo ciclo de vida, con una reducción neta del total de emisiones por unidad de energía utilizada.

El esquema de producción para el análisis de la huella de carbono se presenta en la **Figura 4**. A partir del punto de salida de la instalación de producción del e-fuel, el combustible a utilizar en el transporte sería idéntico al que ya se utiliza y por lo tanto no habría más reducciones de emisiones para tener en cuenta.

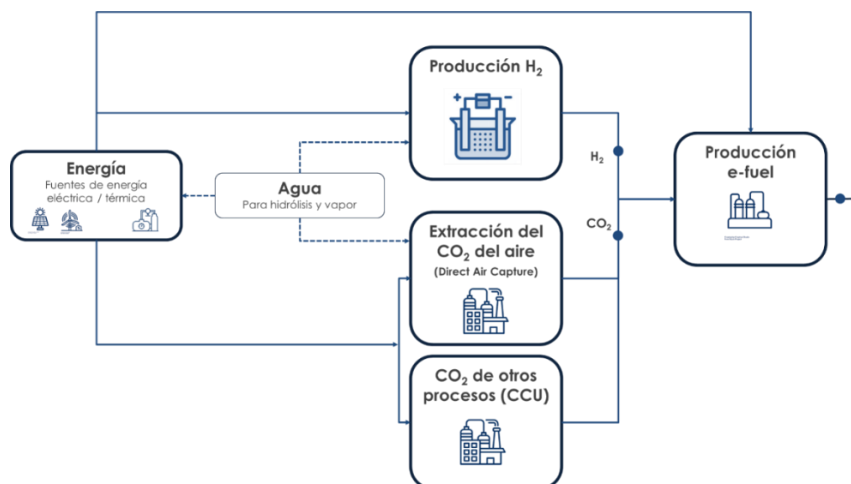


Figura 4: Esquema de producción de los e-fuels. Fuente: elaboración propia.

Dado el bajo nivel de desarrollo de este tipo de combustibles, las normas comerciales mundiales vigentes aún no han definido sus atributos ambientales y no se cuenta con un marco para comparar de forma transparente los productos de mayor y menor intensidad de carbono.

3.2 Elementos de los esquemas de certificación

3.2.1 Atributos y criterios aplicables

Los esquemas de certificación de hidrógeno y derivados del hidrógeno cuentan con elementos de diseño comunes. Las diferencias entre los esquemas radican en que se adoptan distintos criterios para cada uno de estos elementos. La **Tabla 1**, elaborada a partir del análisis comparativo de un número representativo de

¹ Una fuente de carbono inevitable hoy sería aquella para la que no existe una alternativa descarbonizada. En el caso de capturar directamente del aire, se considera que el CO2 es siempre inevitable. Siempre va a tener una connotación temporal variable, al poder desarrollarse futuras alternativas sin emisiones. Fuente: Análisis de la captura de carbono para la producción de combustibles sintéticos en Chile; GIZ & INODU, 2021.

estándares regulados y voluntarios, describe los principales elementos de los esquemas de certificación y los diferentes criterios que es posible adoptar para cada uno de ellos.

Tabla 1: Elementos de los esquemas de certificación. Fuente: elaboración propia en base a análisis comparativo.

Elementos de los esquemas de certificación	
1. Unidades	La mayoría de las normas existentes utilizan gCO ₂ /MJ LHV como unidad funcional para calcular las intensidades de GEI (UE, Reino Unido, California, IPHE). Otros esquemas, en cambio, utilizan kgCO ₂ eq/kgH ₂ (Estados Unidos, Australia y China). Esta disparidad de unidades utilizadas requiere el uso de factores de conversión, que no son uniformes.
2. Definición de hidrógeno, y su calidad y pureza	En general, los esquemas regulados no establecen una pureza ni presión de flujo de referencia, dejándolo a las demandas del mercado, salvo en casos vinculados con algún sector en particular (por ej. hidrógeno para estaciones de servicio). Los estándares voluntarios de hidrógeno generalmente establecen una pureza del 99% o 99,9% y una presión de 3 MPa, como CertifHy y TÜV SÜD.
3. Categorías dentro del esquema	Existen grandes diferencias en la forma que se clasifican las diferentes rutas de producción, con una variedad de terminología empleada para describir el hidrógeno, como renovable, limpio, bajo en carbono, etc. Los criterios utilizados no son homogéneos, ya que pueden expresar diferentes intensidades de GEI, pero también cubrir otros atributos, como el carácter renovable.
4. Fuentes de producción admisibles para cada categoría	La mayoría de los esquemas establecen una lista de vías tecnológicas de producción de hidrógeno que son admisibles para obtener la certificación bajo el sistema. La principal diferencia entre los esquemas es si alguna vía puede solicitar ser agregada a la lista y hay un proceso definido por el cual hay que pasar para ser aceptada o la lista aprobada solo es ampliada por iniciativa del propio administrador del estándar.
5. Aplicaciones	Algunos esquemas no discriminan entre los usos finales a los que el hidrógeno o sus derivados van dirigidos, mientras que otros están diseñados para aplicaciones específicas, como transporte o industria, y solo son certificables los productos que van dirigidos a esa aplicación.
6. Atributos del producto	<p>Los sistemas de garantías de origen se limitan a verificar el origen del producto, rastreando la vía de producción y su carácter renovable o no renovable, fósil o biológico, etc. según los insumos energéticos y las materias primas para su producción.</p> <p>Los certificados de sostenibilidad identifican los atributos del producto, siendo la intensidad de carbono el elemento común a todos estos esquemas. Algunos también identifican otros atributos de sostenibilidad muy variados en número y naturaleza, incluyendo aspectos medioambientales, sociales y económicos. En el caso particular de los combustibles sintéticos, los atributos de sostenibilidad se expresan como requerimientos sobre admisibilidad de fuentes de CO₂.</p>
7. Umbral aceptable de emisiones para la certificación	Cuando se certifica la intensidad de carbono, algunos esquemas establecen uno o más porcentajes de reducción de emisiones como valor mínimo a alcanzar con respecto a un valor de referencia o <i>benchmark</i> , como el umbral de reducción de emisiones de 70 % que exige la normativa de la Unión Europea con relación a un valor de referencia de origen fósil. Otros esquemas, en cambio, no expresan ese umbral de reducción de emisiones como un porcentaje, sino que se utiliza un valor absoluto como límite máximo de emisiones para calificar dentro del estándar de certificación, por ejemplo, en el esquema de Bureau Veritas.
8. Valor de referencia o benchmark	Cuando existe un umbral de reducción de emisiones a alcanzar, se debe elegir un valor a utilizar como referencia para evaluar esa reducción, normalmente tomando el combustible alternativo que se pretende reemplazar. Por ejemplo, los esquemas del Reino Unido y la Unión Europea establecen un comparador de origen fósil, como los derivados de petróleo o el gas natural, ya que están dirigidos inicialmente a reemplazar los usos actuales de esos combustibles.

	Cuando los esquemas utilizan un valor absoluto como límite máximo de emisiones para calificar dentro del estándar de certificación, no hace falta tomar un valor de referencia.
9. Límites del sistema	El esquema de certificación debe expresar los segmentos del ciclo de vida del hidrógeno que se tendrán en cuenta para contabilizar las emisiones. Así, puede considerarse solo el segmento de producción (<i>well-to-gate</i>), incluir el segmento de transporte hasta el punto de exportación (<i>export gate</i>) o también el transporte marítimo hasta punto de importación o hasta el punto de entrega al consumidor (<i>well-to-consumption gate</i>), o la cadena de valor total que incluye las emisiones por el consumo final (<i>well-to-wheel</i>).
10. Cadena de custodia	Este elemento se refiere a la trazabilidad de los atributos del producto a lo largo de la cadena de suministro desde el punto de producción. El enfoque de registro (<i>'book and claim'</i>) permite tratar de modo separado el atributo de sostenibilidad reflejado en el certificado y el flujo del producto físico a lo largo de la cadena de suministro. En cambio, el balance de masa (<i>'mass balance'</i>) requiere una conexión física entre el producto y el atributo de sostenibilidad declarado, rastreando los productos dentro de una cadena de distribución en la cual pueden ser mezclados con otros similares, siempre que siga existiendo un vínculo físico demostrable entre los volúmenes de producción y consumo.
11. Garantías de origen para el insumo eléctrico	En el caso de producción de hidrógeno electrolítico renovable con electricidad de red, la intensidad de emisiones de la red afecta a la del hidrógeno producido. Para esos casos, los esquemas de certificación pueden admitir el uso de ciertos marcos de contabilidad de electricidad renovable, como los Certificados de Atributos Energéticos, Garantías de Origen u otros certificados de energía renovable que estén reconocidos en el ámbito geográfico de aplicación del esquema.
12. Suministro eléctrico: adicionalidad y correlación temporal y geográfico	También para las categorías de hidrógeno electrolítico renovable, se puede incluir requisitos específicos sobre la configuración del suministro eléctrico, la caracterización de las fuentes de energía como renovables y limitaciones a la conexión a la red eléctrica. Estos requisitos se pueden expresar como exigencias de adicionalidad y correlaciones temporales y geográficas entre las producciones de energía eléctrica renovable e hidrógeno.

3.2.2 Criterios de sostenibilidad

Al presente, los criterios de sostenibilidad más allá del cálculo de las emisiones aparecen planteados solo de forma esporádica en las normas. Sin embargo, a medida que los sistemas de certificación se desarrollan y consolidan, también crece el interés por reflejar otras características de sostenibilidad de los productos de hidrógeno y cada vez son más los esquemas que incluyen no solo los aspectos medioambientales sino también las esferas económicas y sociales asociadas.

Panorama global

En el marco de la Energy Partnership Chile-Alemania, entre mayo y noviembre 2021 se elaboró el estudio "Criterios de sustentabilidad para la producción y exportación de hidrógeno verde"^x, comparando distintos esquemas de certificación e identificando criterios de sustentabilidad en la cadena de valor de proyectos de hidrógeno renovable.

El estudio identifica los esquemas de certificación aplicados en Europa para la producción e importación de hidrógeno verde y sus derivados, como así también otros esquemas de certificación no dedicados específicamente al hidrógeno, pero que podrían ayudar a definir criterios de sostenibilidad que deberían considerarse en los procesos de la cadena de valor para la producción y exportación de hidrógeno verde, como los aspectos sociales, económicos y ambientales. Se destaca, sin embargo, que hasta ahora los sistemas de certificación específicos para el hidrógeno solo cubren un conjunto muy limitado de criterios, mientras que los otros sistemas de certificación cubren conjuntos más amplios de criterios, pero no están relacionados con el hidrógeno, al menos por el momento.

Panorama de la Unión Europea

El “Plan de Acción: financiar el desarrollo sostenible”^{xi} de la Comisión Europea, publicado en 2018 define el término «finanzas sostenibles» como «el proceso de tener debidamente en cuenta las cuestiones ambientales y sociales en las decisiones de inversión, lo que se traduce en una mayor inversión en actividades sostenibles y a más largo plazo».

Siguiendo los lineamientos del Plan de Acción, el Reglamento (UE) 2020/852^{xii} de Taxonomía sobre actividades económicas sostenibles establece un lenguaje común para las finanzas sostenibles, es decir, un sistema de clasificación unificado o taxonomía que define lo que es sostenible y señala los ámbitos a los que la inversión sostenible debería dirigirse. Según el Reglamento Delegado (UE) 2022/1214^{xiii}, para calificar como inversión sostenible, todo proyecto de hidrógeno debe cumplir al menos uno o más de los siguientes criterios de sostenibilidad como objetivos medioambientales, cumpliendo a la vez con el principio de “no causar perjuicio significativo”:

- Mitigación del cambio climático.
- Adaptación al cambio climático.
- Prevención y control de la contaminación.
- Transición hacia economía circular.
- Uso sostenible y protección de recursos hídricos y marinos.
- Protección y recuperación de la biodiversidad y los ecosistemas.

Otra referencia de la Unión Europea son los principios de sostenibilidad aplicables a las materias primas estratégicas. En abril de 2024, el Parlamento Europeo sancionó el Reglamento (UE) 2024/1252 por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales^{xiv}. La norma identifica un conjunto de materias primas que se consideran estratégicas debido a su gran importancia económica y a su elevado riesgo para el suministro, a menudo por tener su origen en un reducido número de terceros países.

Los nuevos proyectos sobre materias primas fundamentales, tanto dentro de la Unión Europea como en terceros países, deben planificarse y ejecutarse de manera que abarquen todos los aspectos de la sostenibilidad. En el Anexo IV se especifican los criterios que debe cumplir un régimen de certificación para que sea reconocido bajo el Reglamento. Los requisitos para la certificación deben incluir, como mínimo, los siguientes:

- prácticas medioambientalmente sostenibles y la reducción del impacto en las principales categorías de riesgos medioambientales,
- prácticas socialmente responsables, incluido el respeto de los derechos humanos y los derechos laborales, también la vida comunitaria de los pueblos indígenas, y
- la integridad y la transparencia de las empresas, incluidos los requisitos para aplicar una buena gestión de las cuestiones financieras, medioambientales y sociales y políticas de lucha contra la corrupción y el soborno.

Un hito significativo en la agenda de sostenibilidad de la Unión Europea es la publicación de la Directiva (UE) 2024/1760^{xv} sobre Diligencia Debida de las Empresas en Materia de Sostenibilidad, que entró en vigor el 25 de julio de 2024. Se aplica a las grandes empresas de la Unión Europea y de terceros países, en relación con los posibles efectos adversos de sus operaciones y las de sus socios comerciales directos e indirectos. Se prevé una introducción progresiva de las disposiciones, en función del tamaño y el volumen de negocios de las empresas obligadas.

La Directiva establece requisitos para garantizar el respeto a criterios básicos de protección de los derechos humanos y del medio ambiente en las cadenas mundiales de suministro, a través de un sistema en dos etapas. En primer lugar, se exige a las empresas que tomen las medidas adecuadas para impedir la producción o promoción de productos que vulneren los derechos humanos y las normas de protección al medio ambiente. Para ello, deben llevar a cabo una diligencia debida exhaustiva a lo largo de la cadena de suministro y hacer cumplir unas normas mínimas a los proveedores. En segundo lugar, están obligadas a intervenir activamente en caso de que se detecten incumplimientos a esas normas en sus cadenas de suministro, ya sea mediante advertencias, auditorías o la rescisión de relaciones comerciales.

Alemania es precursora en la materia dentro de la Unión Europea, ya que su Ley de Debida Diligencia de la Cadena de Suministro está en vigor desde el 1 de enero de 2023, con objetivos y contenido similar a la

Directiva. Las empresas obligadas deben hacer esfuerzos razonables para garantizar que no haya violaciones de los derechos humanos ni de obligaciones ambientales en sus propias operaciones comerciales y en la cadena de suministro. La ley aclara expresamente que se establece un mero deber de esfuerzo y no un deber de éxito o garantía de responsabilidad.

Queda comprendida toda actividad de producción y explotación de productos y de prestación de servicios, independientemente de si se lleva a cabo en Alemania o en el extranjero. Además de las propias actividades de la empresa, esto incluye principalmente a los proveedores directos. Sin embargo, la empresa también debe llevar a cabo un análisis de riesgos y medidas preventivas y correctivas para los proveedores indirectos si recibe conocimiento fundamentado de posibles violaciones de los derechos humanos o violaciones de las obligaciones ambientales.

Alemania también ofrece un ejemplo de criterios de sostenibilidad requeridos en Europa a nivel nacional, en los requisitos exigidos para la calificación de los proyectos dentro de la reciente convocatoria H2Global^{xvi} para adjudicación de ayudas a la cadena de valor del hidrógeno. Además de los requisitos mínimos exigidos por la RED II, los proyectos participantes deben cumplir con los siguientes requerimientos de sostenibilidad adicionales:

Medioambientales:

- Evaluación de impacto ambiental.
- Plan de Gestión Ambiental y Social.
- Agua: garantía de disponibilidad de agua para los usuarios aguas abajo. Calidad del agua y sistema de gestión del agua.
- Desalación: exclusivamente con energías renovables y manejo sostenible de residuos.
- Conservación: áreas del proyecto que no están dentro de áreas de conservación ni directamente ubicadas junto a ellas.
- Mantenimiento de buen estado de conservación en biodiversidad y almacenamiento de carbono.
- Sin liberación de sustancias tóxicas.
- Gestión de residuos y contaminantes.

Sociales:

- Evaluación de impacto social.
- Laboral: Cumplimiento de las normas de la OIT y salario digno.
- Acceso a los servicios de salud / seguro de salud.
- Creación de valor local y aumento de competencias: participación de las partes interesadas y de las PYMEs locales.
- Género: participación activa de las mujeres en el proyecto. No a la violencia ni al acoso por razón de género.
- No al reasentamiento forzado ni al acaparamiento ilegal de tierras

3.3 Análisis de esquemas de certificación regulados en potenciales jurisdicciones importadoras

Existen considerables diferencias entre las jurisdicciones seleccionadas en el grado de avance para establecer un esquema de certificación. Así, mientras la Unión Europea se encuentra al frente en el desarrollo de normativa, otros países, como por ejemplo Japón, están demorando su definición, dando prioridad al desarrollo de los mercados.

3.3.1 Unión Europea

Los principales instrumentos de la Unión Europea con reglas referidas a la certificación del hidrógeno son las Directivas de Energías Renovables RED II y RED III. Bajo estas directivas, el hidrógeno renovable puede ser considerado un combustible renovable de origen no biológico (*Renewable Fuel of Non-Biological Origin 'RFNBO'*, en inglés), incluyendo esta última categoría también a los derivados que no incorporan carbono, como el amoníaco renovable. Los derivados de hidrógeno que incorporan carbono, es decir los combustibles sintéticos, son considerados combustibles de carbono reciclado (*Recycled Carbon Fuels 'RCF'*, en inglés).

Los *RFNBO* y los *RCF* pueden ser utilizados tanto con fines energéticos, es decir como combustibles, como no energéticos, es decir como materia prima, y cuentan para el cumplimiento de todos los objetivos de renovables, independientemente del sector en el que se consuman y del tipo de uso que se haga, a condición de que estén certificados como tales.

Certificación de *RFNBO* y *RCF*

Los *RFNBO* son definidos como “los combustibles líquidos y gaseosos cuyo contenido energético proceda de fuentes renovables distintas de la biomasa”. A los fines prácticos, estos combustibles consisten en:

- ✓ hidrógeno puro derivado del agua y de energías renovables (excepto las fuentes de biomasa), o
- ✓ combustibles líquidos y gaseosos derivados del hidrógeno, combinados con nitrógeno en el caso de la producción de amoníaco.

Los *RCF* son definidos como los “combustibles líquidos y gaseosos producidos a partir de flujos de residuos líquidos o sólidos de origen no renovable [...] o a partir de gases residuales de proceso y gases de escape de origen no renovable producidos como consecuencia inevitable e involuntaria del proceso de producción de instalaciones industriales”. En la práctica, los *RCF* son los derivados líquidos y gaseosos del hidrógeno combinado con CO₂ procedente de fuentes definidas de modo taxativo por la normativa.

Los actos delegados previstos en la RED II para definir los aspectos pendientes de los *RFNBO* y los *RCF* fueron adoptados por la Comisión Europea el 10 de febrero de 2023, como Reglamento Delegado (UE) 2023/1184^{xvii} y Reglamento Delegado (UE) 2023/1185^{xviii}.

El Reglamento Delegado (UE) 2023/1184 define las normas detalladas para determinar cuándo puede considerarse totalmente renovable la electricidad utilizada para la producción de *RFNBO* mediante electrólisis. La norma distingue entre dos supuestos principales:

- (i) Conexión directa a una instalación de generación renovable. Se deben cumplir las siguientes condiciones:
 - Línea directa entre las instalaciones o tratarse de la misma instalación.
 - Adicionalidad. Máximo 36 meses entre la fecha de comienzo de operación de la planta de generación de energía eléctrica y la de producción de hidrógeno. Además, la instalación de energía eléctrica no debe haber recibido apoyo en forma de ayuda de funcionamiento o ayuda a la inversión.
 - Sin conexión a red eléctrica o con sistema de medición inteligente.
- (ii) Electricidad extraída de red. Se deben cumplir las siguientes condiciones:
 - Red renovable (> 90 %) en el año anterior y la producción de *RFNBO* no debe ser superior al número de horas de generación renovable de la red.
 - Red de bajas emisiones (<18gCO₂eq/MJ) y se cumplen las condiciones siguientes:
 - PPA por el volumen necesario para la producción del *RFNBO*.
 - Correlación temporal. Mensual hasta el 31 de diciembre de 2029 y horaria desde el 1 de enero de 2030. Los Estados miembros pueden adelantar esa fecha a 1 de julio de 2027.
 - Correlación geográfica. Instalaciones situadas en la misma zona de oferta, o en zonas de ofertas interconectadas y los precios de la electricidad en la zona de producción de electricidad sean iguales o superiores a los de la zona de producción de *RFNBO*.
 - Período de liquidación de desbalances o desvíos. La instalación de producción de *RFNBO* puede demostrar que las instalaciones de generación eléctrica han sido redespachadas a la baja y la electricidad consumida para producir *RFNBO* redujo la necesidad de redespacho.
 - Situación por defecto. Adicionalidad, correlación geográfica y correlación temporal.

El Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 establece un umbral mínimo de 70 % para la reducción de las emisiones de GEI aplicable a los *RCF* y especifica una metodología para evaluar la reducción de las emisiones de GEI derivada tanto de los *RFNBO* como de los *RCF*, desarrollada en su Anexo.

En el mismo Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 se establecen las condiciones específicas en las cuales el carbono capturado puede ser considerado como procedente de fuentes inevitables y por lo tanto restado del cálculo de emisiones de los combustibles sintéticos. Las fuentes admitidas de carbono son las siguientes:

- CO₂ procedente de la captura directa del aire (DAC).
- CO₂ procedente de biocombustibles líquidos o gaseosos o biomasa que cumple con los criterios de sostenibilidad y reducción de GEI de la RED II.
- *RFNBO* o *RCF* según RED II.
- Fuentes geológicas donde previamente se liberaba CO₂ de forma natural.
- CO₂ procedente de actividades sujetas al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (*EU Emissions Trading System 'EU ETS'*, en inglés), siempre que:
 - Esté sujeto a un esquema efectivo de fijación de precios del carbono, ya sea el mismo *EU ETS* u otros esquemas fuera de la UE que pueden considerarse "eficaces", según se determine bajo el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono de la Unión Europea (*Carbon Border Adjustment Mechanism 'CBAM'*, en inglés)^{xix} que se encuentra en Fase 1 de implementación.
 - El CO₂ se haya incorporado a la composición química del combustible antes del 31 de diciembre de 2035 si procede de la generación eléctrica, o antes del 31 de diciembre de 2040 si procede de otros procesos.

Esta enumeración es taxativa, es decir que todos los casos que no están mencionados explícitamente no pueden ser tenidos en cuenta para el cómputo de reducción de emisiones. Las reglas para *RFNBO* y *RCF* son aplicables con independencia de que se produzcan dentro o fuera de la Unión Europea.

3.3.2 Reino Unido

El Gobierno del Reino Unido tiene la intención de poner en marcha un sistema de certificación de hidrógeno a partir de 2025. La implementación se está llevando a cabo en un proceso de dos pasos, estrechamente ligados:

1. En primer lugar, se desarrolló el Estándar de Hidrógeno Bajo en Carbono (*Low Carbon Hydrogen Standard 'LCHS'*^{xx}), que establece un umbral máximo de GEI permitidas en el proceso de producción ('*well-to-gate*') para que el hidrógeno pueda ser considerado bajo en carbono y una metodología de cálculo. Publicado por primera vez en 2022, ha sido revisado y actualizado en diciembre de 2023.
2. Una vez establecido el *LCHS*, se propuso el Esquema de Certificación de Hidrógeno Bajo en Carbono (*Low Carbon Hydrogen Certification Scheme 'LCHCS'*^{xxi}), que fue sometido al proceso de consulta pública y respuestas del gobierno a lo largo de 2023 y se espera su promulgación durante 2025.

El *LCHS* desarrolla una metodología de cálculo de emisiones de GEI para cada vía de producción, adoptando un límite del sistema de punto de producción ('*well-to-gate*') y cubriendo las emisiones de Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3 parcial de la instalación de producción de hidrógeno. Las vías de producción admitidas en el estándar son la electrólisis, el reformado de gas natural o de gas biogénico con *CCUS*, la gasificación de biomasa o residuos y la pirólisis.

La metodología prevé distintas configuraciones de suministro eléctrico y requisitos para el cálculo de la intensidad de emisiones de GEI de la electricidad. Las instalaciones de producción de hidrógeno pueden obtener electricidad de cualquier combinación de estas configuraciones de suministro de electricidad:

- ✓ Electricidad procedente de un generador específico a través de un PPA de suministro físico: la intensidad de emisiones será la de ese activo de generación específico. Se requiere correlación temporal entre el suministro eléctrico y la producción del hidrógeno y el volumen y origen de la electricidad se acredita con Garantías de Origen de Energía Renovable (*Renewable Energy Guarantees of Origin 'REGO'*).
- ✓ Electricidad procedente de una red privada y no vinculada a un generador específico. La electricidad procedente de varios activos de generación en una red privada tendrá la intensidad media ponderada de las emisiones de GEI de los generadores de esa red.
- ✓ Electricidad procedente de la red eléctrica nacional y no conectada a un generador específico. La intensidad de emisiones de GEI será la media de la red nacional.

El *LCHS* provee una tabla de valores de emisiones preestablecidos para los generadores específicos y redes privadas, según las fuentes de generación que usen, siendo cero para todas las energías renovables. Para la red eléctrica nacional, se usan los valores públicos (media de red) que publica el operador del sistema (ESO^{xxii}), actualizados cada 30 minutos.

Con vistas a objetivos a largo plazo de participar en los mercados globales, el *LCFS* y el *LCHCS* se mantendrán alineados con los esquemas internacionales y se ampliará el alcance para abordar las emisiones en el transporte, el almacenamiento, y los derivados como el amoníaco.

3.3.3 California, Estados Unidos

El Estándar de Combustible Bajo en Carbono (*Low Carbon Fuel Standard 'LCFS'*^{xxiii}) establece un mandato de uso de combustibles bajos en carbono, listados de manera taxativa en el sistema, entre los que se cuenta el hidrógeno producido por distintas vías, y un sistema de certificados negociables.

El programa *LCFS* es administrado por la Junta de Recursos del Aire de California (*California Air Resources Board 'CARB'*), que es parte de la Agencia de Protección Medioambiental (*California Environmental Protection Agency 'CEPA'*), que a su vez reporta directamente al Poder Ejecutivo del Estado de California.

Cada año el *CARB* establece un objetivo anual de emisiones para los proveedores de combustibles para el transporte, que son los sujetos obligados. Ese punto de referencia disminuye anualmente, para llegar a una reducción del 20% en 2030.

Los proveedores generan créditos, calculados a partir de un puntaje de intensidad de carbono certificado, por los volúmenes de combustibles bajos en carbono distribuidos para el transporte en California e informan las cantidades de las transacciones al *CARB* con frecuencia trimestral.

La obligación de alcanzar los objetivos anuales de emisiones crea una demanda de créditos por parte de los sujetos obligados. La dinámica del mercado y las leyes de oferta y demanda determinan el valor de esos créditos, cada uno de los cuales equivale a 1 Tm de CO₂.

La intensidad de carbono de un combustible para el transporte se determina midiendo las emisiones de CO₂ durante el ciclo de vida desde la producción hasta el uso final (*well-to-wheel*). No se favorece una tecnología en particular o un combustible específico, sino que se basa en una neutralidad tecnológica. Los combustibles importados pueden ser utilizados para cumplimiento de este programa.

En el cálculo del ciclo de vida, el *LCFS* utiliza el modelo "*Greenhouse gases, Regulated Emissions and Energy use in Technologies*" desarrollado por el Laboratorio Nacional Argonne y conocido como *REET*^{xxiv}, adaptado con valores y premisas preestablecidos para el cálculo de las intensidades de carbono para cada una de las vías de producción de los combustibles.

Para el hidrógeno se admiten seis vías de producción y, en el caso de la producción por electrólisis, se diferencia entre uso de electricidad de la red (*HYEG*) o generada por energía solar o eólica (*HYER*).

Los derivados del hidrógeno son admisibles en el sistema *LCFS* y por lo tanto obtendrán los correspondientes certificados transables, a condición de que estén incluidos en el listado taxativo de combustibles. Sería el caso, por ejemplo, del diésel y las gasolinas renovables producidas a partir de hidrógeno. Ese listado es revisado de manera periódica por el *CARB*, de modo que los combustibles y las vías de producción varían en el tiempo.

3.3.4 Japón

A pesar de su intensa actividad en el sector, el Gobierno de Japón aún no ha adoptado una definición de lo que se debe considerar hidrógeno bajo en carbono ni estándares nacionales de certificación para el hidrógeno y sus productos derivados, como el amoníaco.

En la práctica, Japón sigue un enfoque amplio en el que el hidrógeno producido con bajas emisiones generalmente se denomina hidrógeno "limpio", con independencia de la tecnología de producción. En este concepto se incluye una amplia gama de posibilidades, desde la electrólisis utilizando electricidad renovable hasta las fuentes fósiles con CCS.

Como principal responsable en política de hidrógeno, el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) realiza acciones dirigidas a una certificación del hidrógeno. En 2013 se estableció el Consejo para una Estrategia para el Hidrógeno y las Pilas de Combustible (*Council for a Strategy for Hydrogen and Fuel Cells CSHFC*), con representación multisectorial que incluye empresas de gas y electricidad, empresas automotrices, representantes de la academia, fabricantes de maquinaria y productos químicos, periodistas y

gobernadores locales, para impulsar el uso de vehículos de pila de combustible (*FCV*) y sistemas combinados de calor y energía (*CHP*) de pila de combustible.

En 2018, un grupo de trabajo del *CSHFC* propuso un sistema de clasificación del hidrógeno de cuatro categorías:

1 estrella: [1,0 - 3,5] kgCO ₂ e/Nm ³ H ₂	2 estrellas: [0,7 - 1,0] kg-CO ₂ / Nm ³ H ₂
3 estrellas: [0,4-0,7] kg-CO ₂ /Nm ³ H ₂	4 estrellas: [0,1 - 0,4] kg-CO ₂ /Nm ³ H ₂

Sin embargo, desde entonces no se ha producido ningún avance. Una de las razones puede ser que la distribución de *FCV* no ha progresado tanto como se esperaba y el volumen de distribución de hidrógeno no se ha expandido^{xxv}.

Fuera del ámbito oficial, la Asociación Japonesa del Hidrógeno publicó una propuesta de definición de hidrógeno bajo en carbono que refleja una reducción del 70% en comparación con el reformado con vapor de gas natural, que podría estar en línea con los estándares europeos. Esta definición sugiere un umbral de 3,4 kgCO₂eq/kg H₂ (aprox. 28,3 gCO₂eq/MJ) utilizando un enfoque de punto de producción (*well-to-gate*)^{xxvi}.

Aunque no es un sistema nacional, en 2019, la prefectura de Aichi, sede de Toyota Motor Corporation, introdujo su propio esquema para certificar el hidrógeno “bajo en carbono”, en el marco del proyecto de hidrógeno de Chita City y Toyota City^{xxvii}. El proyecto consiste en construir una cadena de suministro baja en carbono para producir, suministrar y utilizar hidrógeno generado a partir de recursos renovables, como primer paso hacia el logro de la Visión 2030 de la Prefectura. El hidrógeno bajo en carbono es definido como aquel producido a partir de recursos renovables, sea por electrólisis o por reformado de biogás, pero excluyendo el producido a partir de recursos fósiles, como gas natural y carbón. Este hidrógeno bajo en carbono recibe un certificado de la Prefectura de Aichi. Sin embargo, puesto que no son negociables, hay una utilidad económica limitada en los propios certificados fuera de servir a las empresas para demostrar sus compromisos de sostenibilidad.

Con respecto al amoníaco, en la estrategia de descarbonización de la economía de Japón es visto como la principal herramienta para el reemplazo del carbón en la generación térmica. Este concepto se evidencia en el "6º Plan Estratégico de Energía"^{xxviii} del METI publicado en octubre de 2021, en el cual la utilización de hidrógeno y amoníaco aparece directamente relacionada a la generación eléctrica y al reemplazo progresivo del carbón en las centrales térmicas, primero mediante tecnologías para la combustión conjunta de carbón y amoníaco en calderas y posteriormente la conversión a combustión exclusiva de amoníaco. Sin embargo, dado que la tecnología de combustión conjunta de carbón y amoníaco aún está en desarrollo, en general se acepta que las discusiones sobre el hidrógeno y el amoníaco bajos en carbono se llevarán a cabo después de que la tecnología esté disponible y se establezca la cadena de suministro.

En el futuro, se espera que el Gobierno japonés discuta la certificación del hidrógeno y el amoníaco bajos en carbono, pero no hay una fecha fija para que la certificación entre en funcionamiento^{xxix}. Por último, no hay discusiones abiertas sobre la certificación de los combustibles sintéticos a base de hidrógeno.

3.3.5 República de Corea

En febrero de 2020, la República de Corea sancionó la Ley N° 16.942 de Promoción de la Economía del Hidrógeno y Gestión de la Seguridad del Hidrógeno, modificada en junio de 2022 por la Ley N° 18889^{xxx}. En esta reforma de 2022 se introdujeron definiciones del hidrógeno y se sientan los principios para el sistema de certificación, pero se delega la regulación de detalle a un posterior Decreto de Ejecución reglamentario que todavía está pendiente.

La ley adopta el término “Hidrógeno Limpio” y, sobre la base del volumen de CO₂ emitido durante el proceso de producción o importación, lo clasifica en tres categorías (Artículo 2):

- "hidrógeno con cero emisiones de carbono", que no genere GEI durante la producción e importación,
- "hidrógeno bajo en carbono", cuyas emisiones de GEI durante la producción e importación estén por debajo del umbral a ser establecido en el Decreto de Ejecución, y
- "compuestos de hidrógeno con bajas emisiones de carbono", que son compuestos de hidrógeno fabricados para el transporte de hidrógeno cuyas emisiones durante la producción e importación están por debajo del umbral a ser establecido en el Decreto de Ejecución. Esta definición comprende al

amoníaco utilizado como portador de hidrógeno (hydrogen carrier), pero crea incertidumbre acerca de la inclusión del amoníaco para uso como combustible.

No se contempla a los combustibles sintéticos dentro del ámbito de aplicación de la ley.

El Artículo 25-2 otorga competencia al Ministro de Comercio, Industria y Energía^{xxxi} para la certificación de hidrógeno o compuestos de hidrógeno, con facultades de supervisión y verificación, según la norma a ser establecidas por Decreto Presidencial, cuya sanción está pendiente. Se prevé que esas normas deben tener en cuenta las emisiones de CO₂ durante el proceso de producción e importación.

3.4 Matriz comparativa de requisitos entre los países analizados

Tabla 2: Matriz comparativa de requisitos para el hidrógeno entre los países analizados.

Ámbito geográfico	Tipo de gas	Atributos	Energía renovable					Límites	Aplicación	Unidades	Umbral	Propiedades		Registro		
			On-site	Red	Adicionalidad	Correlaciones						Pureza	Presión	Tipo	Validez	Anulación
						Temporal	Geográfica									
UE	Gas renovable	Origen renovable	Sí	Con GdO	N/A	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-gate	N/A	1 MWh	N/A	N/A	N/A	Book-and-Claim	12 meses	18 meses
	RFNBO	Renovable no bio y bajas emisiones			<36 meses			Well-to-consumption gate	N/A	g CO ₂ /MJ	28,2 gCO ₂ eq/MJ	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
UK	Low carbon	Bajas emisiones	Sí	Con GdO	N/A	Sí	Zona oferta	Well-to-gate	N/A	1 MWh	20 gCO ₂ eq/MJ	Opcional	Opcional	Mass balance	N/A	N/A
US-California	Low Carbon(LCFS)	Bajas emisiones	Sí	Certificado	N/A	Sí-horario	Zona oferta	Well-to-wheel	Transporte	1 ton CO ₂		N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
Japón	H ₂ Limpio	Bajas emisiones	Sí	Certificado	N/A	N/A	N/A	Well-to-gate	N/A	kg CO _{2e} /Nm ₃ H ₂	28,3 gCO ₂ eq/MJ	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
Corea	H ₂ Limpio	Bajas emisiones	Sí	Certificado	N/A	N/A	N/A	Well-to-gate (nacional)	N/A	kg CO ₂ eq/kgH ₂	5 kg CO ₂ eq/kgH ₂	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
								Well-to-import (importado)								

3.5 Análisis de estándares de certificación voluntarios

3.5.1 Esquemas privados y sectoriales

A continuación, se resumen los principales estándares voluntarios desarrollados específicamente para el hidrógeno y sus derivados, que pueden ser aplicados en todas o algunas de las jurisdicciones seleccionadas.

3.5.1.1 CertifHy

Actualmente, CertifHy^{xxxii} ofrece dos esquemas diferentes:

- ✓ Certificado No Gubernamental (*Non-Government Certificate NGC*), con dos categorías:
 - Hidrógeno Verde, procedente de fuentes de generación renovables.
 - Hidrógeno Bajo en Carbono, sin distinción de fuentes.
- ✓ Certificado EU RFNBO. Los requerimientos para esta certificación son idénticos a los establecidos por las RED II, RED III y los Reglamentos Delegados 2023/1184 y 2023/1185.

CertifHy lleva un Registro de todos los certificados emitidos, que se publican en su base de datos en línea.

3.5.1.2 ISCC EU RFNBO RCF

Recientemente, ISCC^{xxxiii} lanzó el esquema *ISCC EU RFNBO RCF*, que cubre los requerimientos de la Unión Europea para la certificación de hidrógeno y amoníaco renovables y combustibles sintéticos a partir de carbono reciclado.

ISCC PLUS cubre los mismos requisitos de certificación que ISCC EU, pero se puede adaptar para satisfacer las necesidades de diferentes mercados o aplicaciones específicas, a través de complementos voluntarios.

ISCC EU RFNBO RCF solicitó el reconocimiento de la Comisión Europea como esquema voluntario bajo la RED II y los Reglamentos Delegados 2023/1184 y 2023/1185. A finales del 2024 obtuvo dicho reconocimiento.

3.5.1.3 Green Hydrogen Standard (Green Hydrogen Organization GH2)

En mayo de 2022, la Organización del Hidrógeno Verde (*GH2*^{xxxiv}) hizo público un Estándar de Hidrógeno Verde (*Green Hydrogen Standard*^{xxxv}), aplicable al hidrógeno y al amoníaco renovable. Si bien el esquema tiene vocación de aplicación global, se incluyen elementos orientados al cumplimiento de las regulaciones de ciertas jurisdicciones específicas, ofreciendo “modularidad regulatoria” para proyectos en Estados Unidos, Unión Europea, Reino Unido, China e India.

Aunque esta primera versión del esquema adopta el punto de producción como límite del sistema, la organización ha formado seis grupos de trabajo que están analizando otras cuestiones para la futura expansión del estándar, que incluyen la metodología de cálculo de las emisiones del transporte, almacenamiento y distribución de hidrógeno, el metano sintético, las emisiones fugitivas de hidrógeno, la adicionalidad y la gestión del agua.

El estándar incluye requerimientos específicos de sostenibilidad. Los proyectos deben demostrar que han cumplido condiciones como la participación de partes interesadas, una evaluación y plan de gestión de impactos, riesgos y oportunidades sociales, la evaluación de impacto medioambiental, aspectos de salud y seguridad, y normas de gobernanza, transparencia y rendición de cuentas según los más altos estándares corporativos en las políticas y prácticas empresariales del proyecto.

3.5.1.4 TÜV SÜD Standard CMS 70 – TÜV Rheinland Standard H2.21

El estándar de certificación de hidrógeno verde CMS 70 de TÜV SÜD fue introducido en 2011. La última versión cumple con los requisitos de la RED II, RED III y los Reglamentos Delegados 2023/1184 y 2023/1185 para los *RFNBO* y permite la certificación de hidrógeno renovable como “verde”, que a su vez sirve de base para la certificación de amoníaco renovable, aunque no se prevé la certificación de *RCF*.

Por su parte TÜV Rheinland desarrolló su Estándar H2.21, que permite certificar hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos como RFNBO y RCF bajo la normativa de la Unión Europea.

Además de su esquema de certificación propio, TÜV SÜD es una entidad de certificación reconocida por CertiHy para actuar bajo el esquema CertifHy NGC.

3.5.1.5 Bureau Veritas Certification & Label

En enero de 2023, Bureau Veritas anunció el lanzamiento de un esquema de certificación de hidrógeno y amoníaco renovables, con algunos aspectos diferenciados con respecto a otros esquemas voluntarios. El esquema está diseñado para tener un alcance global, con ciertos factores específicos para el cumplimiento normativo de Estados Unidos, la Unión Europea, Japón e India.

El esquema otorga dos certificaciones, tanto para hidrógeno como para amoníaco:

- ✓ Certificado de Conformidad de planta de producción de hidrógeno y/o amoníaco (combinables):
 - Etapa preoperativa: certifica aspectos de seguridad y sostenibilidad en el diseño de la futura planta, incluyendo no solo las emisiones de GEI sino también la huella hídrica, evaluación medioambiental y elementos ESG. No está sujeto a auditorías in situ.
 - Etapa de operación: certifica los mismos aspectos, con una validez de tres años y sujeto a auditorías in situ.
- ✓ Etiqueta (label) de hidrógeno o amoníaco: certifica la producción de una planta que esté operando con Certificado de Conformidad. Tiene una validez de un año y está sujeta a auditorías trimestrales.

Además de su esquema de certificación propio, Bureau Veritas es una entidad de certificación reconocida por CertiHy para actuar bajo el esquema CertifHy NGC

3.5.2 Reconocimiento en la Unión Europea y otras jurisdicciones

Hasta hace poco tiempo, los regímenes voluntarios reconocidos por la Comisión Europea bajo RED II solo certificaban los biocombustibles, pero no el hidrógeno y sus derivados como *RFNBO* y *RCF*, ya que no se había dictado los actos delegados con las normas de detalle. Ahora, estos esquemas voluntarios ya pueden ser reconocidos por la Comisión Europea y recientemente se ha reconocido en el marco de la RED II a ISCC *RFNBO* *RCF*, CertifHy *RFNBO* y REDcert-EU (aplicable a *RFNBO* y *RCF*).

Los esquemas son evaluados y reconocidos sobre la base de una revisión documental de sus normas y procedimientos de certificación que se aplicarán después del reconocimiento. La Comisión Europea también ejerce una supervisión periódica de las operaciones de los regímenes voluntarios para garantizar que los certificados de sostenibilidad sean emitidos de conformidad con las normas presentadas para su reconocimiento.

Con respecto a otras jurisdicciones, hay que tener en cuenta que, para poder llevar a cabo las actividades de certificación en el marco de un régimen voluntario, los organismos de certificación deben obtener el reconocimiento de la administración local y someterse a controles adicionales. Así, por ejemplo, la normativa nacional puede exigir la presencia de funcionarios públicos en las auditorías realizadas por el organismo de certificación, en lo que se denomina “auditoría testigo”. También puede existir la exigencia de que los organismos de certificación internacionales establezcan una oficina en el país para poder llevar a cabo actividades de certificación.

3.5.3 Matriz comparativa de estándares voluntarios

Tabla 3: Matriz comparativa de requisitos para el hidrógeno entre los países analizados.

Esquemas	Ámbito geográfico	Tipo de gas	Atributos	Energía renovable					Límites	Aplicación	Unidades	Umbral	Propiedades		Registro		
				On-site	Red	Adicionalidad	Correlaciones						Pureza	Presión	Tipo	Validez	Anulación
							Temporal	Geográfica									
CertifHy	UE, IC, NO, LI, CH	H ₂ verde	Origen renovable	Sí	Con GdO	N/A	Sí	Sí	Well-to-gate (nacional)	N/A	1 MWh	28,3 gCO2eq/MJ	>99.9%	3 Mpa	Book & Claim	12 meses	18 meses
		H ₂ bajo en carbono	Bajas emisiones	Sí	Con GdO	N/A	Sí	Sí	Well-to-gate (nacional)	N/A	1 MWh	28,3 gCO2eq/MJ	>99.9%	3 Mpa	Book-and-Claim	12 meses	18 meses
		RFNBO	Origen renovable	Sí	Con GdO	<36 meses	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-consumption gate	N/A	g CO ₂ /MJ	28,2 gCO2eq/MJ	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
ISCC EU	UE	RFNBO	Origen renovable	Sí	Con GdO	<36 meses	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-consumption gate	N/A	g CO2/MJ	28,2 gCO2eq/MJ	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
ISCC PLUS	Global																
GH2	Global	H ₂ renovable		Sí	Con GdO	<36 meses	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-gate	N/A	kg CO2e /kg H2	1 kg CO2eq/kgH2	N/A	N/A	Book-and-Claim		
TÜV SUD CMS 70	Global	H ₂ verde	Origen renovable	Sí	Con GdO	<36 meses	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-gate	N/A	g CO ₂ /MJ	28,3 gCO2eq/MJ	>99.9%	3 Mpa	Mass balance	N/A	N/A
TÜV Rheinland H2.21	Global (foco UE)	RFNBO		Sí	Con GdO	<36 meses	Sí-mensual	Zona oferta	Well-to-consumption gate	N/A	g CO ₂ /MJ	28,2 gCO2eq/MJ	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A
Bureau Veritas	Global		Etiqueta	Sí	Con GdO				Well-to-gate	N/A	kg CO2e /kg H2	2 kg CO2eq/kgH2	N/A	N/A	Mass balance	N/A	N/A

3.6 Rol del estado en la potencial exportación de productos

A continuación, se analizan los casos de los países seleccionados en función de su potencial como exportadores de hidrógeno, haciendo foco en acciones estatales para la definición de una estrategia de certificación y la adopción de un esquema.

3.6.1 Australia

El gobierno federal de Australia trabaja en el desarrollo de un Esquema de Garantía de Origen desde 2020. Una primera propuesta fue sometida a un periodo de consultas entre noviembre de 2022 y febrero de 2023. Se espera que la versión definitiva del esquema y el comienzo de la implementación se produzcan durante 2024, con una primera revisión en 2025 y revisiones periódicas cada cinco años.

En lugar de establecer categorías y umbrales propios, el esquema propuesto está dirigido a proporcionar datos fiables y consistentes de las emisiones de GEI asociadas al producto, de modo que los mercados de destino puedan determinar si cumple o no con sus requisitos domésticos. De este modo, los compradores y consumidores bajo otros esquemas de certificación internacionales sean regulados o voluntarios (por ejemplo, CertifHy), podrán utilizar los datos de la Garantía de Origen de Australia para evaluar si el producto cumple con su propia definición de "bajo en carbono", "verde" o "limpio".

En la contabilización de las emisiones, el esquema está alineado con la Metodología del IPHE, en cuya elaboración Australia tuvo un papel destacado. Si bien en principio el sistema estará limitado a las emisiones relacionadas con la producción de hidrógeno ("well-to-gate"), está prevista su ampliación a los segmentos de almacenamiento y transporte de hidrógeno e incluir también los derivados, como el amoníaco, cubriendo toda la cadena de valor hasta los consumidores finales o hasta el puerto de recepción en el caso de exportación.

Las vías de producción incluidas son la electrólisis con electricidad renovable, la gasificación del carbón con CCS y el reformado de gas natural con CCS.

Como parte del esquema de Garantías del Origen del hidrógeno, se propone crear un mecanismo de certificación para la energía eléctrica renovable, basada en el esquema de certificados Australian Renewable Energy Target (RET^{xxxvi}) ya existente. Es decir que habrá dos nuevos certificados:

- ✓ Garantía de Origen de productos (GO), expresada en 1kg H₂, que verifica la intensidad de carbono del producto.
- ✓ Garantía de Origen de Energía Renovable (REGO), expresada en 1 MWh, que verifica el carácter renovable de la electricidad, con información sobre la ubicación geográfica de la instalación, la fecha de su puesta en marcha y las horas en que se produjo la generación eléctrica.

Los certificados REGO podrán comercializarse de manera independiente de la electricidad, es decir que seguirán un enfoque de registro ("book and claim"). En cambio, los GO de productos seguirán un enfoque de balance de masa, comercializándose junto con el propio producto.

3.6.2 Brasil

En 2022, la Cámara de Comercialización de Electricidad (CCEE) lanzó un esquema de Certificación de Hidrógeno para el mercado brasileño, con el apoyo del Banco Mundial. Las normas y principios del esquema están reflejados en el Manual para Certificación de Hidrógeno.^{xxxvii} La versión inicial del documento estaba destinada a certificar la fuente de producción de bajas emisiones de carbono, para atender la demanda de proyectos piloto para fabricar el producto en Brasil. En los años posteriores, se realizaron ajustes atendiendo las demandas del mercado en relación con los estándares nacionales e internacionales.

A finales del 2023, las CCE emitió los primeros certificados para dos proyectos, uno en Ceará y otro en Minas Gerais. Asimismo, actualizó su manual para cumplir con criterios de la RED II y RED III y en enero de 2024 inició el proceso de reconocimiento como esquema voluntario nacional de certificación ante la Comisión Europea.

Con el objetivo de adaptarse a las reglas del mercado y ofrecer una certificación que esté en armonía con el mercado mundial del hidrógeno, el desarrollo del esquema de certificación se realizará por etapas y se irá revisando periódicamente.

4 Elementos de la implementación de la certificación del hidrógeno y sus derivados en el ámbito internacional

A la fecha, existen escasos ejemplos de registros de certificados o garantías de origen de hidrógeno constituidos por mandato gubernamental que estén plenamente implementados y en funcionamiento. Los casos más relevantes son el Registro de Garantías y Certificados de Origen de VertiCer en Países Bajos y el Registro de Garantías de Origen para gases renovables de ENAGAS GTS en España.

4.1 Regulación y acciones estatales

El registro de certificados o garantías de origen de un producto puede ser establecido por mandato gubernamental o por iniciativa privada, a instancias de los participantes del sector. También puede ocurrir que la implementación sea resultado de la cooperación entre los sectores público y privado, cuando comparten un objetivo de desarrollo de un mercado y entienden a la certificación como una herramienta eficaz para lograrlo. Un ejemplo de este último caso lo proporcionan los registros de certificación del biometano en Europa a partir de 2011, varios de los cuales fueron el resultado del esfuerzo conjunto de gobiernos, asociaciones y empresas del sector.

Las experiencias muestran una mayor agilidad en la implementación y operación en el caso de los registros privados, frente a una mayor confianza y respaldo del público en el caso de los registros gubernamentales. Se pone de relieve la importancia de la regulación y de la acción estatal en un sistema de certificación, ya que le otorga seguridad jurídica.

Teniendo en cuenta estas apreciaciones, puede concluirse que una implementación con el respaldo estatal y gran involucramiento del ámbito privado es la que puede aportar mayor valor, ya que garantiza su adecuación a las expectativas del mercado a la vez que aporta seguridad en las transacciones.

4.1.1 Arquitectura institucional: roles, atribuciones y responsabilidades

La arquitectura institucional de un sistema de certificación se refiere a su estructura de organización y funcionamiento. Esas estructuras deben estar diseñadas según las mejores prácticas para lograr una transparencia y rendición de cuentas óptimas, una toma de decisiones sólida, y una supervisión efectiva de todo el sistema, principios fundamentales para la certificación. Su diseño comprende:

- ✓ la constitución de órganos con sus funciones y responsabilidades,
- ✓ el establecimiento de canales de comunicación entre ellos y con relación a terceros, y
- ✓ la creación de procesos de toma de decisiones.

En el ámbito internacional pueden identificarse los siguientes órganos, con las funciones y responsabilidades en la constitución y operación del sistema (**Figura 5**):

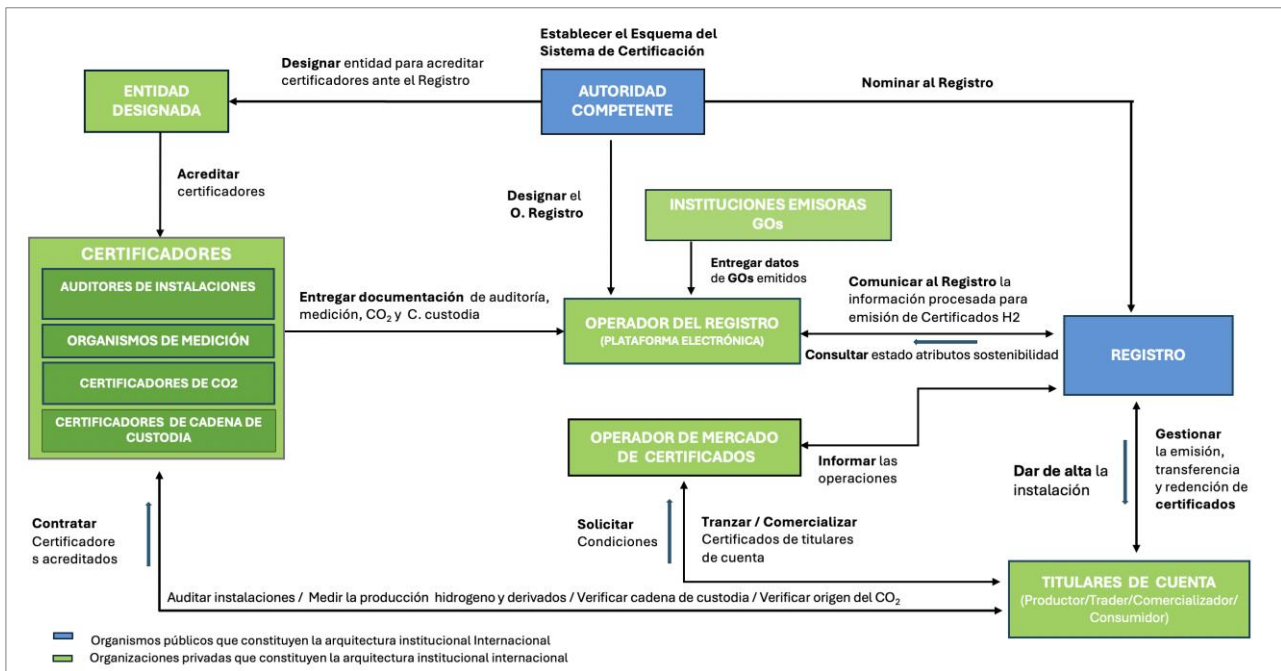


Figura 5: Funciones, roles y responsabilidades en el sistema de certificación regulado. Fuente: elaboración propia.

Autoridad Competente

- Crea el Registro.
- Establece el esquema o estandar.
- Designa al organismo emisor de certificados.
- Aprueba a uno o varios certificadores.

Certificadores

- Verifican la elegibilidad de las instalaciones de producción a través de una auditoría, para su inscripción en el registro.
- Verifican los volúmenes de producción y consumo a través de equipos de medición, adaptados a la logística que se requiera.

Organismo Emisor o Registro

- Supervisa que el funcionamiento del sistema cumpla con el esquema.
- Decide sobre la admisión de las instalaciones de producción y los titulares de cuenta en el sistema.
- Decide sobre la emisión, transferencia, importación, exportación y cancelación de los certificados.

Operador del Registro (plataforma digital)

- Desarrolla y gestiona la plataforma de registro como sistema electrónico.
- Hace seguimiento de las operaciones de emisión, transferencia, importación, exportación y cancelación de los certificados.

Titulares de Cuentas

- Productores, suministradores, comercializadores, intermediarios (traders), consumidores y todo otro perfil que se defina en el esquema, en consonancia con el régimen jurídico del sector energético de la jurisdicción.
- Solicitan la inscripción de su instalación y la emisión de certificados por los volúmenes producidos, en el caso de los productores.
- Solicitan la transferencia, importación, exportación y cancelación de certificados, bajo las condiciones del esquema.

En una configuración más simple, puede existir una concentración de roles y responsabilidades en un único gestor que actúe a la vez como organismo emisor y operador del registro. Esta estructura tiene la ventaja de una mayor simplicidad administrativa y organizativa, pero no siempre resulta implementable porque la operación del registro requiere herramientas tecnológicas específicas que no suelen estar disponibles como recurso interno propio del organismo emisor. Por eso, la operación se terceriza en empresas que ofrecen servicios especializados en este tipo de plataformas.

La constitución de estos órganos debe ir acompañada de un sistema de gobernanza, es decir un marco de reglas de funcionamiento y procesos para la interacción entre ellos y la toma de decisiones.

4.1.2 Sistemas de gobernanza

La gobernanza de los órganos y la capacidad técnica y operativa de su personal tienen una influencia significativa en la solidez del sistema de certificación.

Una gobernanza transparente, que otorgue representación adecuada a las partes interesadas en los procesos y la toma de decisiones, permite el control efectivo de la gestión, agiliza la aplicación de las normas, garantiza el acceso a la información, reduce el riesgo de conflictos de intereses y en consecuencia aumenta la eficacia general del sistema. Por el contrario, una gobernanza opaca y poco participativa impide un control eficaz de la gestión y resta confianza del público en el sistema, reduciendo su efectividad.

La transparencia de la gobernanza es mayor en el caso de los sistemas creados por organismos públicos y basados en afiliación abierta de partes privadas, que participan en los órganos de gestión. La buena práctica en la gobernanza requiere la inclusión de diferentes grupos de partes interesadas en sus órganos de gestión, como productores, comerciantes, ecologistas, investigadores, etc., ya que la representación de diferentes grupos de intereses garantiza un proceso de toma de decisiones más equilibrado, así como un desarrollo más exhaustivo de las normas de los regímenes y una supervisión más amplia de su aplicación.

Del mismo modo, si la capacidad técnica y operativa de los gestores y del personal es débil, aumenta el riesgo de incumplimiento efectivo de las normas por parte de los participantes, redundando en falta de confianza y también resta eficacia al sistema. La mayor eficacia en la gestión se logra a través del desarrollo de capacidades del personal, con dedicación exclusiva a la función.

4.1.3 Registros nacionales – Sistemas regulados

El papel principal de un registro es documentar la emisión, transferencia y cancelación de los certificados y garantías de origen. Adicionalmente, en el caso particular de los registros nacionales, puede resultar un actor relevante en el sector, ejerciendo otras funciones de referencia en el mercado:

- ✓ En función del esquema de gestión adoptado, puede ejercer funciones directas de control, auditoría y verificación de la producción y el consumo de energía declarados.
- ✓ Brinda apoyo a las autoridades nacionales en la gestión de datos sobre cuotas de energía renovable y regímenes de apoyo aplicables a los productores y otros participantes.
- ✓ Sirve como un centro de conocimiento para promotores y desarrolladores de proyectos, proporcionando una plataforma para el intercambio de información sobre temas relacionados con las energías renovables.
- ✓ Proporciona referencias para abordar cuestiones políticas nacionales específicas, como el cumplimiento de los objetivos nacionales de energía renovable.
- ✓ Puede actuar como nexo y punto de encuentro entre distintos sectores de la energía, por ejemplo, entre el sector del hidrógeno y el de la generación eléctrica, y entre productores de energía y las industrias consumidoras.

4.1.4 Reconocimiento recíproco de registros y certificados

En principio, los certificados y garantías de origen emitidos por un registro nacional solo tienen validez dentro de la jurisdicción de emisión. El ámbito geográfico de aplicación de los esquemas de certificación regulados está delimitado por la jurisdicción del gobierno que lo establece, de modo que lo que se puede certificar es el hidrógeno producido en instalaciones locales, registradas en ese país.

El hidrógeno importado de otros países debe lograr el reconocimiento de las entidades responsables de la certificación bajo esas normas locales para certificar su origen. Este reconocimiento se puede obtener si el país de origen también tiene establecido un esquema de certificación regulado y existe un acuerdo de reconocimiento mutuo de las respectivas certificaciones entre los países de origen y destino, o si la certificación de origen se realiza bajo un esquema voluntario que es reconocido por el país de destino.

En el caso de la Unión Europea, la RED II establece un principio de reconocimiento mutuo de las garantías de origen emitidas por los registros nacionales de los Estados miembros, salvo que existan dudas fundadas sobre su exactitud, fiabilidad o veracidad. La negativa y su justificación deben ser notificadas a la Comisión Europea, quien decide en última instancia. En cambio, no se reconocen las garantías de origen expedidas por terceros países, salvo acuerdo internacional de la Unión Europea y solo para importación y exportación directa de energía.

El reconocimiento entre registros nacionales europeos se implementa a través de la Asociación de Organismos Emisores (Association of Issuing Bodies AIB^{xxxviii}), entidad que organiza el comercio de todas las garantías de origen europeas, como electricidad y gases renovables, en parte mediante la elaboración de un conjunto de normas llamado Sistema Europeo de Certificación Energética (EECS), de modo que las garantías de origen sean comparables en toda Europa. Además, la AIB también gestiona el “AIB hub”, una plataforma informática a través de la cual se realiza el intercambio de garantías de origen entre organizaciones gubernamentales normalizadas.

En otros países fuera de la Unión Europea, normalmente el reconocimiento recíproco de registros y garantías de origen requiere un acuerdo bilateral entre los gobiernos de las jurisdicciones implicadas, estableciendo las reglas para ese reconocimiento.

4.2 Plataformas de mercado

Las plataformas de mercado de certificados y garantías de origen pueden contribuir a expandir el sector económico, en este caso el hidrógeno y sus derivados, al estimular las transacciones y crear liquidez.

Si bien los certificados y garantías de origen pueden comercializarse en transacciones bilaterales, una plataforma de mercado proporciona un ámbito organizado y seguro, donde las partes puedan cerrar transacciones inmediatas, anónimas, no discriminatorias y transparentes sobre diversos productos, ofrecidos a corto plazo y a futuro. Pueden enumerarse sus ventajas:

- Mercado líquido a corto plazo y a futuro, con oportunidades para la organización de subastas.
- Señales de precios transparentes que responden a oferta y demanda. El mercado puede actuar como contraparte central en las transacciones y publicar los resultados de precios, facilitando la compraventa, dándole transparencia al proceso y proporcionando una señal de precio fiable.
- Eliminación de barreras de acceso. Al crear un mercado líquido y transparente, es el instrumento para la evolución de un mercado bilateral y opaco hacia una estructura más competitiva, en beneficio para los consumidores finales y la economía en su conjunto.
- Instrumentos de flexibilidad de cartera y gestión de riesgo. Productos diarios y a futuro ofrecen a los agentes del mercado instrumentos de mitigación de riesgo, frente a volatilidad de precios.
- Prevención de fraude y garantía de libre competencia. Puede comunicar a las autoridades competentes los comportamientos contrarios al correcto funcionamiento del mercado, como la manipulación o tentativa de manipulación, las operaciones con información privilegiada y otras situaciones que puedan resultar anómalas, contribuyendo a la transparencia del sistema.

Un ejemplo avanzado de plataforma de mercado de garantías de origen para hidrógeno lo proporciona el Grupo EEX^{xxxix}. Su filial Grexel es miembro del consorcio CertifHy y presta servicios de subastas y organización de plataformas a varios registros europeos de garantías de origen de gases renovables^{xl}.

En Europa, la mayoría de los miembros de Europex (Association of European Energy Exchanges^{xli}) proveen servicios para transacciones de garantías de origen de energías renovables y otros productos medioambientales.

4.3 Monitoreo, verificación y reporte (MRV)

El esquema de certificación define los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones de producción para entrar en el sistema y establece los procedimientos para inscribirse y mantenerse en el registro. Asimismo, define los elementos a cumplir por la producción de esas instalaciones y las condiciones para la emisión de los certificados.

Para ser efectivas, esas reglas deben complementarse con un sistema de monitoreo, verificación y reporte (MVR) de las instalaciones de producción y de los volúmenes de producción a ser certificados, que asegure la fiabilidad de los datos.

Por regla general, la instalación que solicita su inscripción en el registro proporciona datos básicos sobre su configuración técnica. A partir de esa solicitud, se realiza una auditoría inicial que verifica los datos aportados y evalúa la aptitud de la instalación, sobre cuyos resultados se decide la admisión o rechazo de la solicitud de inscripción en el registro.

A partir de la inscripción y como condición necesaria para mantenerse en el registro, las instalaciones quedan sometidas a auditorías periódicas y obligatorias, en plazos que suelen ser entre seis meses y un año, según el caso.

Las funciones de supervisión sobre la auditoría inicial y las siguientes auditorías de verificación son ejercidas por la autoridad competente que actúa como entidad responsable del sistema, quien normalmente puede solicitar medidas adicionales de verificación si considera que la información y los datos proporcionados por los productores o las empresas de auditoría son dudosos o incompletos.

El reporte y la verificación de los volúmenes de producción y su conformidad con las normas del sistema requiere la instalación de equipos de medición que cumplan determinados requisitos técnicos y referencias de diseño.

Las mediciones rutinarias de los insumos y la producción las realiza el interesado, es decir el operador de la instalación de producción, y las reporta al registro junto con la solicitud de emisión de los certificados o garantías de origen. Los equipos de medición están sometidos a verificaciones periódicas por una entidad de medición acreditada ante el registro. Las verificaciones suelen ser semestrales o anuales, y se realizan para comprobar el correcto funcionamiento de los equipos, que permita registrar la calidad del producto y la exactitud de las mediciones realizadas por el productor.

La **Figura 6** muestra los sitios de actuación de cada sujeto en las auditorías de las instalaciones, las verificaciones de equipos de medición de la producción y la supervisión de un sistema de MRV.

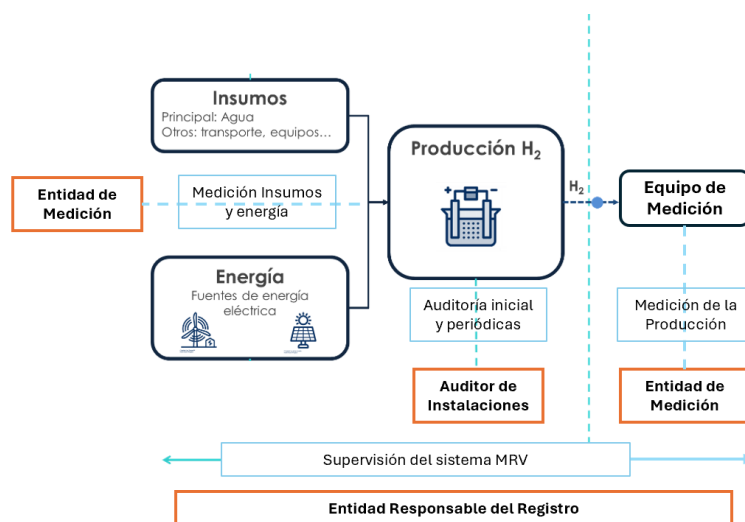


Figura 6: Roles de un sistema de MRV para la certificación. Fuente: elaboración propia.

4.3.1 Entidades de certificación y auditoría

Para llevar a cabo las auditorías de las instalaciones, el registro autoriza un número de empresas de auditoría que califiquen según los requisitos mínimos que se exijan y pone a disposición de los interesados el listado de empresas autorizadas entre las cuales puede hacer su selección. Normalmente, las entidades de auditoría autorizadas son entidades de certificación reconocidas a nivel nacional o internacional, que cuentan con la calificación específica para el tipo de instalaciones sobre las que deberán actuar.

La entidad auditora seleccionada inspecciona las instalaciones, lleva a cabo las comprobaciones necesarias y elabora el informe de auditoría. Tiene obligaciones de confidencialidad y debe comunicar a la autoridad competente cualquier sospecha de prácticas fraudulentas.

La verificación periódica de los equipos de medición de producción la realiza una entidad medidora que esté autorizada por la autoridad competente según los requisitos que se establezcan.

4.4 Transparencia del sistema

Para ser eficaz y lograr la confianza de los participantes del mercado, el sistema de certificación debe fundarse en los principios generales de transparencia, objetividad, eficiencia en la gestión y no discriminación entre los sujetos participantes.

Desde el punto de vista de la constitución y el funcionamiento de los órganos del registro, pueden implementarse ciertas herramientas de gobernanza y prevención de actividades fraudulentas para transparencia del sistema, como las siguientes:

- ✓ Informe de gestión periódico y rendición de cuentas.
- ✓ Publicidad de los actos administrativos.
- ✓ Protección de datos de los titulares de cuentas.
- ✓ Políticas de prevención de los conflictos de interés.
- ✓ Participación de una amplia base de partes interesadas en el sistema de gobernanza.
- ✓ Sistemas para detectar el fraude y eliminar certificaciones fraudulentas. Esto incluye:
 - Establecer canales ágiles de comunicación entre los distintos actores, como certificadores y auditores, el organismo emisor y las autoridades responsables.
 - Establecer un régimen de infracciones, sanciones y procedimientos administrativos para aplicarlas.
 - Otorgar potestad sancionadora a los órganos de la Administración que corresponda, dentro del marco jurídico del sector público.

La participación de partes interesadas en la gobernanza del registro es una práctica recomendada ("best practice") para los sistemas voluntarios, y también adoptada por registros nacionales como es el caso de España. Puede ser un elemento importante de consenso, transparencia y prevención de conflictos de interés, siempre y cuando su base sea amplia y diversa, no concentrada en unos pocos actores, y funcione bajo principios preestablecidos, objetivos y no discriminatorios.

Entre las partes interesadas se incluyen representantes de organismos públicos relacionados con el sector, como por ejemplo medioambiente, defensa de la competencia y reguladores, y actores del sector privado con actuación en el registro, como por ejemplo los tenedores de cuentas y las principales asociaciones sectoriales.

Su actuación se implementa a través de un órgano colegiado con funciones consultivas e informativas, regido por un reglamento interno que establezca las propias autoridades y contemple los mecanismos de expresión de intereses transparente y toma de decisiones equitativa. Así, el órgano puede presentar solicitudes de información, propuestas de modificaciones a los procedimientos del registro para su actualización y mejor funcionamiento, recomendaciones y análisis de mercado, etc.

4.4.1 Cadena de custodia y trazabilidad

La trazabilidad de un producto se refiere a la posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de su proceso de producción, transporte y distribución, es decir a lo largo de su cadena de valor. La cadena de custodia es el procedimiento de seguimiento de la cadena de valor de un producto para poder documentar su trazabilidad.

La cadena de valor de producción y suministro de hidrógeno renovable consta de una serie de elementos individuales, desde la provisión de insumos, como el agua y la electricidad renovable, siguiendo con el proceso de producción, es decir la electrólisis, el acondicionamiento, la eventual transformación en derivados y el transporte nacional e internacional.

El seguimiento de todos esos segmentos para poder documentar su trazabilidad exige el tratamiento integrado de una enorme cantidad de datos de naturaleza muy variada. En el caso de los intercambios internacionales, se añade la complejidad del seguimiento y la verificación a través de distintos países y regiones, que requiere la integración de bases de datos dispersas, que pueden tener sistemas incompatibles o sin comunicación recíproca. Utilizando herramientas digitales basadas en datos, puede lograrse un sistema automático, seguro y eficiente, previniendo la manipulación de la información y aumentando la confianza de las partes intervinientes.

Actualmente, existen distintas tecnologías aplicadas para recopilar, hacer el seguimiento y compartir información sobre los intercambios de mercadería en el comercio internacional, que incluyen la identificación por radiofrecuencia, Internet de las cosas (Internet of Things IoT, en inglés), Inteligencia Artificial de las Cosas (Artificial Intelligence of Things AIoT^{xiii}, en inglés), que es la unión de Inteligencia Artificial (AI) y el Internet de las Cosas (IoT), los Gemelos Digitales (Digital Twins)^{xliii} y *blockchain*^{xliv}. Estas tecnologías pueden adaptarse a los tipos de información necesarios para rastrear los volúmenes de hidrógeno y sus derivados en una cadena de suministro global, teniendo en cuenta los principios de balance de masa para la certificación de sostenibilidad en todo el ciclo de vida del producto.

La tecnología blockchain ya se está utilizando para hacer el seguimiento de los datos necesarios para la certificación de origen y sostenibilidad del hidrógeno:

- ✓ Siemens Energy – Certificación de Energía Limpia (Clean Energy Certification CEC, en inglés)^{xlv}. En 2021 se aplicó a la planta de prototipos y pruebas híbridas de Siemens Gamesa en La Plana (España). La primera implementación a escala industrial será en Haru Oni, Chile, para la producción de combustible sintético.
- ✓ Acciona Energía - GreenH2chain^{xlvi}. Se trata de una plataforma digital desarrollada como parte del proyecto Power to Green Hydrogen de la isla de Mallorca (España).

Pasaporte Digital para Hidrógeno (Digital Product Passport – DPP)

Un DPP es una colección estructurada de datos y atributos relacionados con el producto a lo largo del ciclo de vida del mismo. Los DPP comparten información para cada producto a lo largo de toda la cadena de valor y los datos relevantes se analizan y se proporcionan a las autoridades cuando es necesario. Además, proporciona a los clientes finales información continua para el cálculo de sus emisiones de CO₂e.

La implementación de un DPP en toda la cadena de valor del hidrógeno y Power-to-X puede resolver las limitaciones existentes, permitiendo transparencia global, certificación automatizada, interoperabilidad, confianza y descarbonización industrial.

Las DPP ofrecen una plataforma de certificación automatizada y segura, gestionan puntos de datos relacionados con las Garantías de Origen y la Prueba de Sostenibilidad, así como otros KPI, agilizando así la certificación y el comercio de hidrógeno y otros vectores de energía.

Además, al utilizar estándares técnicos reconocidos internacionalmente para compartir datos sobre emisiones de GEI se garantiza que las empresas de todo el mundo puedan integrar fácilmente sus emisiones de GEI en la cadena de valor. Esto agregará confianza y responsabilidad a las reducciones de GEI logradas a través del hidrógeno y sus derivados beneficiando tanto al pasaporte digital de productos (DPP) como al público en general.

A continuación, se muestra un ejemplo de un DPP para hidrógeno desarrollado por *Point Twelve*² en colaboración con *Hydrogen Europe*, con foco en la tecnología habilitada en todas las cadenas de valor de los vectores de energía (**Figura 7**).

² Ver <https://point-twelve.energy/> o <https://www.atmen.co>

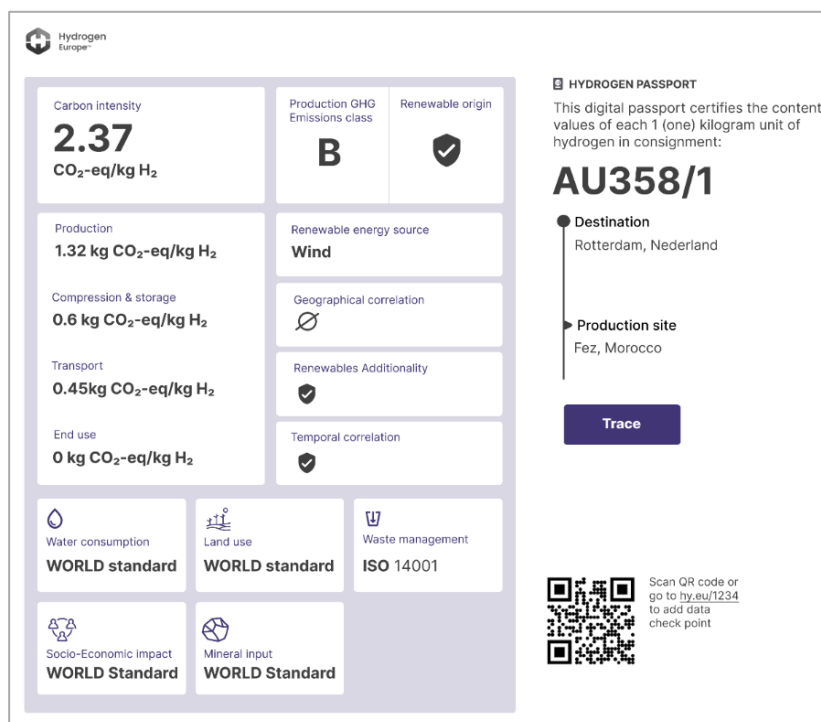


Figura 7: Ejemplo de pasaporte digital para hidrógeno. Fuente: Point-Twelve Energy.

4.4.2 Riesgos de doble contabilidad y mitigaciones

Los sistemas de contabilidad de la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de un producto tienen un riesgo de doble contabilidad, tanto de las emisiones como de las reducciones. Las causas posibles de este riesgo de doble contabilidad son las siguientes:

- ✓ El consumo energético de varias fuentes, incluida la generación propia más el consumo de red, junto con las compras de potencia o certificados verdes de generación que compensen emisiones.
- ✓ El establecimiento de límites de batería poco claros para el cálculo de la huella de carbono entre diferentes participantes en una cadena de valor, que puede dar lugar a que dos empresas se atribuyan las mismas reducciones de emisiones.
- ✓ La realización de la contabilidad de las emisiones reducidas o evitadas en diferentes jurisdicciones de las emisiones emitidas, sin tener garantías de su no aplicación en otras jurisdicciones en paralelo ni verificaciones entre reguladores de esa potencial ocurrencia.
- ✓ El establecimiento de mecanismos compensatorios de emisiones que no se correspondan realmente con las reducciones esperadas.

En el caso del hidrógeno renovable y sus derivados, un primer foco de emisiones está ligado a la fuente de energía eléctrica utilizada para su producción. Evitar la doble contabilidad y la doble comunicación conlleva en este caso una asignación de atributos a cada unidad de electricidad renovable consumida para que pueda ser perfectamente identificable, transferible y utilizada una única vez en el sistema. Una vez producida la molécula de hidrógeno, el foco debe ponerse en su trazabilidad y evitar la doble contabilidad de sus atributos a lo largo de su cadena de valor.

En el caso de exportaciones e importaciones de hidrógeno, las diferencias entre los esquemas de certificación de los países hacen aún más difícil mitigar los riesgos de doble contabilidad. También por esa razón es necesario definir una comparativa clara con el país destinatario de las exportaciones.

La doble contabilidad de una misma unidad de energía puede producirse en el momento de la emisión de los certificados, en la transferencia o en el momento de la redención por consumo. En la Unión Europea, la RED II indica que se debe evitar la doble contabilidad y la doble comunicación de las garantías de origen, de modo que una misma unidad de energía, con sus atributos específicos de producción, calidad y cantidad, sea tenida en cuenta solo una vez para la emisión, transferencia, importación, exportación y cancelación en registro.

Existen herramientas para mitigar los riesgos de doble contabilidad y doble comunicación de los atributos de una misma unidad de energía. Una de ellas es asegurar la trazabilidad y fiabilidad de la información por medio de bases de datos robustas y actualizadas en tiempo real, que cuenten con sistemas de vinculación o comunicación con otras bases de datos con respecto a las cuales existan riesgos de doble contabilidad.

Base de Datos de la Unión

En enero de 2024 entró en funcionamiento la Base de Datos para Biocombustibles de la Unión, cuyo establecimiento por parte de la Comisión Europea había sido previsto en el Artículo 31 de la RED II. Siguiendo ese modelo, el Artículo 31 bis introducido por la RED III ordena a la Comisión Europea la creación de una Base de Datos de la Unión para el seguimiento de los RFNBO y los RCF, fijando un plazo hasta el 21 de noviembre de 2024 para su establecimiento.

Esa Base de Datos integrará los datos pertinentes que se encuentren en las bases de datos nacionales y la información que los actores económicos deberán suministrar sobre sus transacciones y las características de sostenibilidad de los RFNBO y los RCF, incluyendo las emisiones de GEI en su ciclo de vida, desde el lugar de producción hasta su entrada en el mercado de la Unión Europea.

Los Estados miembros tendrán acceso a la base de datos de la Unión a efectos del seguimiento y la verificación de datos. Las bases de datos nacionales pueden ser utilizadas, adaptándolas y vinculándolas a la Base de Datos de la Unión mediante una interfaz, a condición de que:

- ✓ sea conforme con la Base de Datos de la Unión en lo que respecta a la puntualidad de la transmisión de los datos, la tipología de los conjuntos de datos transmitidos y los protocolos de calidad y verificación de los datos, y
- ✓ se garantice que los datos introducidos en la base de datos nacional sean inmediatamente transferidos a la Base de Datos de la Unión.

Mix Residual

Otra herramienta de mitigación del riesgo de doble contabilidad es el cálculo del mix residual del sistema eléctrico, que muestra las fuentes de suministro que no están cubiertas por garantías de origen o certificados. Los consumidores finales que no reclamen garantías de origen o certificados asociados a su consumo deben reclamar el mix residual y su factor de emisión asociado.

En la Unión Europea, AIB realiza un cálculo anual centralizado de mix residual que cubre a todos los Estados miembros. La metodología de cálculo fue desarrollada a través de los proyectos E-Track II, RE-DISS y RE-DISS II y revisada periódicamente por AIB, la última vez en 2020^{xlviij}.

4.5 Registros de certificados y garantías de origen en distintas jurisdicciones: Unión Europea

En la Unión Europea, los Estados miembros están obligados a constituir registros de garantías de origen de gases renovables, incluyendo hidrógeno, por mandato del Artículo 19 de la RED II. En varios casos, los registros de biometano existentes están sirviendo como referencia y modelo, por reforma o expansión de su ámbito de aplicación al hidrógeno, como en los casos de Países Bajos o Alemania. En otros casos, como España, no existía una experiencia previa y el registro tuvo que ser creado para todos los gases renovables, es decir biogás, biometano e hidrógeno.

Alemania

El registro de garantías de origen de hidrógeno de Alemania todavía no está constituido, pero el Gobierno ya comenzó el proceso legislativo para implementarlo. En septiembre de 2023 se presentó un proyecto de ordenanza sobre garantías de origen de gases, calor y refrigeración renovables y otro de ordenanza para revisar el Reglamento de aplicación de la Ley Federal de Control de Inmisiones.

En los proyectos, se propone a la Agencia Alemana de Medio Ambiente (Umweltbundesamt UBA) como la autoridad competente responsable de la aplicación de estas ordenanzas y del establecimiento de bases de datos electrónicas, que incluirán el registro de certificados de hidrógeno procedente de fuentes renovables. De esta manera, la UBA asume el rol de operador del esquema de certificación, quedando por definir la estructura, otros roles y el funcionamiento del registro.

Por encargo de UBA, el Centro de Investigación en Economía de la Energía (FfE) lleva adelante un proyecto que tiene como objetivo proporcionar las bases para la implementación práctica del sistema de garantía de origen^{xlviii}.

Países Bajos

Desde enero de 2023, VertiCer^{xlix} es el órgano emisor de garantías y certificados de origen para todas las energías renovables, incluyendo electricidad, energía térmica, gases e hidrógeno, con alcance nacional. Se reemplaza así el registro Vertogas de garantías de origen para biometano y se integra la certificación de todas las energías renovables bajo un mismo órgano emisor.

VertiCer es una subsidiaria de Gasunie, operador del sistema energético, y Tennet TSO, operador de la red de transmisión eléctrica.

Dinamarca

Por Orden Ejecutiva del 1 de julio de 2023, Dinamarca estableció un sistema de garantías de origen para el hidrógeno renovable y sus derivados, como el amoníaco y el metanol, que ya está en funcionamiento. Se trata de una extensión del esquema existente, que era aplicable solo a la electricidad, el biometano y el calor renovables.

Aunque el esquema sigue en general las normas establecidas por la Unión Europea para RFNBO, existen ciertas diferencias notables.

En primer lugar, permite el uso de la energía de la red con correlación temporal de tres meses, en lugar de mensual o por hora. Además, no se impone el requisito de adicionalidad mínima de 36 meses para la generación eléctrica, como exige la regulación comunitaria, sino que se permitirá la emisión de garantías de origen para el hidrógeno producido por electricidad de la red si el productor de hidrógeno puede proporcionar garantías de origen de electricidad renovable.

Estas diferencias pueden explicarse porque Dinamarca tiene una matriz energética de alrededor del 89% de fuentes renovables, muy cercano al umbral de 90% por debajo del cual las normas de la Unión Europea permiten que el hidrógeno sea producido con energía de la red.

España

EL Real Decreto 376/2022ⁱ creó el sistema de garantías de origen para gases renovables y designó al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), que tiene a su cargo las áreas de energía y medioambiente, como entidad responsable. Sin embargo, mientras el Ministerio no disponga de los medios humanos y materiales para ejercer esa función, se la delega de forma transitoria en la empresa ENAGAS GTS, entidad independiente designada como Gestor Técnico del Sistema Gasista por la Ley 34/1998 del Sector de Hidrocarburos.

El registro ya está implementado y en funcionamiento desde enero de 2023, cuando se abrió el procedimiento de inscripción de instalaciones y titulares de cuentasⁱⁱ.

5 Situación normativa e institucional de la certificación de hidrógeno y sus derivados en Chile

5.1 Descripción del estado del arte existente

Según informa la Asociación Chilena de Hidrógeno H2 Chile^{lii}, actualmente existen en Chile 64 proyectos de hidrógeno renovable y sus derivados en diferentes fases de desarrollo, con una capacidad de potencia nominal anunciada de 26,4 GW de electrólisis. Uno de ellos utilizará energía geotérmica en la región de Aysén y ninguno prevé el uso de biomasa. El 47% de los proyectos está orientado a la demanda interna y el 28% a la exportación, mientras que la porción restante aún no especifica el destino de su producción. En cuanto a la distribución geográfica de los proyectos, 26 se encuentran en la zona norte (desde la frontera norte del país hasta el río Aconcagua), 14 en la zona centro (entre los ríos Aconcagua y Bío Bío), 22 en la zona sur (desde el río Bío Bío hasta el límite Sur del país) y 2 no han dado información sobre su ubicación^{liii}.

El Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030 traza los lineamientos para el sistema de certificación de sostenibilidad para el hidrógeno, amoníaco y otros combustibles sintéticos en Chile, con foco en los proyectos de exportación. La Línea de Acción 18 “Apertura de Mercados Internacionales” contempla dos acciones claves, con sus hitos de realización y sus instituciones responsables:

- ✓ **Acción 79:** *Elaborar una propuesta estratégica para contar con un sistema de certificación de sostenibilidad para hidrógeno, amoníaco y otros combustibles sintéticos en Chile, profundizando en aquellos elementos asociados a la estructura de certificación que garantice el cumplimiento de los requisitos de importación que se están discutiendo en Europa (especial énfasis en Alemania), Japón, República de Corea, entre otros, aplicados a hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos.*

- **Hito 7 (2024):** *Concretar la participación de Chile en esquemas de certificación regional, tales como CertHiLAC.*
- **Hito 8 (2025):** *Publicación del estudio y hoja de ruta para establecer los requerimientos para cumplir con los estándares internacionales de los principales polos de importación coherentes con el contexto regulatorio nacional.*

Instituciones responsables: Ministerio de Energía y Ministerio de Medio Ambiente, con el apoyo de GIZ y BID, entre otros.

- ✓ **Acción 80:** *Fortalecer el Registro Nacional de Energías Renovables (RENOVA) del Coordinador Eléctrico Nacional como plataforma base del sistema de certificación de hidrógeno.*

- **Hito 9 (2025):** *Primera habilitación de plataforma RENOVA para el sistema de certificación de hidrógeno.*
- **Hito 10 (2026-2030):** *Puesta en marcha de la plataforma de certificación.*

Institución responsable: Ministerio de Energía en estricta coordinación con el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

5.1.1 Certificación del origen renovable de la electricidad

Chile cuenta con dos sistemas de garantías de origen de la electricidad: el Registro Nacional de Energías Renovables RENOVA^{liv}, operada por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN)^{lv} y el programa I-REC de I-TRACK^{lvi}, cuyo emisor local es SCX Santiago Climate Exchange^{lvii}.

5.1.1.1 RENOVA

RENOVA es una plataforma de trazabilidad y emisor oficial de información de transferencias de atributos renovables en el mercado del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). El SEN da cobertura al 98,5 % de la población nacional y funciona como mercado mayorista tipo pool de participación obligatoria, con costos de generación declarados y auditados, con un mercado spot cerrado a generadores y un mercado de contratos bilaterales financieros. Estos últimos pueden ser de negociación directa entre generadores y consumidores directos (clientes libres) o resultantes de una licitación con distribuidores (clientes regulados) (Figura 8).

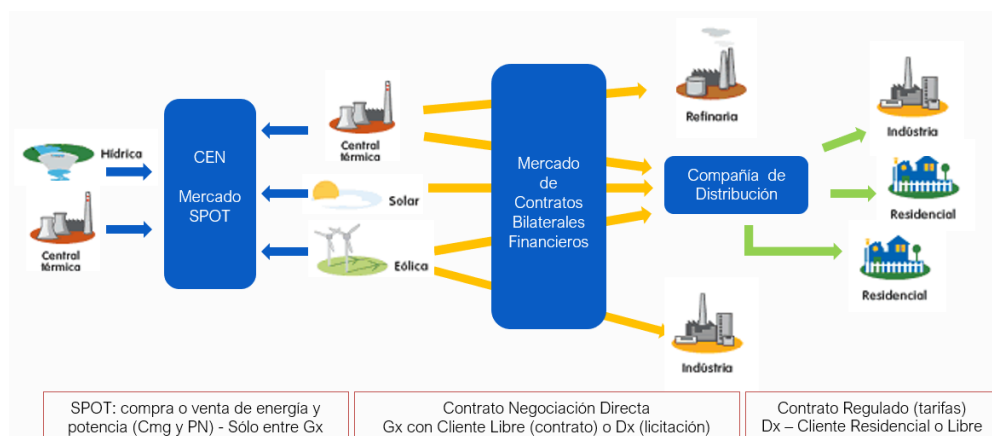


Figura 8: Estructura del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de Chile. Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional.

A partir de la información del CEN sobre instalaciones conectadas al SEN y las inyecciones y los retiros de electricidad entre coordinados, la plataforma RENOVA registra las transferencias de atributos de energías renovables, verificados y almacenados mediante tecnología blockchain^{lviii} (Figura 9).

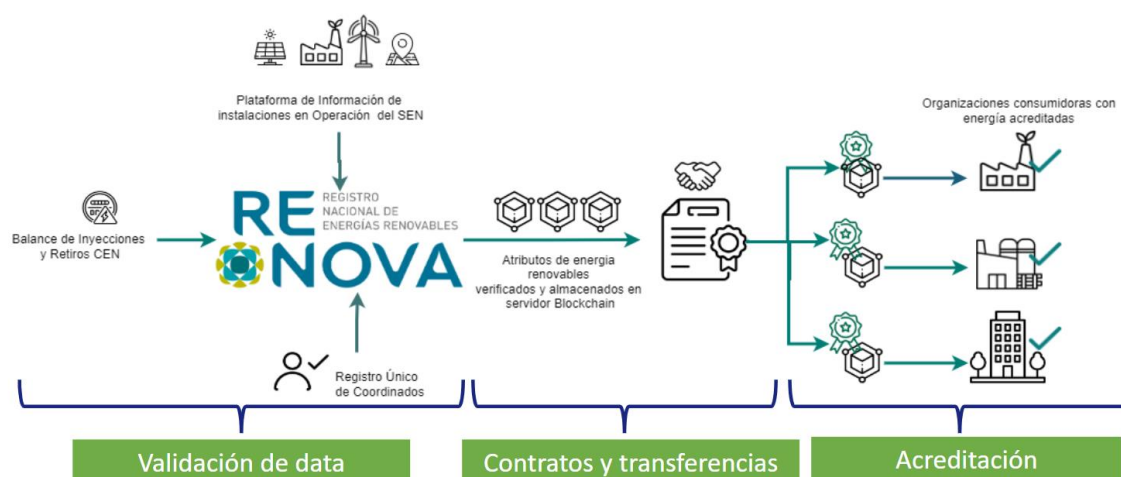


Figura 9: Funcionamiento del sistema RENOVA. Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional.

Pueden participar en RENOVA las generadoras que inyectan energía renovable al SEN y los consumidores que tienen un contrato de compraventa de energía renovable con una generadora. Asimismo, las entidades certificadoras pueden solicitar acceso para obtener información del registro de transferencia para acreditar atributos renovables de las organizaciones que se lo soliciten.

RENOVA construyó una metodología^{lix} en base a estándares internacionales (GHG Protocol) que permite la asignación de un factor de emisiones de CO₂eq al consumo de energía de una organización y reconocer el atributo cero emisión de GEI del suministro mediante fuentes de energía renovable. En paralelo, se calcula un factor de emisión residual de la red que puede ser utilizado por las organizaciones que no poseen consumo de atributos de energía renovable reconocidos.

5.1.1.2 I-REC

Además de la plataforma RENOVA, en Chile también opera el programa I-REC de I-TRACK, una certificación privada del origen renovable de la electricidad cuyo emisor local es SCX Santiago Climate Exchange.

Los I-REC son certificados de atributos de energía renovable intercambiables que evidencian la producción de electricidad de una fuente de energía renovable.

El estándar funciona bajo un principio de registro (book-and-claim) a través de una plataforma digital que garantiza la trazabilidad en el ciclo de vida de un atributo, desde su emisión y sucesivas transferencias hasta su asignación a un consumidor final de energía (redención). La unidad de medida es el MWh.

Existen dos roles en el sistema, que pueden ser ejercidos por una misma entidad:

- **Registrante:** entidad que administra los activos que se registran bajo su contrato y puede solicitar la emisión de los I-RECs asociadas a ellas. Los Registrantes actúan del lado del productor de energía de fuente renovable, y pueden ser el generador o un agente del generador. Un Registrante no tiene que ser el propietario de la instalación. Sin embargo, debe tener el derecho exclusivo de comercializar el atributo de energía renovable. Los Registrantes son las únicas partes que pueden registrar una instalación de producción en la plataforma y solicitar la emisión de I-REC.
- **Participante:** entidad que gestiona los I-RECs emitidos por un Registrante, pudiendo mantenerlos, transferirlos o redimirlos a través de su cuenta.

En el caso de los consumidores finales, no es necesario que se registren. Como beneficiarios, reciben una Declaración de Redención que notifica la propiedad de los I-RECs a su nombre. Alternativamente, puede convertirse en Participante y comprar directamente en el mercado. En el caso de intermediarios que quieran actuar como comercializadores (traders) de I-RECs, deben tener activa en la plataforma una cuenta de Participante.

Para evitar la doble contabilidad, la doble emisión de atributos y la doble declaración de atributos, con cada solicitud de emisión de certificados el Registrante debe presentar una declaración legal en la cual confirma que no ha solicitado ni solicitará la emisión de certificados por otra metodología de seguimiento de atributos.

Cabe mencionar que I-TRACK está desarrollando un Código de Producto para hidrógeno, cuya validez dentro de la Unión Europea dependerá de su reconocimiento como esquema voluntario por la Comisión Europea, que hasta el presente no ha sido solicitado.

5.1.2 Certificación de emisiones

En Chile existen varios sistemas relacionados con la contabilización de emisiones:

- **Programa de Gestión del Carbono Huella Chile^{ix}.** Este programa voluntario busca fomentar el cálculo, reporte y gestión de GEI en organizaciones públicas y privadas, a través de herramientas de cálculo y especificaciones estandarizadas de contabilidad, cuantificación e informe de emisiones. Funciona a través de una plataforma diseñada bajo la norma NCh ISO 14064-1, usando factores de emisión oficiales aprobados por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA).
- **Sistema de certificación voluntaria de emisiones de GEI y uso del agua del Artículo 30 de la Ley Marco de Cambio Climático.** El otorgamiento de los certificados corresponde al MMA y la verificación del cumplimiento debe ser efectuada por entidades técnicas, cuya acreditación, autorización y control corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). El reglamento de dichas entidades técnicas ha sido aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático recientemente, estando pendiente la toma de razón y su publicación.
- **El Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SNICHILE^{xi})** fue diseñado e implementado por la Oficina de Cambio Climático del MMA en 2012, en cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile de presentar información sobre sus emisiones a nivel nacional, bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).
- **El Sistema Nacional de Prospectiva (SNP^{lxii})** es una estructura organizacional dentro del MMA para análisis técnico, capaz de proveer de información pública para la toma de decisiones en materia de mitigación emisiones de GEI.
- **El Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC^{lxiii}).** Es una base de datos pública destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio

ambiente generados por actividades industriales o no industriales y transferidos para su valorización o eliminación.

La Acción 21 del Plan de Acción implica elaborar líneas de base públicas ambientales y propuestas de monitoreo en regiones priorizadas, incluyendo el diseño de una plataforma tecnológica de línea de base que sea parte del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINEA^{lxiv}) y que integre datos del RETC. Esta información centralizada permitirá la estandarización de los contenidos de las líneas de base de proyectos de inversión, dentro de lo exigido por la normativa del proceso de Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Esta plataforma quedará alojada en los servidores del MMA y contará con los protocolos de accesibilidad necesarios para la operación por parte de diferentes servicios públicos, privados y población en general. El plazo previsto es hasta 2026.

5.2 Entidades y actores actuales

A continuación, se identifican organismos y entidades, tanto públicos como privados, de distintos sectores que son actores relevantes en el proceso de certificación del hidrógeno y sus derivados.

Tabla 4: Entidades y actores del sector energía relevantes para el proceso de certificación de hidrógeno y sus derivados.

Energía	
Ministerio de Energía (MEN)lxv	Órgano superior de gobierno y administración del sector energético. Creado por la Ley N° 20.402 ^{lxvi} de 2009 que modifica al Decreto Ley N° 2.224/1978 ^{lxvii} . A su vez la Ley 21.305 ^{lxviii} de 2021 modificó su artículo 3, incorporando al hidrógeno y combustibles a partir de hidrógeno, y demás fuentes y vectores energéticos dentro de sus competencias.
Comisión Nacional de Energía (CNE)lxix	Persona jurídica de derecho público, funcionalmente descentralizado, que se relaciona con la Presidencia de la República por intermedio del MEN. Fija las normas técnicas y de calidad necesarias para el funcionamiento y la operación de las instalaciones energéticas y propone al Ministerio de Energía las normas legales y reglamentarias que se requieran, en las materias de su competencia. Creada por la Ley N° 20.402 de 2009 que modifica al Decreto Ley N° 2.224/1978.
Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)lxx	Servicio público funcionalmente descentralizado cuyo objeto es fiscalizar y supervigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias y de las normas técnicas sobre generación, producción, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos, gas y electricidad, para verificar la calidad, seguridad y cumplimiento normativo de los servicios prestados. Creada por la Ley N° 18.410 ^{lxxi} de 1985, es la principal agencia pública responsable de supervigilar el mercado de la energía.
Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE)lxxii	Fundación de derecho privado, sin fines de lucro, creada en virtud de lo establecido en el artículo cuarto transitorio de la Ley 20.402, que crea al Ministerio de Energía, cuya misión es implementar políticas públicas para fomentar la eficiencia y sostenibilidad energética, reducir la pobreza energética e impulsar un cambio cultural hacia una transición energética; a través de alianzas públicas y/o privadas, académicas, internacionales y con la sociedad civil.
Comité de desarrollo de la industria de Hidrógeno Verde^{lxxiii} Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)	Comité de CORFO que tendrá por objeto acelerar el desarrollo sostenible de la industria de hidrógeno verde y sus derivados en Chile, mediante la implementación de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, entre otras funciones. Fue creado por Resolución N°60, de 2022, de CORFO.

Tabla 5: Entidades y actores del sector medioambiente relevantes para el proceso de certificación de hidrógeno y sus derivados.

Medioambiente	
Ministerio de Medio Ambiente (MMA)^{lxxiv}	Órgano superior de gobierno y administración en materia de medio ambiente, responsable del diseño y aplicación de políticas, regulación, planes y programas en materia ambiental. Fue creado por la ley N° 20.417 de 2010, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente.
Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)^{lxxv}	Servicio público descentralizado sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del MMA. Su función es ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y la fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, el contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, los Planes de Manejo y otros instrumentos de carácter ambiental. Establece los criterios de fiscalización que deben adoptar todos los organismos con funciones de fiscalización ambiental. Fue creado por la ley N° 20.417 de 2010, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente.
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)^{lxxvi}	Organismo descentralizado que tiene a su cargo la gestión del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), asegurando una calificación ambiental transparente, técnica y eficiente de los proyectos de inversión en coordinación con los organismos del Estado, fomentando y facilitando la participación ciudadana en los procesos de evaluación, con el propósito de mitigar, compensar y/o reparar los impactos ambientales significativos que dichos proyectos puedan presentar. Uniforma criterios y procedimientos ambientales y elabora guías de aplicación. Fue creado por la ley N° 20.417 de 2010.
Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC) - Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)^{lxxvii}	Comité de CORFO cuya misión es fomentar la inclusión de la dimensión del cambio climático y el desarrollo sostenible en el sector privado y en los territorios. Actúa como referente de participación público-privada en esos ámbitos, a través de acuerdos voluntarios, coordinación con otras instituciones públicas, iniciativas de fomento y la ejecución de programas y proyectos, apoyando al mismo tiempo el cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile en estas materias. Fue creada mediante Res. 303/07, modificada por Res. 242/17, ambas de CORFO.

Sistemas eléctricos

El sector eléctrico de Chile está constituido por distintos sistemas no conectados entre sí. La distribución geográfica de los principales sistemas se muestra en la **Figura 10**.

Sistema Eléctrico Nacional (SEN): abastece la zona norte y centro del país, desde Arica hasta la localidad de Quellón. Constituye el **99,43%** de la capacidad instalada del país.

Sistemas Eléctricos de Aysén (SEA o SSMM Aysén): corresponde a varios sistemas medianos y constituye el **0,21%** de la capacidad instalada nacional.

Sistemas Eléctricos de Magallanes (SEM): corresponde a cuatro sistemas medianos en la XII Región y constituye el **0,36%** de la capacidad instalada nacional.

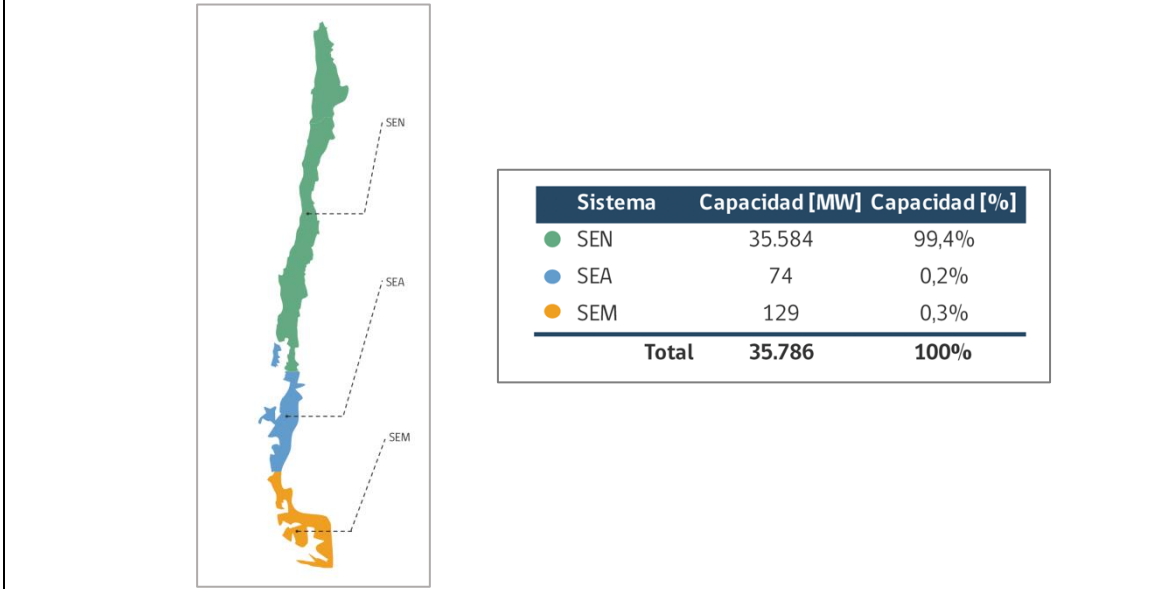


Figura 10: Sistemas Eléctricos en Chile. Fuente: CNE 2025.

El Artículo 104-1 de la Ley 19940^{lxxviii} define los sistemas medianos (SSMM) como los sistemas eléctricos cuya capacidad instalada de generación es inferior a 200MW y superior a 1,5MW.

Tabla 6: Operadores de los sistemas eléctricos en Chile.

Operadores de los sistemas eléctricos en Chile	
Operador del SEN - Coordinador Eléctrico Nacional CEN (operador de RENOVA)	Organismo técnico independiente encargado de la coordinación de la operación del conjunto de instalaciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) que operan interconectadas entre sí. Incorporado en la Ley General de Servicios Eléctricos mediante la Ley N° 20.936 de 2016 ^{lxxix} y regulado por su reglamento aprobado por Decreto 52 ^{lxxx} de 2017.
Operador del SEA -Empresa Eléctrica de Aysén S.A. (EDELAYSEN ^{lxxxi})	Empresa filial del Grupo Saesa de origen canadiense, que desarrolla actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en las zonas otorgadas en concesión a través de cinco sistemas aislados (Puerto Cisnes, Islas Huichas, Villa O'Higgins, Amengual-La Tapera y Santa Bárbara Nueva Chaitén) y cinco sistemas medianos (Cochamó, Hornopirén, Aysén, Palena y General Carrera).
Operador del SEM - Empresa Eléctrica de Magallanes S.A. (EDEL MAG ^{lxxxii})	Empresa de servicio público filial del Grupo CGE, que desarrolla las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, constituido por cuatro sistemas medianos: Punta Arenas, Puerto Natales, Puerto Williams y Porvenir.

Tabla 7: Entidades relevantes para el sistema de certificación respecto a los sistemas logísticos y de infraestructura.

Logística e infraestructura	
Unidad de Desarrollo Portuario^{lxxxiii} - Desarrollo Logístico, Subsecretaría de Transportes^{lxxxiv}, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT)	Tiene a su cargo trazar los lineamientos para la planificación de las infraestructuras portuarias en cada macrozona del país. En forma coordinada con la Unidad de Planificación, debe avanzar en el desarrollo las infraestructuras logístico-portuarias requeridas por la industria del hidrógeno, planificando los terminales de uso público que deben ser acondicionados o construidos en las principales regiones productoras.
Ministerio de Obras Públicas (MOP^{lxxxv})	Órgano de superior de gobierno y administración encargado de planificar, construir, conservar y administrar infraestructura pública. También ejerce la administración del agua. Está desarrollando los Planes Maestros de Infraestructura Habilitantes para el Hidrógeno Verde junto con los gobiernos de las regiones donde se radican proyectos. En abril de 2024 se presentó el Plan de Magallanes.

Tabla 8: Entidades relevantes para el sistema de certificación respecto a los sistemas de gas.

Sistema de gas	
ENAP	Empresa del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se relaciona con el Presidente de la República a través del Ministerio de Energía. Su giro principal es la exploración, producción, refinación y comercialización de hidrocarburos y sus derivados. Cuenta con operaciones en la zona austral, que abastecen a la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Tiene participación en GNL Quintero S.A. y GNL Chile y opera 3.000 kilómetros de gasoductos en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Participa en Electrogas, operador del gasoducto desde GNL Quintero a la Región Metropolitana, y en Gasoducto del Pacífico, en la Región del Biobío. Participa en la producción, importación y transporte de GLP. Fue creada por la ley N° 9.618, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el Decreto con Fuerza de Ley N° 1 de 1986, del Ministerio de Minería.
Empresas de transporte y distribución de gas natural	Concesionadas y no concesionadas de transporte y distribución de gas natural por gasoductos y de GNL por camiones para su inyección en Plantas Satelitales de Regasificación (PSR).
Proveedores y Comercializadores de gas natural	Empresas mayoristas y minoristas que participan en el mercado primario y secundario del gas natural.

Tabla 9: Actores referentes a la certificación de calidad en Chile.

Sistema de certificación	
Instituto Nacional de Normalización (INN^{lxxxvi}).	Fundación de derecho privado sin fines de lucro, creada como organismo técnico responsable de la elaboración de las normas técnicas nacionales (normalización), el aseguramiento de la trazabilidad de las mediciones en el país (metrología) y actividades de evaluación de conformidad (certificación, ensayo e inspección). La División Acreditación lleva a cabo los procesos de acreditación de los Organismos de Evaluación de Conformidad (certificadores) según los reglamentos y procedimientos establecidos, supervisa a los acreditados y coordina con organismos gubernamentales para la acreditación en cada área reglamentaria.
Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC) (certificadores)	Entidades acreditadas por el INN como organismos de certificación de sistemas o de productos, laboratorios de ensayos o de calibración, organismos de inspección o entidades de verificación, según constan en el Directorio de Acreditados ^{lxxxvii} .

Tabla 10: Partes interesadas de la cadena de valor del hidrógeno y derivados.

Desarrolladores de proyectos
Empresas de energía, ingeniería, proveedores de tecnología, servicios logísticos, industria, transporte e infraestructura ^{lxxxviii} .

5.3 Identificación de necesidades regulatorias

5.3.1 Esquema de certificación

Del análisis de los requerimientos para la certificación del hidrógeno y sus derivados en el ámbito internacional, se puede concluir que el sistema de certificación de la UE cuenta con los estándares más exigentes y, a su vez, alcanza el mayor grado de avance en sus definiciones e implementación a la fecha. En el estado actual de desarrollo de las certificaciones en países definidos como prioritarios, como Japón o la República de Corea, se podría asumir que, una vez cumplidas las exigencias europeas, también lo harían en otros países.

Por ello, se puede asumir que, para que los productos chilenos puedan alcanzar ese mercado prioritario, el sistema de certificación de Chile debe, al menos, cumplir con los requerimientos establecidos por los estándares de la UE.

No obstante, la distinción entre requisitos mínimos y atributos adicionales en la propuesta es solo temporal o cronológica, ya que los primeros son aquellos que ya están lo suficientemente definidos como para ser implementados y resultan necesarios para cumplir con el estándar actual de la UE, mientras que los atributos de sostenibilidad adicionales son aquellos que actualmente todavía no están incluidos en ningún esquema y aun requieren mayor elaboración y desarrollo para su implementación en una fase posterior.

Sin embargo, es importante aclarar que esta propuesta no pretende ser de carácter obligatorio, a pesar de ser un sistema regulado y estar asistido por el Estado de Chile. Considerando lo mencionado, el futuro sistema de certificación que se desarrolle en el país a partir de esta propuesta puede convivir con otros sistemas de certificación, es decir que cada productor de hidrógeno y derivados podrá elegir el sistema de certificación que más se ajuste a sus intereses y a su mercado de destino.

5.3.1.1 Requisitos mínimos

El sistema es aplicable a todo el hidrógeno producido a partir de electricidad de fuentes renovables distintas de la biomasa y a sus derivados amoníaco y combustibles sintéticos.

Los atributos mínimos para la certificación son los siguientes:

- ✓ Contenido energético procedente de fuentes renovables distintas de la biomasa.
- ✓ Reducción del 70% de las emisiones con respecto a un valor de referencia de 94 gCO₂eq/MJ.
- ✓ Cumplimiento de los criterios sobre origen del carbono utilizado para la producción de combustibles sintéticos.

En la implementación plena de estos requisitos mínimos, los límites del sistema son el punto de uso (*'well-to-wheel'*) o el punto de exportación (*'export gate'*), a opción del solicitante, con un enfoque de balance de masa en la cadena de custodia. Se incluye el autoconsumo.

La cadena de custodia a cubrir queda reflejada en la siguiente **Figura 11**

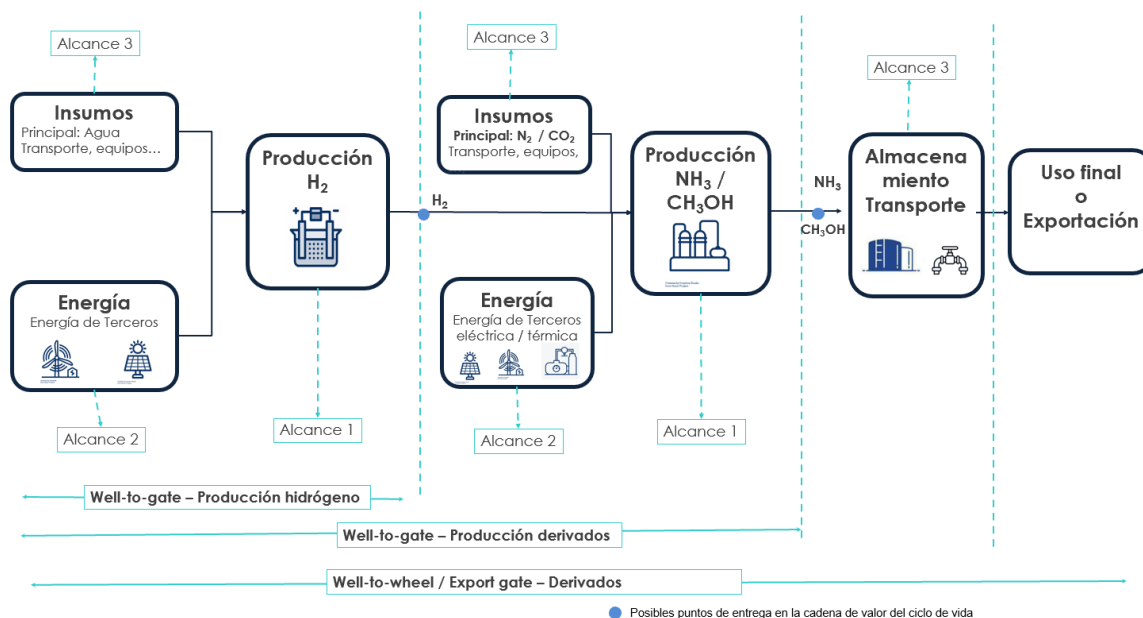


Figura 11: Cadena de custodia de hidrógeno renovable y derivados. Fuente: elaboración propia.

Para su inscripción en el Registro, una instalación de hidrógeno o derivados debe demostrar el cumplimiento de los procesos de permisos y autorizaciones requeridos por la normativa aplicable, mediante la presentación de los siguientes documentos:

- ✓ SEA: Resolución de Calificación Ambiental (RCA) y los correspondientes Permisos Ambientales Sectoriales (PAS), emitidos por los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA).
- ✓ SEC: Resolución de autorización del proyecto y constancia de inscripción en el registro de instalaciones energéticas de la SEC, que evidencia el cumplimiento de los estándares y la regulación de seguridad y calidad aplicable a las instalaciones, equipos y materiales.
- ✓ Municipalidad: permisos de construcción y otros que puedan ser requeridos a nivel local para el inicio de las operaciones.
- ✓ CEN/SEA/SEM (si está conectada a red): permisos para conexión al sistema eléctrico correspondiente, requerido para que la planta inicie las operaciones.

5.3.1.2 Otros atributos de sostenibilidad

Según surge del análisis de diferentes requerimientos internacionales, ninguno de los actuales sistemas de certificación en las jurisdicciones de importación requiere **acreditar otros atributos de sostenibilidad más allá del origen renovable de la energía, de la reducción de emisiones por el uso del combustible y del origen del carbono para el caso de los combustibles sintéticos**. En la Unión Europea, que cuenta con el sistema de certificación más desarrollado, no existen propuestas legislativas para una posible inclusión de criterios adicionales.

En este contexto, actualmente no sería necesario exigir otros atributos de sostenibilidad como parte del sistema de certificación de Chile para que el hidrógeno renovable y sus derivados sean aceptados como productos sostenibles en otras jurisdicciones.

Sin embargo, los recientes desarrollos regulatorios dentro de la Unión Europea analizados en este estudio ponen de relieve la importancia creciente que los atributos de sostenibilidad están adquiriendo en las políticas públicas europeas. En el caso de la taxonomía para las finanzas sostenibles, el foco está puesto en los aspectos medioambientales, en tanto que, en la regulación sobre materias primas fundamentales, las exigencias se extienden también a las prácticas socialmente sostenibles en derechos humanos, derechos laborales y la vida comunitaria y a la integridad y transparencia en las empresas en aspectos financieros, sociales y de lucha contra la corrupción.

Considerando esos antecedentes, se puede prever que en el futuro será necesario certificar ciertos atributos de sostenibilidad ante el Registro nacional de Chile para los casos de exportación hacia la Unión Europea, si bien es difícil predecir cuáles serán los criterios exigidos, su alcance y los modos de verificación.

La implementación gradual del sistema permitirá el seguimiento de las futuras propuestas y acciones regulatorias en materia de sostenibilidad para la certificación del hidrógeno y sus derivados en los mercados de destino, de modo que las modificaciones y actualizaciones del sistema podrán ir acompañando esos desarrollos normativos.

Sin perjuicio de lo anterior, la sostenibilidad es un ángulo clave en el desarrollo de la economía del hidrógeno de Chile. El Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030 brinda el marco estratégico para fortalecer sus múltiples aspectos y designa a los organismos responsables en cada caso. En particular, la Línea de Acción 4 Gestión Ambiental, está dedicada a reforzar el manejo ambiental relacionado con el desarrollo de proyectos y la Línea de Acción 5 Sustentabilidad, de la Industria a contar con estándares de sostenibilidad adecuados y consistentes. Estas acciones se desarrollarán en una serie de hitos hasta 2030.

Adicionalmente, la Línea de Acción 7 Sistema de Permisos, prevé la elaboración y generación de criterios técnicos para la evaluación ambiental de diferentes tipos de proyectos relacionados a la cadena de valor del hidrógeno y sus derivados, acciones que irán acompañadas con el fortalecimiento del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), en un periodo que se extiende hasta 2030.

Dentro de la acción 79 del Plan de Acción se prevé que el sistema de certificación para Chile contemple atributos de sostenibilidad. En su hito 7 dispone: “concretar la participación de Chile en esquemas de certificación regional, tales como CertHiLAC, en 2025”.

5.3.1.3 CertHiLAC

En el ámbito regional, la iniciativa CertHiLAC^{lxxxix} propone un sistema de certificación común para los países adherentes de América Latina y el Caribe. El 8 de noviembre de 2023, durante la Semana de la Energía de OLADE en Montevideo³, 14 países de la región suscribieron la “Declaración Conjunta para la Implementación del Hidrógeno Limpio y/o Sistema de Certificación de Bajas Emisiones en América Latina y el Caribe” (Declaración CertHiLAC) para la implementación de un sistema regional de certificación de hidrógeno y sus derivados que cumpla con estándares internacionales y a la vez considere las características propias de LAC.

La propuesta pretende ser un sistema de armonización de los esquemas nacionales. El sistema es voluntario y está diseñado con una estructura flexible que incorpora representantes del sector público en su gobernanza.

Dentro del sistema, se propone dos categorías de certificación, cada una diseñada para cumplir con los requisitos o atributos específicos del mercado de destino:

- ✓ Certificación de hidrógeno para LAC: atiende a los mercados locales y regionales, así como a aquellos distintos a la Unión Europea.
- ✓ Certificación de Hidrógeno para el Mercado Europeo: se basa en los requisitos de la primera e incluye también estándares o regulaciones adicionales que exige la Unión Europea.

³ Los países suscriptores de la declaración son Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Trinidad y Tobago.

En un escenario ideal, la gobernanza del sistema implicaría un único emisor de certificados, una base de datos y un operador del sistema a nivel regional, lo cual eliminaría la necesidad de entidades a nivel nacional. El Representante del Sistema sería una entidad supranacional con funciones de una autoridad responsable, encargada de delinear las reglas y requisitos que rigen el sistema de certificación, así como sus reglas de operación, con facultades para la toma de decisiones y ejecutor de cualquier cambio en el sistema. Su alcance se extendería a la selección y aprobación de los certificadores. Sin embargo, lograr una completa coordinación regional entre diversos países plantea importantes desafíos.

Por esa razón, CertHiLAC propone la existencia de diferentes entidades emisoras por país (Registro) y una base de datos unificada y consolidada de registro regional, que agregaría datos de los diferentes organismos emisores nacionales, siguiendo reglas estandarizadas. Según esta visión, este repositorio central garantizaría que las bases de datos nacionales sigan siendo consistentes y puedan integrarse, evitando discrepancias.

CertHiLAC aún está en fases iniciales y definiendo sus primeros pasos. Mientras tanto, implementar un sistema de certificación para Chile con un Registro nacional es la llave que habilitará al país, no solo para exportar sus productos al mundo, sino también para formar parte del Sistema de Certificación CertHiLAC, cuando finalmente se consolide en la región. Por el momento, esta alianza puede verse como un esfuerzo de los países de la región hacia la necesaria armonización de los distintos esquemas, en aras de facilitar el comercio internacional del hidrógeno.

En el esquema CertHiLAC se incluyen tres atributos básicos, comunes a otros sistemas de certificación, más otros que se consideran relevantes para la región. En la **Tabla 11**, se comparan los atributos considerados por los distintos esquemas de certificación en el mundo y los previstos por CertHiLAC.

Tabla 11: Sistema de Certificación de CertHiLAC. Elaboración propia, a partir de IBD.

Atributo	Justificación	Categoría
Información sobre fuentes de energía primaria y plantas de producción de energía.	Común a los sistemas	Sistema de certificación de H2 regional en LAC (CertHiLAC)
Información de la planta de producción de H2		
Intensidad y alcance de la medición de GEI		
Impacto social positivo en las comunidades aledañas/pueblos indígenas.	Altamente relevante para LAC	
Fuentes y uso sostenible del agua / tratamiento de aguas residuales (salmuera)		
Medidas para minimizar el impacto ambiental		
Cumplimiento de las normas laborales internacionales		
Ubicación y uso sostenible de la tierra (excluir conflictos)		
Tiempo y lugar de producción de H2 respecto a energía eléctrica	Correlación geográfica y temporal	Requerido por mercado Europeo (Certificación de H2 exportable)

Para comprender la articulación del sistema de certificación de Chile con los atributos incluidos en CertHiLAC, se realizó una correlación de los atributos CertHiLAC altamente relevantes para LAC con acciones previstas en el Plan de Acción (**Tabla 12**). A medida que esas acciones se vayan concretando, se podrá mejorar la incorporación y la verificación del cumplimiento de estos atributos dentro del Sistema de Certificación propuesto. Se incluyen también otras herramientas ya disponibles en Chile relacionadas con la verificación de estos atributos.

Tabla 12: Correlación de atributos de sostenibilidad CertHiLAC y herramientas ambientales en Chile. Fuente: Elaboración propia.

Atributo CertHiLAC	Plan de Acción	Otras herramientas
Impacto social positivo (comunidades aledañas/pueblos indígenas)	<p>Línea de Acción 5: Sostenibilidad en la Industria (Acciones 24 a 27). Plazo: 2024-2030.</p> <p>Esta línea identifica una serie de acciones para contar con estándares de sostenibilidad en la industria. En relación con este atributo, se destacan las Acciones 24 y 27.</p> <p>Acción 24: Identificar y analizar impactos a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno y derivados. Plazo: 2024-2027.</p> <p>Como hitos se prevé contar con un estudio publicado sobre identificación de impactos socioeconómicos derivados de proyectos de hidrógeno renovable en Chile (segundo semestre de 2024) y un estudio público de análisis de ciclo de vida de la industria del hidrógeno y derivados y su cadena de valor (fines 2026).</p> <p>Acción 27: Promover participación temprana en los territorios. Plazo: desde 2024.</p> <p>La Acción busca la adopción de altos estándares socioambientales por parte de las empresas, facilitando el diálogo, generando relaciones constructivas de largo plazo y promoviendo la participación y el respeto de los derechos humanos. Implica el involucramiento temprano de las comunidades potencialmente afectadas con el proyecto, proveyendo soporte metodológico y acompañamiento en un proceso de diálogo multiactor. También tiene el objetivo de generar relaciones armónicas constructivas de largo plazo entre empresas, comunidades locales y otros actores que permitan minimizar impactos, evitar y resolver conflictos, entregar información sobre potenciales impactos ambientales y dar</p>	<p>SEA: El SEA publicó una guía orientativa de Participación Ciudadana Temprana (PCT) ^{xc} cuyo objetivo es unificar criterios mínimos para la planificación e implementación de procesos PCT.</p> <p>EIA: En los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) se considera un período de Participación Ciudadana (PAC) y, cuando procede, se considera también un Proceso de Consulta a Pueblos Indígenas (PCPI).</p> <p>MEN: El MEN (División de Participación y Diálogos Sociales), promueve la participación de partes interesadas en los proyectos de hidrógeno y derivados durante todo su ciclo de vida.</p> <p>ASCC: La Agencia de Sostenibilidad y Cambio Climático (ASCC) dispone del Instrumento Voluntario de Participación Temprana (AVPT)^{xcj}, que busca la adopción de estándares socio-ambientales por parte de las empresas, donde la agencia facilita y hace seguimiento de los acuerdos.</p>

	legitimidad a las decisiones adoptadas.	
Fuentes y uso sostenible del agua / tratamiento de aguas residuales (salmuera, si aplica)	<p>Acción 29: Impulsar regulación específica y habilitante para la desalinización del agua de mar. Plazo: 2024-2025</p> <p>La acción busca establecer un marco normativo y procedimientos claros y unificados, habilitando al Ministerio de Obras Públicas (MOP) para promover y concesionar de forma planificada ese recurso hídrico. Esta regulación estará basada en los estudios disponibles, incluidos los relacionados a la salmuera, infraestructura multipropósito, que incluya el uso industrial y compartido por parte de los proyectos. Con esta medida se plantea promover el uso de agua desalada y/o re-uso del agua para actividades industriales, priorizando las fuentes de agua para consumo humano.</p>	EIA: En los EIA se debe incluir el origen y uso del recurso y la disposición final de salmuera, en caso de que sea por desalación.
Medidas para minimizar el impacto ambiental	<p>Línea de Acción 4: Gestión Ambiental (Acciones 21 a 23). Plazo: 2023-2027.</p> <p>En esta línea el Estado trabajara en distintos frentes para entregar certezas respecto a la evaluación de los impactos ambientales de proyectos.</p> <p>Acción 21: Elaborar líneas de base públicas ambientales y propuestas de monitoreo en regiones priorizadas. Plazo: 2023-2026</p> <p>La acción implica el diseño de una plataforma tecnológica de línea de base que sea parte de la arquitectura del SINEA y que también integre datos del RETC para centralizar la información ambiental. Quedará alojada en los servidores del Ministerio del Medio Ambiente y contará con los protocolos de accesibilidad necesarios para la operación por parte de diferentes servicios públicos, privados y población en general.</p>	SEIA: Se elaboró el Criterio de evaluación en el SEIA: Introducción a proyectos de hidrógeno verde ^{xcii} , que aborda los antecedentes que deben presentar los titulares de proyectos en la descripción de sus propuestas de producción y almacenamiento de hidrógeno verde ingresadas a EIA en el sistema, y el Criterio de evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA ^{xciii} , que tiene por objetivo comprender que la industria de generación de H2V se compone de diferentes proyectos asociados a distintas tipologías que forman la cadena de valor del H2V, y que se debe realizar una descripción de estos proyectos que ingresan al SEIA, identificando su lugar dentro de la cadena de valor.

	<p>Acción 22: Consolidar información en el SEIA. Plazo: 2024-2028</p> <p>Implica generar un sistema de información de líneas de base de las diversas componentes ambientales relevantes que surjan en el EIA de un proyecto que esté sometido al SEIA.</p> <p>Acción 23: Adoptar norma/estándar de referencia internacional en ausencia de local para evaluación ambiental de proyectos. Plazo: 2025-2027</p> <p>Esta acción implica la selección de normativa que se considere relevante en el proceso de construcción y operación de la industria y su gestión sustentable y aplicarla hasta que sea reemplazada por normativa nacional. En el país hay ámbitos que se encuentran normados, pero hay otros aspectos que no, y es necesario establecer ciertos criterios mínimos para poder avanzar definiendo estándares o el uso de normativa de referencia.</p>	
<p>Cumplimiento de las normas laborales internacionales</p>	<p>Línea de Acción 15: Fortalecimiento y desarrollo de capital humano (Acciones 60 a 65). Plazo: 2023-2030</p> <p>En el aspecto laboral, el Plan se enfoca en la necesidad de capital humano con capacidades y habilitaciones acordes a las necesidades presentes y futuras de la industria. Esta línea de Acción incluye una serie de medidas alineadas con la necesidad de formar cuerpos técnicos y profesionales para la industria del hidrógeno verde, sus derivados y su cadena de valor.</p> <p>Línea de Acción 16: Perspectiva de Género en la industria (Acciones 66 a 69). Plazo: 2023 - 2030.</p> <p>Incluye una serie de acciones e hitos para la inclusión equitativa de la mujer en la industria del Hidrogeno.</p>	<p>MTPS: La Dirección del Trabajo dentro de la Subsecretaría del Trabajo del Ministerio del Trabajo y Previsión Social (MTPS) otorga el Certificado de Cumplimiento de obligaciones legales y previsionales, a solicitud del interesado. Es un documento que permite acreditar que un empleador ha cumplido con las obligaciones laborales y previsionales que tiene con sus trabajadores, incluidas las eventuales indemnizaciones legales asociadas al término de la relación laboral.</p> <p>Estrategia Nacional de Prospección Laboral y Programa Observatorio Laboral ^{xciv} : El objetivo del sistema de monitoreo y anticipación de desajustes entre oferta y demanda en el mercado laboral está desagregado por región, comuna y sexo. Este programa ya ha detectado una serie de perfiles ocupacionales necesarios y asociados a la cadena de valor del hidrógeno.</p>

Ubicación y uso sostenible de la tierra (excluir conflictos)	<p>Línea de Acción 8: Compatibilidad e Inserción territorial para Proyectos (Acciones 35 a 38). Plazo: 2023 - 2030.</p> <p>Esta línea de acción busca dar certeza regulatoria en materia de emplazamiento, abordando los usos de suelo aplicables a los proyectos y su cadena de valor. Se plantea trabajar en el desarrollo de instrumentos de planificación territorial intercomunal y comunal, todo ello sometido al procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica⁴, que considere los requerimientos de la industria y los instrumentos medioambientales alineados con el art. 43 de la Ley Marco de Cambio Climático.</p>	
---	---	--

5.3.1.4 Implementación de los atributos de sostenibilidad en el Registro

Un sistema de certificación puede documentar el cumplimiento de los aspectos de sostenibilidad ambiental, económica y social que se consideren relevantes a nivel nacional, regional o internacional, en la medida que hayan sido comprobados en los permisos ambientales. Así, para obtener el alta en el Registro y participar en el sistema, una instalación deberá contar con todas las habilitaciones y permisos requeridos por la normativa aplicable, incluidos los ambientales. Del mismo modo, una infracción de la instalación a sus obligaciones de carácter ambiental o la pérdida sobreviniente de los atributos de sostenibilidad reflejados en los permisos provocará la baja en el sistema de certificación.

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) tiene como funciones principales elaborar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo regulado en la [Ley N°19.300](#)^{xv} y su [Reglamento](#)^{xvi}. El SEIA funciona como “ventanilla única” para la obtención de las autorizaciones ambientales que los proyectos o actividades necesiten para su ejecución y está organizado por Regiones, cubriendo territorialmente todo el país.

Por lo cual, todo proyecto de hidrógeno o derivados que no sea piloto, deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). A estos fines, dado que el hidrógeno es un vector nuevo no regulado específicamente dentro del artículo 10 de la Ley 19.300, el SEA elaboró el Criterio de evaluación en el SEIA: Introducción a proyectos de hidrógeno verde y el Criterio de evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA.

En estos documentos se abordan los antecedentes que deben presentar los titulares de proyectos en la descripción de sus propuestas de producción y almacenamiento de hidrógeno verde. De esos criterios se desprende lo siguiente:

- a) En general** se exige la descripción de los factores generadores de impactos ambientales, tales como partes, obras, acciones, emisiones, efluentes, residuos, explotación, extracción, uso o intervención de recursos naturales, mano de obra, suministros o insumos básicos y productos y servicios generados. Lo fundamental es que el capítulo de descripción del proyecto tenga el suficiente nivel de

⁴ El Artículo 7° bis de la Ley 19.300, establece la aplicación de la EAE en dos niveles: uno facultativo, respecto de aquellas políticas y planes de carácter normativo general que la o el Presidente de la República decida, a proposición del Consejo de Ministros para la Sostenibilidad; y otro obligatorio, correspondiente a Instrumentos de Planificación y Ordenamiento Territorial, tales como: Planes Reguladores Intercomunales, Planes Reguladores Comunes y Planes Seccionales, y Zonificaciones del Borde Costero, del territorio marítimo y el Manejo Integrado de Cuencas.

desagregación y detalle que permita a los evaluadores y a la ciudadanía en general comprender globalmente el proyecto e identificar sus potenciales impactos ambientales

b) En particular, en cuanto a principales suministros básicos, se exige:

- Los vinculados al agua en el proceso de producción, almacenamiento y disposición final de residuos, en caso de que el agua sea desalada.
- Los vinculados a la energía eléctrica renovable para el proceso de electrólisis, fuente, almacenamiento, cantidad de MW, tipo de conexión a la fuente, modo de provisión (propia o terceros), destino, entre otras.
- Los vinculados a almacenamiento y transporte.
- Describir todos los insumos asociados a las partes, obras y acciones del proyecto.

Asimismo, en el procedimiento de evaluación de los EIA se considera siempre un período de Participación Ciudadana (PAC) y, cuando procede, se considera también un Proceso de Consulta a Pueblos Indígenas (PCPI), todo ello para garantizar la licencia social.

Los proyectos de hidrógeno y derivados no podrán iniciar su construcción hasta obtener la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) y los correspondientes Permisos Ambientales Sectoriales (PAS), que son las autorizaciones o pronunciamientos que emiten los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) respecto de proyectos o actividades presentados al SEIA, con el objeto de garantizar la protección del medio ambiente.

Los proyectos de hidrógeno y derivados estarán sujetos a la supervisión y fiscalización del SEA durante todo su ciclo de la vida.

A fin de verificar ante el Registro el cumplimiento de los atributos de sostenibilidad referidos al impacto social positivo, la disponibilidad del agua y minimizar el impacto ambiental, sería suficiente presentar la RCA y el PAS del proyecto respecto a la verificación de los compromisos asumidos en el EIA de estos atributos para la inscripción. No obstante, durante la operación del proyecto, se deberá acreditar el cumplimiento del Plan de Gestión o del Plan de Manejo Ambiental (PGA o PMA), cuando sea requerido por la autoridad de aplicación. Respecto al atributo de uso sostenible de la tierra, esto forma parte de los instrumentos de planificación territorial (segundo orden) intercomunal y comunal, que abordan el emplazamiento de proyectos de la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados, así como su calificación industrial, todo ello, conforme a la Evaluación Ambiental Estratégica (ley 19.300, artículo 7 bis) y el DFL N° 458 Ley General de Urbanismo y Construcciones, del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. En este caso, se entiende que este requisito debe formar parte de los EIA de los proyectos que se presenten en el SEIA de cada Región, que deberán contar con la autorización para su construcción (PAS mixto)⁵ por parte de las autoridades competentes del sitio donde éstos se construyan. Por lo tanto, se interpreta que este atributo estaría incluido en el RCA y el PAS mixto mencionados.

Respecto al atributo cumplimiento de normas laborales, los proyectos deberán acreditar ante la autoridad de aplicación en la materia la verificación e instrumentos pertinentes de la mano de obra que contraten, cumpliendo con las leyes laborales del país, por lo cual el Registro, para dar cumplimiento a este requisito, deberá solicitar al proyecto una constancia emanada de la autoridad competente que acredite estos extremos.

La verificación de otros atributos de sostenibilidad requerirá la intervención de certificadores acreditados a tal fin ante el Registro para que certifiquen su cumplimiento, según se establezca en el esquema de certificación y en el procedimiento de gestión.

5.3.1.5 Gradualidad en la implementación

En el esquema de certificación que se propone para Chile, los requisitos mínimos reflejan los requerimientos del esquema de certificación de la Unión Europea vigente en la actualidad. Adicionalmente, se identifican atributos de sostenibilidad relevantes teniendo en cuenta el contexto internacional (mercados de destino), regional (CertHiLAC) y nacional. La inclusión de estos atributos de sostenibilidad estará sujeta a los resultados de las Líneas de Acción pertinentes dentro del Plan de Acción y la evolución de los esquemas de certificación

⁵ PAS Mixto descrito en el artículo 160 del Reglamento del SEIA (Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales o para construcciones fuera de los límites urbanos).

regionales e internacionales. A través de esos procesos, se podrá madurar el consenso sobre los atributos de sostenibilidad adicionales que serán exigibles para la certificación y para los permisos de las instalaciones.

5.3.2 Actores: roles, atribuciones y responsabilidades

A partir de las entidades y actores identificados en este estudio y en estudios previos, considerando sus funciones, misión y atribuciones legales, en la siguiente **Tabla 13** se identifican los actores, sus roles, funciones, responsabilidades y el alcance de las atribuciones legales necesarias para la articulación de una propuesta de sistema de certificación para Chile. Para viabilizar esta propuesta de sistema, es necesaria la creación del Registro de Certificación de Sostenibilidad de Hidrógeno y derivados por Ley especial, o en su caso, ampliando las actuales competencias del MEN.

A estos fines, se recomienda la ampliación de competencias del MEN para la articulación de todo el sistema de certificación, conforme a la modificación del artículo 3 del Decreto Ley 2.224 por la Ley 21.305, que incluyó al hidrógeno y los combustibles a partir de hidrógeno dentro de sus competencias.

Tabla 13: Actores del Sistema de Certificación - Roles, funciones y atribuciones. Fuente: elaboración propia.

ROL EN EL SISTEMA	ACTOR	FUNDAMENTO LEGAL
Autoridad competente	Ministerio de Energía (MEN)	Modificación legal que otorgue al MEN la potestad para crear un registro, fijar los criterios y requisitos para la certificación, determinar los requisitos y aprobar la designación de certificadores, y mandar la dictación de un reglamento que regule los aspectos necesarios para ejecutar lo señalado, incluyendo la selección y designación de las plataformas de Registro y de Mercado.
Registro de Certificación de Sostenibilidad de hidrógeno y derivados (organismo emisor)	Entidad específica a crearse o existente	Creado, o asignado vía modificación legal, por el MEN con las competencias para ello.
Plataforma electrónica del Registro (Plataforma)	Entidad específica (proveedor de servicios)	Creado por el MEN conforme a la potestad conferida por la modificación legal.
Certificadores acreditados ante el Registro	Organismos de evaluación de conformidad (OEC) acreditados ante el INN	Reglamento y Procedimiento de acreditación en el área a elaborar por el MEN, conforme a la potestad conferida por la modificación legal.
Titulares de cuentas	Productores, comercializadores, intermediarios, consumidores.	Definiciones y régimen a ser establecidos en el Procedimiento del Registro por el MEN, conforme a la potestad conferida por modificación legal.
Plataforma de Mercado (Exchange) de Certificados	Entidad de servicios de inversión	Proceso de selección y contratación del MEN, conforme a la potestad conferida por modificación legal.

5.3.3 Sistema de gobernanza

A continuación, se presentan los lineamientos generales de gobernanza para la propuesta organizacional del sistema de certificación.

Cabe advertir que el proceso legislativo y regulatorio deberá determinar las formas jurídicas específicas que se requieren para la implementación del sistema. Así, las características, funciones y materias específicas del

sistema de certificación podrán ser determinadas y asignadas directamente en una eventual ley que cree el sistema de certificación, o bien, como alternativa, que esa ley de creación del sistema otorgue competencias a organismos para que emitan reglamentos o actos administrativos que las definan.

5.3.3.1 Autoridad Competente: Ministerio de Energía (MEN)

Desde la modificación del art. 3 del Decreto Ley 2.224 por la Ley 21.305, el hidrógeno, los combustibles a partir de hidrógeno y otros vectores energéticos están incluidos dentro de las materias de competencia del Ministerio de Energía (MEN). Por ello, se propone al MEN como Autoridad Competente.

Mediante modificación legal, se deberá otorgar potestades al MEN para el establecimiento del sistema de certificación conforme a la arquitectura institucional del sistema (actores mencionados en la **Tabla 13**), lo cual comprende crear el Registro, determinar los requisitos y el procedimiento para la acreditación de los certificadores (Organismos de Evaluación de Conformidad) del sistema, fijar los criterios y requisitos para la certificación y delegar en los órganos pertinentes los actos administrativos, reglamentos y otros instrumentos necesarios para implementar el conjunto del sistema.

En la gobernanza del sistema, la SEC y la SMA conservan el poder de supervisión y control sobre sus ámbitos de competencia, evaluando el grado de cumplimiento de las obligaciones establecidas en la ley y la regulación aplicable. Como parte de esas competencias, toman conocimiento de las infracciones administrativas e imponen las sanciones por incumplimiento, dentro de las condiciones que establezcan las normas generales del sector público de Chile.

Adicionalmente, existen infracciones y sanciones administrativas que son propias del sistema de certificación, dirigidas sobre todo a asegurar el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de cuentas y de los certificadores de suministrar información veraz y actualizada al Registro. Dentro de la modificación legal necesaria para establecer el sistema de certificación, corresponde establecer ese régimen administrativo sancionador, tipificar las infracciones, que en todo caso deben estar delimitadas por ley, y designar una autoridad administrativa con potestades para determinar las infracciones y aplicar las sanciones a los sujetos del sistema de certificación. Considerando las actuales competencias de la SEC en materia de fiscalización y sanción en el ámbito de energía, se propone que la potestad sancionadora, en cuanto a incumplir con la entrega de información veraz y actualizada, también sea otorgada a la SEC.

5.3.3.2 Registro de Certificación de Sostenibilidad de Hidrógeno y sus derivados (organismo emisor): Entidad específica

El Registro es la columna vertebral del sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados por ser la entidad responsable de la emisión de los certificados, acreditando los requisitos de sostenibilidad del producto, y de sus sucesivas transferencias hasta la redención o cancelación. Se trata de una entidad específica, a ser creada por el MEN conforme a la modificación legal que le conceda esa facultad, para ejercer las funciones de operación y administración del sistema. Sus funciones y responsabilidades se detallarán en el Reglamento que la ley instruya dictar. El Registro tiene obligaciones de rendición de cuentas periódica ante el MEN.

Sus funciones y responsabilidades se detallarán en el Reglamento específico que la modificación legal instruya dictar (Procedimiento del Registro).

5.3.3.3 Plataforma electrónica del Registro: proveedor de servicios digitales

Dentro de la estructura institucional del sistema, el operador del registro tiene a su cargo desarrollar y gestionar el sistema electrónico donde se lleva el seguimiento de las instalaciones y de la producción, asegurando su trazabilidad dentro de los límites del sistema. Esa información es transmitida al Registro, quien tiene la decisión sobre la admisión de las instalaciones, la apertura de cuentas y la vida de los certificados.

Por su naturaleza técnica, el desarrollo de la plataforma corresponde a un proveedor de servicios digitales, seleccionado en el marco de la contratación pública que realice el MEN y ejerciendo las funciones que le otorgue la ley. Su obligación principal es asegurar la integridad, exactitud y consistencia de la información registrada, cumpliendo con las normas del sistema. Está sometido a la supervisión y control del Registro y, en última instancia, del MEN como autoridad competente.

5.3.3.4 Certificadores: Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC)

Los certificadores son las empresas de certificación acreditadas por el INN según el procedimiento a ser establecido para el área de hidrógeno renovable y sus derivados. Los requisitos para la competencia, la consistencia de las actividades y la imparcialidad de los organismos de certificación de productos, procesos y servicios están establecidos en la norma NCh-ISO17065:2013^{xvii} Organismos de Certificación de Productos, Análisis e Implementación.

Los certificadores acreditados tienen a su cargo las auditorías iniciales de las instalaciones para su alta en el Registro, las auditorías periódicas de verificación de las mismas instalaciones y la certificación de la cadena de custodia de la producción. De esas actividades rinden cuentas ante el Registro, sin perjuicio de la función de supervisión del INN como organismo de acreditación.

5.3.3.5 Comité de Partes

Se trata de un órgano participativo y multisectorial, cuyas funciones principales son conocer y ser informado del funcionamiento y gestión del sistema y elaborar propuestas para su mejora y actualización. Se compone de representantes de organismos del sector público, tales como el MEN y el MMA, los titulares de cuentas del Registro, asociaciones sectoriales y asociaciones civiles.

Funciona según un reglamento interno que establece las autoridades y los modos de elección, los mecanismos de toma de decisiones y los canales de comunicación con los otros órganos del sistema de certificación.

5.3.3.6 Titulares de cuentas del Registro

Dentro del Registro se habilitará la titularidad de cuentas. Los titulares de estas cuentas serán productores, comercializadores, intermediarios y consumidores. Para crear o dar de alta una cuenta, se deberá cumplir con los requisitos que establezca el Reglamento del Registro, acreditando todos los extremos requeridos para este propósito. Por ejemplo, si el titular de cuenta es un productor, antes de darlo de alta en el Registro, se deberá verificar que la instalación cumple con todos los requisitos para tener su producción de hidrógeno certificada, es decir que cumple con las especificaciones técnicas exigidas y que cuente con los medidores de electricidad e hidrógeno en las tipologías habilitadas a tal efecto. Estas verificaciones serán realizadas por los Certificadores acreditados ante el Registro.

5.3.3.7 Plataforma de Mercado (Exchange) de Certificados

Es una plataforma que consolida la oferta y demanda de certificados de hidrógeno expedidos por el Registro ("Marketplace") facilitando las transacciones de modo anónimo, transparente e independiente. No es una función esencial para el esquema de certificación, sobre todo en las primeras etapas de definición, por lo que se recomienda que se implemente en una fase avanzada del sistema, en la que la negociación de certificados bilateral entre titulares de cuenta haya adquirido cierta liquidez. Por lo general, se adjudica este rol a una organización internacional que pueda acreditar experiencia para este cometido.

5.3.4 Plataformas de operación del registro: alternativas de integración

Certificación de los requisitos mínimos: El sistema electrónico de la plataforma de operación del Registro debe contar con las funcionalidades necesarias para asegurar la trazabilidad de la siguiente información sobre estos atributos mínimos de los productos certificables (hidrógeno y derivados):

- **Origen renovable de la electricidad en instalaciones de producción de hidrógeno conectadas a red (SEN, SEA (SSMM Aysén), SEM y SSMM):** identificación de PPA con instalación de generación renovable, producción (MWh), periodo de producción, ubicación y fecha de entrada en operaciones de instalaciones de generación renovable y de producción de hidrógeno, certificada mediante garantías de origen emitidas bajo un esquema voluntario reconocido por el Registro o verificada por certificador acreditado ante el Registro.
- **Origen renovable de la electricidad en instalaciones de producción de hidrógeno con conexión directa a instalación de generación renovable:** producción (MWh) y fecha de entrada en operaciones de ambas instalaciones, certificada mediante garantías de origen emitidas bajo un esquema voluntario reconocido por el Registro, o verificada por certificador acreditado ante el Registro. Si la instalación de generación renovable a la vez está conectada a red, debe contar con un sistema de medición inteligente que cumpla con la normativa de la Unión Europea (Directiva (UE) 2019/944) y se debe certificar que la electricidad que alimenta al electrolizador no proviene de la red.

- Cumplimiento de los criterios sobre el origen del carbono utilizado para la producción de combustibles sintéticos: flujos de residuos líquidos o sólidos de origen no renovable o gases residuales de proceso y gases de escape de origen no renovable producidos como consecuencia inevitable e involuntaria del proceso de producción de instalaciones industriales, verificada por certificador acreditado ante el Registro.
- Reducción del 70% de las emisiones con respecto a un valor de referencia de 94 gCO₂eq/MJ, aplicando un enfoque de balance de masa, en punto de producción en la Fase II y a lo largo de toda la cadena de custodia hasta punto de consumo (*well-to-wheel*) o punto de exportación (*export gate*) en la Fase III, verificada por certificador acreditado ante el Registro.

Teniendo en cuenta los requisitos del esquema propuesto, las funcionalidades necesarias para su certificación por la plataforma electrónica y el estado del arte de la certificación en Chile, se pueden considerar las siguientes opciones para la operación del registro:

5.3.4.1 Opción A: RENOVA

En esta opción se analiza la posibilidad de que RENOVA sea el operador único del registro, ampliando sus funcionalidades actuales para que realice todas las operaciones electrónicas de seguimiento y registro de los atributos del hidrógeno y sus derivados dentro del esquema de certificación, no solo de la electricidad como insumo sino también de toda la cadena de valor (**Figura 12**).

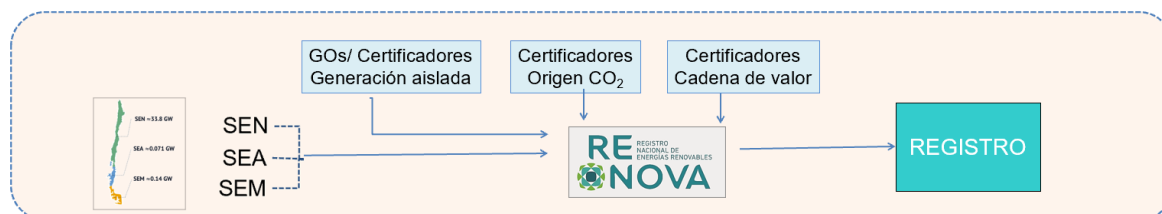


Figura 12: Opción A - RENOVA. Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.2 Opción B: Plataforma electrónica de Registro + RENOVA

En esta opción, la función del operador de Registro es asumida por una nueva plataforma electrónica contratada como servicio externo con un tercero proveedor especializado. RENOVA amplía sus funcionalidades actuales para ser la plataforma de trazabilidad del origen renovable de la electricidad que se suministre a los proyectos no solo dentro del SEN sino también a los proyectos conectados a SEA (Aysén), SEM (Magallanes), SSMM (otros sistemas eléctricos medianos) y a los proyectos sin conexión a red eléctrica. La plataforma electrónica recibe los datos de RENOVA y los integra con aquellos correspondientes al origen del CO₂ para los combustibles sintéticos y a la cadena de valor de los productos, antes de transmitirlos al Registro para que éste gestione los certificados (**Figura 13**).

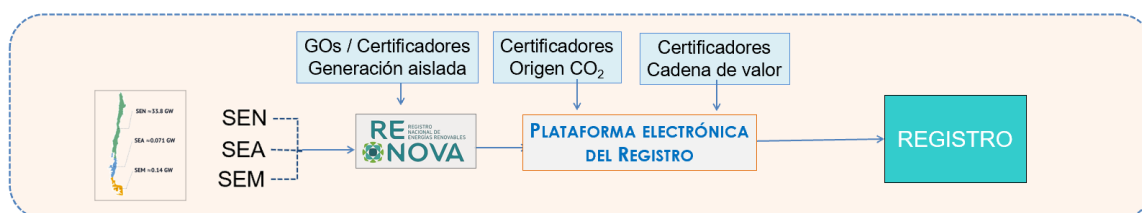


Figura 13: Opción B - Plataforma electrónica de Registro + RENOVA. Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.3 Opción C: Plataforma electrónica de Registro + Origen renovable de la electricidad + Plataforma adicional

En esta opción, la función de operador de registro también es asumida por una nueva plataforma electrónica. Cualquier plataforma de trazabilidad del origen renovable de la electricidad puede ser considerada para los proyectos conectados al SEN. En paralelo, se constituye una plataforma adicional para recopilar los datos de la energía eléctrica renovables es decir aquella suministrada desde SEA, SEM, SSMM y en los proyectos aislados sin conexión a red, que cuenten con garantías de origen, ya sea de RENOVA, o de otros esquemas voluntarios reconocidos, o que sean verificados por certificadores en las instalaciones.

De esta forma, la Plataforma adicional del Registro podría integrar todo dato de suministro eléctrico renovable (Garantía de Origen GO) relacionado con la producción de hidrógeno renovable y sus derivados.

La plataforma electrónica del Registro recibe los datos del suministro eléctrico renovable y de la Plataforma adicional, los integra con aquellos correspondientes al resto de la cadena de valor, también generados por certificadores, y finalmente los transmite al Registro para que gestione los certificados. (**Figura 14**).

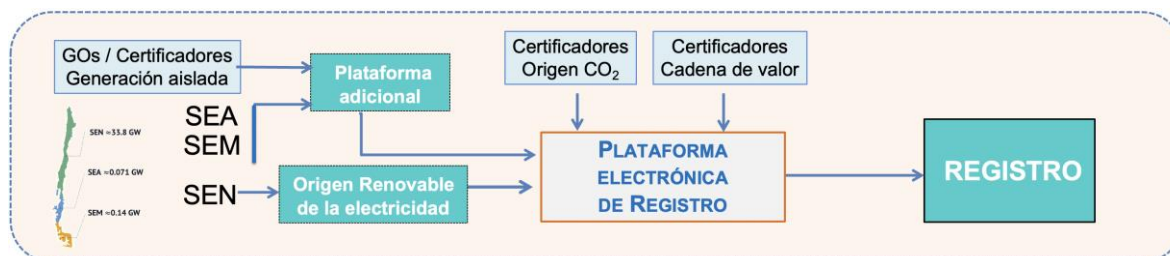


Figura 14: Opción C - Plataforma electrónica de Registro + Origen renovable de la electricidad + Plataforma adicional. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la **Tabla 14** se realiza una evaluación preliminar de la factibilidad y grado de dificultad para la implementación de las opciones expuestas, considerando dos parámetros:

- ✓ Complejidad técnica: grado de homogeneidad de los datos.
- ✓ Complejidad legal: necesidad y factibilidad de desarrollos normativos.

Tabla 14: Evaluación de alternativas de integración para plataforma de registro. Fuente: Elaboración propia.

	Complejidad técnica	Complejidad legal
Opción A	ALTA: Expansión de las capacidades actuales de RENOVA para recibir, procesar, generar y ejercer control de datos altamente heterogéneos de múltiples fuentes (información propia, generación de SEA y SEM, instalaciones aisladas, fuentes de CO ₂ y emisiones en la cadena de valor certificada por certificadores).	ALTA: Atribución de nuevas competencias al CEN que exceden las otorgadas por la Ley N° 20.936 de su creación y el Decreto 52 que aprueba el Reglamento del Coordinador independiente del SEN. Definición del financiamiento de la expansión de RENOVA dentro del presupuesto del CEN.
Opción B	ALTA: Expansión de las capacidades actuales de RENOVA para recibir, procesar, generar y ejercer control de datos heterogéneos de múltiples fuentes (información del CEN, generación eléctrica de SEA y SEM, instalaciones aisladas certificadas por certificadores).	ALTA: Atribución de nuevas competencias al CEN que exceden las otorgadas por la Ley N° 20.936 de su creación y el Decreto 52 que aprueba el Reglamento del Coordinador independiente del SEN. Definición del financiamiento de la expansión de RENOVA dentro del presupuesto del CEN. BAJA: Contratación de servicios digitales para la Plataforma electrónica de Registro por el MEN
Opción C	BAJA: Las plataformas de Garantías de Origen de la electricidad y la Plataforma adicional reciben, procesan, generan y ejercen control de datos homogéneos de fuentes acotadas. La Plataforma electrónica de Registro recopila y procesa la información completa. Creación de protocolos de comunicación entre la Plataforma electrónica de Registro con otras plataformas de Garantías de Origen (GO) y la Plataforma adicional.	BAJA: Contratación de servicios digitales para la Plataforma electrónica de Registro y para la Plataforma adicional por el MEN. No requiere atribución de nuevas competencias al CEN. Se requiere establecer protocolos de comunicación entre todas las plataformas electrónicas de Garantías de Origen y con las Plataformas de Registro.

Según surge de los parámetros analizados, **la recomendación preliminar es adoptar la Opción C**. Sin embargo, se recomienda realizar análisis especializados más profundos de las premisas técnicas, legales y orgánico-funcionales, como así también una evaluación comparativa de los potenciales costos económicos para cada una de estas Opciones, que excede las posibilidades de este estudio.

5.3.5 Insuficiencias actuales en el sistema y necesidades regulatorias

La siguiente **Tabla 15** expone **los elementos que actualmente no existen o requieren un desarrollo adicional en el sistema de Chile, para la implementación del sistema de certificación propuesto**.

Tabla 15: Insuficiencias actuales del sistema general de Chile. Fuente: Elaboración propia.

INSUFICIENCIAS ACTUALES DEL SISTEMA GENERAL EN CHILE	
1.	<p>Certificación del origen de la electricidad en proyectos conectados a SEN, SEA (SSMM Aysen), SEM y SSMM. En el caso de las instalaciones de producción de hidrógeno conectadas a red, para que la energía eléctrica sea considerada como totalmente renovable y por lo tanto cero emisiones, la operativa de los sistemas debe permitir la identificación de PPAs y documentar la información sobre adicionalidad, correlación temporal y correlación geográfica según las definiciones del Reglamento Delegado (UE) 2023/1184.</p> <p>Adicionalmente, existen conceptos fundamentales para el esquema de certificación que corresponde identificar como equivalentes a los de la normativa de la Unión Europea (“conceptos equivalentes para terceros países”) o a desarrollar si no existen en el sistema eléctrico chileno, tal como se definen en el Reglamento (UE) 2019/943^{xcviii}:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ “Zona de oferta”: La mayor zona geográfica en la que los participantes en el mercado pueden intercambiar energía sin asignación de capacidad. ✓ “Período de liquidación de desvíos”: La unidad de tiempo para la que se calcula el desbalance de las partes responsables del saldo. ✓ “Redespacho”: Medida, incluida la reducción de despacho, activada por uno o varios gestores de redes de transporte o gestores de redes de distribución a través de la alteración de la generación, el diagrama de carga, o ambos, a fin de cambiar los flujos físicos del sistema eléctrico y aliviar una congestión física o asegurar de otra manera la seguridad del sistema.
2.	<p>Certificación de origen de la electricidad en instalaciones de producción de hidrógeno con conexión directa a generación renovable. Para su consideración como electricidad sin emisiones, se requiere trazabilidad de la adicionalidad según se define en el Reglamento Delegado (UE) 2023/1184 y, en su caso, la identificación de los sistemas de medición inteligente según la Directiva 2019/944^{xcix}.</p>
3.	<p>Metodología de cálculo de factores de emisión en SEN, SEA, SEM y SSMM según el apartado A. Metodología (punto 6) del Anexo del Reglamento Delegado (UE) 2023/1185. Para que los proyectos puedan aplicar los métodos alternativos para atribuir valores de emisiones de GEI a la electricidad extraída de la red que no se considere totalmente renovable, se requiere disponer de información pública y datos fiables sobre el número de horas en las que el precio marginal de la electricidad haya sido fijado por instalaciones renovables en cada año como así también del eventual valor de emisiones de GEI de la unidad marginal que genera electricidad en cada momento, que podría existir a través, por ejemplo, de un sistema de comercio de emisiones como el de la Unión Europea.</p>
4.	<p>Datos sobre producción de electricidad y consumo de combustible en SEN, SEA, SEM y SSMM, con el mismo detalle que los Datos y Estadísticas de la IEA^c. Cuando la intensidad de emisiones de GEI se establece por zona de oferta, el Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 (apartado C. del Anexo) requiere que los datos procedentes de estadísticas nacionales oficiales tengan el mismo nivel de detalle que los datos de la IEA, que proporciona</p>

	datos y estadísticas sobre los balances energéticos y la electricidad producida a partir de diversos combustibles ⁶ .
5.	Certificación del origen del carbono para certificación de combustibles sintéticos según las condiciones del Reglamento Delegado (UE) 2023/1185, en Chile.
6.	Trazabilidad y cadena de custodia de la producción de hidrógeno y derivados hasta punto de uso o punto de exportación bajo principios de balance de masa.
7.	Procedimiento de auditoría para instalaciones de producción en configuración de generación aislada o con conexión a red eléctrica que acredite los requisitos del origen de la electricidad conforme al sistema de certificación.
8.	Procedimientos de medición de producción de hidrógeno en punto de ingreso a infraestructuras de almacenamiento y transporte integradas (sistema gasista), de hidrógeno y derivados en punto de entrega aislado (camiones cisterna) y en puntos de salida (entrega a usuario final o puerto de exportación) bajo el principio de balance de masa.
9.	Área reglamentaria para acreditación por parte del INN de empresas de evaluación de conformidad como certificadores de productos, sistemas y cadenas de valor del hidrógeno renovable y sus derivados. Este desarrollo es necesario para definir con exactitud el alcance de las acreditaciones requeridas para los certificadores del hidrógeno y cada uno de sus derivados, que tengan en cuenta las especificidades de su certificación.

En particular, para que el origen de la electricidad dentro del SEN sea certificable bajo el esquema propuesto mediante garantías de origen (GO) **será necesario modificar, adaptar y desarrollar nuevas capacidades, ya sea en RENOVA, o en cualquier registro de GO existente o a crearse.** La **Tabla 16** enumera las extensiones y modificaciones necesarias en el sistema RENOVA.

Tabla 16: Extensiones o modificaciones del sistema RENOVA. Fuente: Elaboración propia.

EXTENSIONES Y MODIFICACIONES DEL SISTEMA RENOVA	
1.	Definir y registrar los contratos y transferencias de atributos renovables en el SEN en línea con la definición de PPA del Reglamento Delegado (UE) 2023/1184.
2.	Documentar la adicionalidad y correlaciones temporal y geográfica en las garantías de origen según el Reglamento Delegado (UE) 2023/1184.
3.	Definir un Sistema de medición inteligente según la Directiva 2019/944.
4.	Documentar los periodos de desbalances o desvíos dentro del SEN según el Reglamento Delegado (UE) 2023/1184.
5.	Aplicar una metodología de cálculo de factores de emisión del SEN en línea con el Reglamento Delegado (UE) 2023/1185.
6.	Crear herramientas de mitigación de riesgos de doble contabilidad en producción, transferencias y redención de los certificados, en especial protocolos de comunicación con otras plataformas de esquemas voluntarios de garantías de origen de la electricidad (por ej. I-REC).

En la siguiente **Tabla 17** se incluye un listado de normas, documentos y procesos que serán necesarios desarrollar para cubrir las brechas identificadas como insuficiencias del ordenamiento actual en Chile.

⁶ Los datos sobre el consumo de combustible incluirán los datos disponibles con el mayor nivel de detalle posible obtenidos de las estadísticas nacionales: combustibles fósiles sólidos, gases manufacturados, turba y productos de la turba, esquisto bituminoso y arenas bituminosas, petróleo y productos petrolíferos, gas natural, energías renovables y biocarburantes, residuos no renovables y energía nuclear.

Se asume la existencia de la modificación legal previa prevista en la Sección 5.3.2 que otorgue al MEN la potestad para crear el Registro, fijar los criterios y requisitos para la certificación, determinar los requisitos para acreditar a los certificadores y aprobar su designación, y mandar la dictación de los reglamentos que regulen los aspectos necesarios para ejecutar lo señalado.

Tabla 17: Necesidades regulatorias y entidades responsables. Fuente: Elaboración propia.

NECESIDADES REGULATORIAS Y ENTIDADES RESPONSABLES	
ACTO ADMINISTRATIVO MEN	CONTENIDO: ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE CERTIFICACIÓN. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Creación del Registro y aprobación de su estructura. ✓ Aprobación de los elementos generales del esquema de certificación. ✓ Designación de los organismos responsables dentro del MEN para la elaboración del Reglamento del esquema de certificación, el Reglamento del procedimiento del Registro, el Reglamento de acreditación de certificadores y otros desarrollos.
REGLAMENTO DEL ESQUEMA DE CERTIFICACIÓN MEN	CONTENIDO: DESARROLLO DE DETALLE DE LOS ELEMENTOS DEL ESQUEMA. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Criterios del origen de la electricidad. ✓ Umbral de reducción de emisiones y metodología de cálculo. ✓ Criterios de origen de CO₂ para producción de combustibles sintéticos. ✓ Trazabilidad y cadena de custodia. ✓ Estándares de certificación, auditoría y mediciones.
REGLAMENTO DEL PROCEDIMIENTO DEL REGISTRO MEN	CONTENIDO: NORMAS DE OPERACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL REGISTRO. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecimiento de órganos y normas de administración interna. ✓ Titulares de cuentas: requisitos de alta, mantenimiento y baja en el sistema. ✓ Contenido de los certificados. ✓ Funcionalidades: condiciones para la expedición, transferencia, exportación, importación y redención por consumo de los certificados. ✓ Normas de supervisión y auditoría. ✓ Régimen de infracciones y sanciones. ✓ Procedimiento de comunicación con otras plataformas.
REGLAMENTO DE ACREDITACIÓN DE CERTIFICADORES MEN INN	CONTENIDO: CREACIÓN DEL ÁREA REGLAMENTARIA Y ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS PARA CERTIFICADORES <ul style="list-style-type: none"> ✓ Creación del área reglamentaria, por ej. "Hidrogeno y derivados del hidrógeno". ✓ Establecimiento del procedimiento para que el INN acredite a empresas como certificadores de productos, sistemas y cadena de custodia de hidrógeno renovable y sus derivados.
CONTRATACIÓN PÚBLICA MEN	CONTENIDO: PROCESO DE SELECCIÓN Y CONTRATACIÓN DE PROVEEDOR DE SERVICIOS DIGITALES PARA PLATAFORMAS DE OPERACIÓN DE REGISTRO.

<p style="text-align: center;">CONTRATACIÓN PÚBLICA</p> <p style="text-align: center;">MEN</p>	<p>CONTENIDO: PROCESO DE SELECCIÓN Y CONTRATACIÓN DE PROVEEDOR DE SERVICIOS DE MERCADO ORGANIZADO DE CERTIFICADOS DE SOSTENIBILIDAD Y OTROS RELACIONADOS (SUBASTAS, ÍNDICES DE PRECIOS, ETC.).</p>
--	---

Sin perjuicio de la estructura de la gobernanza del hidrógeno en el Plan de Acción de Hidrógeno Verde, para el desarrollo de la normativa las entidades responsables deberán contar con el apoyo transversal de, al menos, los siguientes organismos:

CNE: Desarrollo de las regulaciones relacionadas con el funcionamiento y la operación de las instalaciones energéticas.

MMA:

- Desarrollo de la metodología de cálculo de emisiones y su reducción.
- Diseño del sistema de monitoreo, verificación y reporte (MVR) de las emisiones de GEI tanto en las instalaciones de producción de hidrógeno y sus derivados como en los volúmenes de producción a ser certificados.
- Definición de los atributos de sostenibilidad incluidos en los permisos ambientales, que sean relevantes al hidrógeno y derivados para ser documentados en los certificados.

Es importante destacar, que ya existen instrumentos desarrollados para medir la huella de carbono y el MRV de productos que son públicos y voluntarios como “Sistemas de Información y gestión del Cambio Climático”^{ci}. Dichas herramientas podrían servir como plataforma para medir lo requerido dentro del sistema de certificación propuesto, lo cual también supone adaptar las mismas dentro de los requisitos técnicos que requiere la UE para su validación.

El art. 30 de la Ley Marco de Cambio Climático le da facultades al MMA para llevar adelante el sistema de certificación voluntaria de gases de efecto invernadero (GEI) y de uso de agua, que plasma el trabajo realizado por alrededor de diez años mediante el programa HuellaChile. Esto puede implicar que, dentro de esa normativa, podría estar la incumbencia del MMA para el sistema de certificación propuesto.

CEN:

- Trazabilidad de la información adicional sobre el SEN, requerida en razón del sistema de certificación
- Extensiones y modificaciones de la plataforma RENOVA.
- Implementación de los protocolos de comunicación con otras plataformas.

SEC:

- Desarrollo del proceso de admisibilidad y evaluación técnica de las instalaciones energéticas para su inscripción y mantenimiento en el Registro.
- Facultades de fiscalización y supervigilancia sobre la calidad de los servicios que se presten a los usuarios y la seguridad de las instalaciones y las operaciones.
- Facultades de fiscalización y supervigilancia del sistema de certificación, con potestad de determinar la existencia de infracciones administrativas e imponer las sanciones por incumplimiento, dentro de las condiciones que establezcan las modificaciones legales previstas en la Sección 5.3.3.

MTT y MOP: Diseño del sistema de monitoreo, verificación y reporte (MVR) en infraestructura y puertos, en congruencia con los Planes Maestros de Infraestructura Habilitantes para el Hidrógeno Verde de cada región.

5.3.6 Diagrama de la estructura de certificación requerida en Chile para cumplir con los estándares analizados

La plena implementación del esquema de certificación propuesto para Chile deberá contener los siguientes elementos (Tabla 18)

Tabla 18: Elementos del esquema de certificación de sostenibilidad del hidrógeno y sus derivados en Chile. Fuente: Elaboración propia.

Elementos del esquema de certificación de sostenibilidad del hidrógeno y sus derivados en Chile	
1. Ámbito Geográfico.	República de Chile (alcance nacional).
2. Unidades.	gCO ₂ /MJ
3. Definición de hidrógeno y derivados y sus características de calidad y pureza.	Parámetros no establecidos en el esquema de certificación. <i>(Se debe cumplir con la normativa vigente en Chile y sus actualizaciones futuras en el ámbito del hidrógeno, en particular los avances en la Línea de Acción 6: Habilitación Regulatoria - Plan de Trabajo regulatorio del Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023 – 2030)</i>
4. Establecimiento de las categorías del esquema.	Tres categorías: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrógeno renovable no biológico (combustible renovable de origen no biológico RFNBO) ✓ Amoníaco renovable no biológico (combustible renovable de origen no biológico RFNBO) ✓ Combustible sintético (combustible de carbono reciclado RCF).
5. Fuentes de producción admisibles para cada categoría.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrógeno renovable no biológico y amoníaco renovable no biológico (RFNBO): energía procedente de fuentes renovables distintas de la biomasa (excluyendo las de origen biológico). Combustibles sintéticos (RCF): hidrógeno renovable no biológico y fuentes de carbono admitidas en el esquema.
6. Aplicaciones.	Sin discriminación entre usos finales.
7. Atributos del producto.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ RFNBO: Origen renovable de la electricidad y 70% de reducción de emisiones con respecto al valor de referencia. RCF: 70% de reducción de emisiones con respecto al valor de referencia y fuentes de carbono admitidas en el esquema.
8. Valor de referencia o benchmark.	94 gCO ₂ eq/MJ.
9. Límites del sistema.	A opción del solicitante: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Punto de uso (“well-to-wheel”), o ✓ Punto de exportación (“export gate”). Metodología de cálculo de emisiones y reducción que cumpla con el Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 y estándares internacionales reconocidos.
10. Cadena de custodia.	Balance de masa (“mass balance”).
11. Garantías de origen para la energía eléctrica	Admisibles las garantías de origen emitidas bajo el sistema RENOVA u otros previamente reconocidos por el Registro, según criterios establecidos en el Procedimiento del Registro.
12. Suministro eléctrico 100% renovable: adicionalidad y correlaciones temporal y geográfica.	Reglas aplicables según configuración de conexión directa y/o conexión a red, siguiendo los lineamientos de los Reglamentos Delegados 2023/1184 y 2023/1185, incluyendo los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Adicionalidad: hasta 36 meses. ✓ Correlación temporal: mensual hasta 31/12/2029, horaria a partir de 01/01/2030. ✓ Correlación geográfica: misma zona de oferta o zonas de oferta interconectadas, con sujeción a las reglas de precio entre ellas.
13. Sistemas de apoyo	Indicación si la instalación ha recibido apoyo en forma de ayuda al funcionamiento o ayuda a la inversión, en los términos del Artículo 5.b) del Reglamento Delegado 2023/1184.

El sistema de certificación deberá estar sujeto a revisiones periódicas, según el calendario y el procedimiento a ser establecido en los Reglamentos del Esquema de Certificación y del Procedimiento del Registro, conforme evolucione el mercado del hidrógeno a nivel global y las exigencias legales y reglamentarias de los esquemas de certificación de los países de destino. Mediante esas revisiones, el sistema tendrá la flexibilidad para adaptarse y reflejar el desarrollo de la tecnología, los cambios en las configuraciones de los proyectos, las metodologías de cálculo de emisiones y el crecimiento de los mercados, con nuevos productos o sustitutos de los que hoy existen.

5.3.6.1 Arquitectura institucional

La siguiente **Figura 15** sintetiza el modelo de arquitectura institucional del sistema de certificación de sostenibilidad para Chile propuesto en el presente estudio.

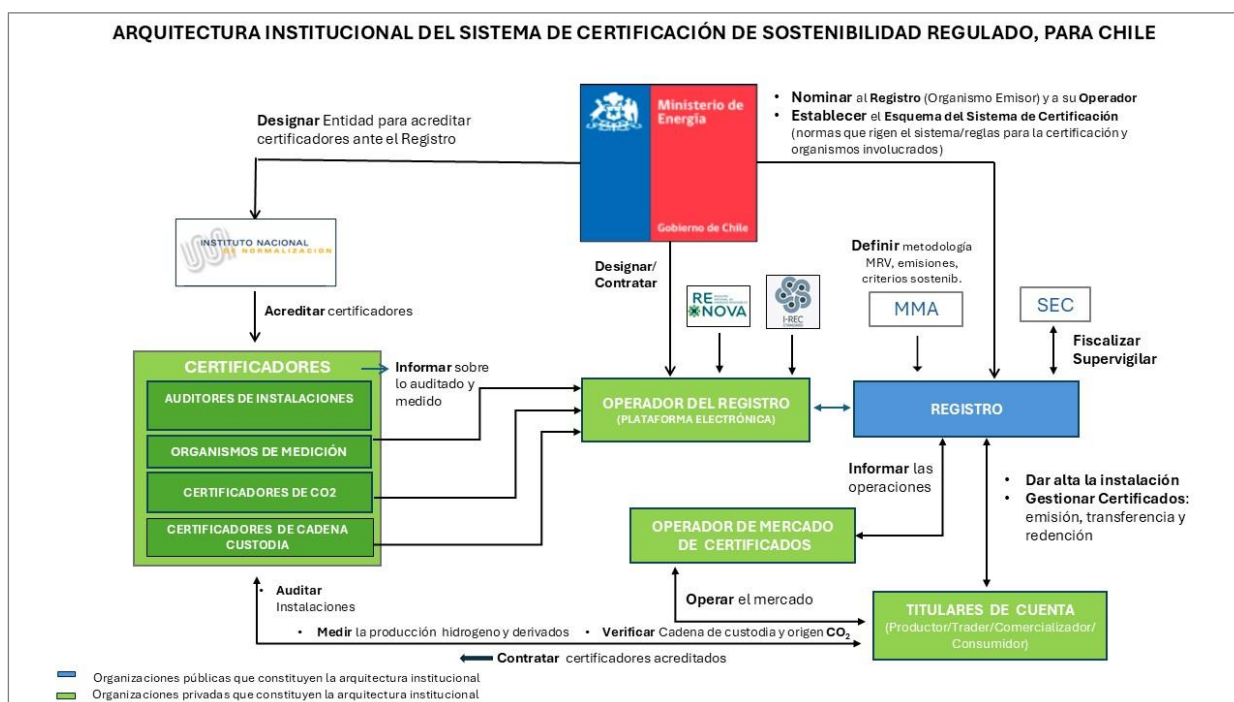


Figura 15: Arquitectura institucional propuesta del sistema regulado de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados para Chile. Fuente: Elaboración propia.

5.3.6.2 Recomendaciones y sugerencias derivadas de los talleres

Durante el proceso de difusión y sensibilización de esta propuesta, llevado adelante con la participación de distintos actores institucionales identificados previamente dentro del sistema, aparecieron sugerencias para optimizar y/o mejorar los tiempos de implementación del sistema de certificación.

Una de esas sugerencias, consistió en la posibilidad de que el Registro sea administrado por la SEC, siempre y cuando se cumplan los requisitos legales y regulatorios requeridos dentro del sistema administrativo de Chile.

Asimismo, en dicho caso, se evaluará la posibilidad de que se incorporen dentro del sistema algunos Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC) internacionales, para que puedan ser acreditados ante el Registro. También se podrían incorporar dentro del Registro, las funciones de fiscalización y supervigilancia que en su momento fueron identificadas bajo el rol de la SEC como órgano de control externo.

Sin embargo, para poder articular esta propuesta surgida del taller con dicho organismo, se recomienda solicitar las opiniones legales de los Departamentos Jurídicos responsables (SEC, MEN, etc.) sobre su viabilidad jurídica, las necesidades de modificaciones normativas y procedimentales para llevarla a cabo y las nuevas competencias que la SEC requeriría en su caso.

En el último taller de este proceso, llevado a cabo con el sector privado, surgieron una serie recomendaciones y reflexiones que podrán ser considerados en su momento por el MEN cuando diseñe de forma definitiva y reglamente el sistema. A continuación, se menciona las más destacadas:

- En la UE se está desarrollando el concepto del Pasaporte de Hidrógeno, el que también está siendo apoyado por Hydrogen Europe, cuyo análisis forma parte de este informe. Este pasaporte es una herramienta capaz de contener toda la información del producto para evaluar el cumplimiento en los distintos mercados, por ejemplo, contener toda la información que requiere el esquema de certificación de la Unión Europea. Sobre el particular se recomendó la conveniencia de que el MEN evalúe el apoyo para la elaboración o aplicación de este pasaporte en Chile.
- Se solicitó que se tome en cuenta incorporar en el Reglamento del Esquema de Certificación los posibles esquemas que están operando bajo reconocimiento de la Comisión Europea como voluntarios. A la fecha, CertifHy; ISCC y REDcert.
- Para mejorar el monitoreo de la doble contabilidad, se solicitó que se considere, dentro de la plataforma electrónica del Registro, un sistema de interoperatividad de los distintos certificados y etiquetas (GOs, agua y otros), articulando los protocolos de comunicación con otras plataformas y aquellos elementos de diseño necesarios para lograr esa interoperatividad.
- Se recomendó que se definan categorías adicionales de productos con diferentes criterios de sustentabilidad y grados de exigencia en reducción de emisiones de CO₂, para que, una vez que el sistema de certificación esté operativo, puedan negociarse criterios puntuales con otros sistemas de los mercados de destino.
- Se solicitó la inclusión de mecanismos de flexibilidad dentro del sistema de certificación, dado que la misma EU está revisando su propio esquema por las altas exigencias incluidas, lo cual está poniendo en riesgo el avance del mercado en ese destino. Asimismo, se puntualizó que, en el futuro, habrá otros productos tales como el acero verde, que requerirán una mirada más flexible.
- Para asegurar que el sistema propuesto sea efectivo y cumpla con las expectativas del mercado, se requirió que estén claramente definidos los roles y funciones dentro del sistema, y que se mejoren los plazos para su implementación.
- Respecto de CertHiLAC, cuyo análisis forma parte de este Informe, se destacó que existe una cooperación triangular, entre OLADE, la UE y Chile, para seguir impulsando la certificación no solo a nivel de Chile, sino con otros países de Latinoamérica.

6 Identificación de acciones para un sistema de certificación de hidrógeno y sus derivados en Chile

6.1 Propuesta estratégica para un sistema de certificación

El sistema de certificación propuesto considera los elementos necesarios para que el hidrógeno y los derivados que se produzcan en Chile cumplan con los estándares más exigentes de los mercados de destino. Se registra el origen renovable y la reducción de emisiones del hidrógeno renovable, tanto inyectado como no inyectado en las redes de gas natural, el amoníaco y los combustibles sintéticos que incorporan carbono en su composición, certificando también el origen de este último, con alcance a toda la cadena de valor hasta punto de uso o punto de exportación y extensible a atributos de sostenibilidad adicionales.

Considerando la complejidad y la diversidad de los aspectos a incluir en el sistema de certificación propuesto, será necesario implementarlo de forma gradual en tres fases, lo que permitirá ir consolidando el esquema de manera progresiva para darle mayor confiabilidad.

A continuación, se describen las tres fases y los aspectos a desarrollar en cada una, con una estimación de sus marcos temporales.

6.1.1 Fase I preparatoria (2025-2027) – Creación del esquema de certificación

6.1.1.1 Marco General Regulador

Esta fase involucra las acciones previas que son necesarias para la implementación del sistema. Para ello, como ya fue analizado en el Capítulo 5, es necesario realizar modificaciones legales que otorguen las competencias al MEN y al organismo con facultades de fiscalización del sistema (SEC).

El desarrollo normativo implicará también la preparación de los instrumentos reglamentarios derivados de esas nuevas competencias otorgadas por los textos legales fundamentales. En esos instrumentos reglamentarios se definirá el esquema, los productos alcanzados por la certificación, los atributos mínimos y los límites del sistema, se creará el Registro y se establecerán las reglas de su funcionamiento, incluyendo la acreditación de Certificadores. Se deberá prever la flexibilidad del sistema, de modo que pueda ir evolucionando en la medida que los estándares internacionales también lo hagan, ampliando o redefiniendo estos elementos.

Será necesario también definir los servicios digitales para la plataforma del Registro, ya que es la herramienta tecnológica que permitirá la trazabilidad de los productos. Esta definición deberá ir de la mano de los estándares que el esquema establezca y de lo que considere importante medir y verificar. La herramienta debe estar preparada para evolucionar en forma continua con los avances de la tecnología y desarrollo del mercado internacional.

La coordinación entre los organismos que tengan facultades de fiscalización del sistema (SEC) y para acreditación de los Certificadores ante el Registro (INN) es relevante para el correcto funcionamiento del sistema.

6.1.1.2 Proceso de consultas tempranas sobre esquema de certificación (Público-Privado)

Una vez que todos los elementos del sistema estén integrados, se recomienda iniciar un proceso de consulta con los sectores público y privado, para validar el esquema propuesto y en su caso, realizar los ajustes y correcciones necesarias. Este proceso podría ser dinámico, a modo de taller u otro tipo de herramientas interactivas, con las formalidades requeridas que una consulta pública implica.

6.1.1.3 Publicación y publicidad del Sistema de Certificación

Finalizado el proceso de consulta y consolidadas las propuestas de mejoras o modificaciones recolectadas, corresponde publicar y publicitar el sistema de certificación. Esta publicidad también puede implicar mecanismos de consulta adicionales, talleres de divulgación y cualquier otra herramienta que ayude a la comprensión del sistema por parte de los interesados, para lograr una amplia base de consenso en su implementación.

6.1.1.4 Contactos iniciales para el reconocimiento internacional del Registro

Una vez consolidado el sistema, es importante iniciar los contactos para su reconocimiento ante los mercados de exportación, considerando que este reconocimiento no solo puede demandar un tiempo importante, sino que incluso puede implicar ajustes a lo desarrollado.

6.1.2 Fase II de consolidación (2027-2028) – Creación del registro y sus órganos de gobernanza

Sobre la base de lo estructurado en la fase anterior, se deberá constituir el Registro, que es la columna vertebral del esquema, creando una entidad específica y designando sus órganos de gobernanza. Dentro de estos últimos, está la constitución del Comité de Partes, el cual deberá dictar su propio reglamento de funcionamiento, y los Certificadores, que deberán inscribirse en el Registro después de haber cumplido con su acreditación ante el INN.

Asimismo, se deberá poner en funcionamiento la Plataforma del Registro. En esta fase, sus funcionalidades deben permitir la trazabilidad de los atributos mínimos en el punto de producción (*well-to-gate*), articulando los protocolos de comunicación para intercambio de información con otros organismos (MMA, SEC, etc.) y con plataformas de garantías de origen de la electricidad que se admitan dentro del esquema (RENOVA, I-REC, entre otras).

Una vez puesto en marcha todo lo mencionado, se podrá habilitar la apertura de las cuentas del Registro, para que los productores inscriban las instalaciones y los usuarios en general puedan registrarse bajo los distintos perfiles de productor, comercializador, intermediario (trader) o consumidor.

Para los productos destinados a exportación, se debe concretar el procedimiento de reconocimiento internacional y comunicación del Registro con registros de jurisdicciones que importen los productos desde Chile.

6.1.3 Fase III de expansión (2028-2030) – Expansión de funcionalidades del registro

En esta fase, el esquema ya se encuentra consolidado y funcionando, incluso podría haber mejorado su operación, corrigiendo aspectos del diseño inicial. Se prevé entonces, la expansión de sus funcionalidades al resto de la cadena de valor, incorporando la capacidad de certificar la reducción de emisiones de GEI y la cadena de custodia más allá del punto de producción (*well-to-gate*), para llegar hasta el punto de uso (*well-to-wheel*) o el punto de exportación (*export gate*), a opción del solicitante. Esta expansión es imprescindible para el cumplimiento cabal de los estándares de la Unión Europea, que contabiliza las emisiones hasta el consumo final.

Estas funcionalidades requerirán el establecimiento de una metodología de cálculo de reducción de emisiones que coincida con la metodología de la Unión Europea. Se deben prever los casos de hidrógeno inyectado en redes de gas natural y de hidrógeno y sus derivados en logística *off-grid*, es decir con punto de carga fuera de las redes de gas natural y transporte por vehículos. Asimismo, requerirá el establecimiento de comunicación electrónica del Registro con los gestores de redes de transporte y distribución de gas natural, para el caso del hidrógeno inyectado en los sistemas gasistas, y con los operadores de otra infraestructura relacionada, como la portuaria.

En esta fase también se podrán incluir atributos de sostenibilidad adicionales a aquellos incorporados en la fase anterior, agregando los que se hayan definido según los avances normativos nacionales, regionales e internacionales.

Para este aspecto, será necesario expandir la comunicación del Registro con MMA y SMA para el traslado de información actualizada de permisos ambientales de instalaciones y el cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental que deben ejecutar las instalaciones inscriptas en el Registro, para mantener su inscripción.

Si bien el desarrollo del mercado de Certificados (*Exchange*) es optativo, en esta etapa ya se podría implementar, dado que, según las proyecciones internacionales, podría estar funcionando activamente en este período de tiempo. Por lo cual, contactar con proveedores que brinden este servicio, se vislumbra muy conveniente.

6.2 Acciones a implementar y organismos responsables

En la **Tabla 19** se resumen las fases para la implementación de la propuesta, indicando el órgano responsable y los apoyos transversales necesarios para impulsar las acciones involucradas en cada fase. En el Anexo a este Producto 5, se muestra una carta Gantt que refleja estas actividades y el camino crítico.

Tabla 19: Fases del proceso de implementación del sistema de certificación propuesto. Fuente: Elaboración propia.

FASE	ALCANCE Y ACCIONES	ENTIDAD
Fase I Preparatoria 2025-2027	I. CREACIÓN DEL ESQUEMA DE CERTIFICACIÓN I.1 MARCO GENERAL REGULADOR: <ul style="list-style-type: none"> ○ Preparar y aprobar los instrumentos legales necesarios para delegar facultades al MEN para el establecimiento del esquema de certificación, creación del Registro y delegación en organismos responsables para la preparación de instrumentos administrativos para su implementación y funcionamiento (Reglamentos, Resoluciones, Instrucciones y Circulares). ○ Determinar: <ul style="list-style-type: none"> - Atributos mínimos (origen renovable de la electricidad y reducción de emisiones) - Productos (hidrógeno, amoníaco y combustibles sintéticos). - Límites del sistema: punto de producción (well-to-gate). - Cadena de Custodia: Balance de masa. ○ Articular y preparar los Reglamentos e instrumentos administrativos requeridos para la gobernanza y funcionamiento del esquema (organismos responsables designados con apoyo transversal). ○ Definir los servicios digitales para la plataforma del Registro y contratación para su desarrollo. ○ Coordinar con SEC para la fiscalización del sistema y aplicación del régimen de infracciones y sanciones. ○ Coordinar con INN para elaboración de reglamento y procedimiento de acreditación de certificadores. 	ORGANISMO RESPONSABLE: MEN APOYO TRANSVERSAL: CNE MMA SEC INN CEN
	I.2 PROCESO DE CONSULTAS SOBRE SISTEMA DE CERTIFICACIÓN (PÚBLICO-PRIVADO) <ul style="list-style-type: none"> ○ Articular talleres a modo de consulta pública con el sector y ecosistema de hidrógeno para validar, corregir, y/o mejorar el esquema propuesto. ○ Recoger conclusiones e introducir los cambios necesarios. 	ORGANISMO RESPONSABLE: MEN
	I.3 PUBLICACIÓN Y PUBLICIDAD DEL ESQUEMA DE CERTIFICACIÓN A SECTORES Y A PÚBLICO GENERAL <ul style="list-style-type: none"> ○ MECANISMOS DE PUBLICACIÓN ○ Q&A ○ TALLERES DE DIVULGACIÓN ○ GUÍAS DE IMPLEMENTACIÓN ○ OTRAS HERRAMIENTAS. 	ORGANISMO RESPONSABLE: MEN
	I.4 CONTACTOS INICIALES PARA RECONOCIMIENTO INTERNACIONAL DEL REGISTRO POR COMISIÓN EUROPEA Y OTROS MERCADOS DE DESTINO	ORGANISMO RESPONSABLE: MEN

<p>Fase II</p> <p>Consolidación 2027-2028</p>	<p>II. Creación del Registro y Órganos de Gobernanza</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Constituir el Registro y designar los órganos de Gobernanza ○ Implementar y poner en marcha la Plataforma de Registro con funcionalidades para trazabilidad de los atributos mínimos en punto de producción (well-to-gate) ○ Articular los protocolos de comunicación e información con otros organismos para acreditación de cumplimiento normativo por los titulares de cuentas (laboral, ambiental, etc.) ○ Constitución del Comité de Partes. ○ Articular los protocolos de comunicación e información con plataformas privadas de Garantías de Origen (GO). ○ Articular la trazabilidad de atributos mínimos hasta punto de producción (Cadena de valor). ○ Acreditar Certificadores ante el Registro. ○ Aperturas de cuentas: Registro de Instalaciones. ○ Impulsar el procedimiento de reconocimiento internacional y comunicación del Registro con registros de jurisdicciones de importación. 	<p>ORGANISMO RESPONSABLE: MEN</p> <p>APOYO TRANSVERSAL: MMA SEC SEA CEN MTSP MOP</p>
<p>Fase III</p> <p>Expansión 2028-2030</p>	<p>III. Expansión de funcionalidades del Registro</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Establecer la comunicación del Registro con gestores de redes de transporte y distribución de gas natural para hidrógeno inyectado. ○ Expandir las funcionalidades del Registro para trazabilidad de la cadena de valor. ○ Límite del sistema: punto de uso (well-to-wheel) o punto de exportación (export gate) a opción del solicitante, y la articulación con los actores de infraestructura habilitante para el H2 (portuaria entre otras). ○ Definir otros atributos de sostenibilidad adicionales según avances normativos nacionales, regionales e internacionales. ○ Establecer la comunicación del Registro con MMA y SMA para el traslado de información actualizada de permisos ambientales de instalaciones y cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental. ○ Realizar los contactos con proveedores de servicios de mercado de certificados (Exchange) para implementar el mercado de certificados de H2 (optativo) ○ Formalizar el proceso de reconocimiento internacional del Registro en jurisdicciones de importación. 	<p>ORGANISMO RESPONSABLE: MEN</p> <p>APOYO TRANSVERSAL: CNE MMA SMA INN CEN MTT MOP ENAP</p>

La **Figura 16** muestra las fases de implementación del sistema de certificación propuesto para Chile.

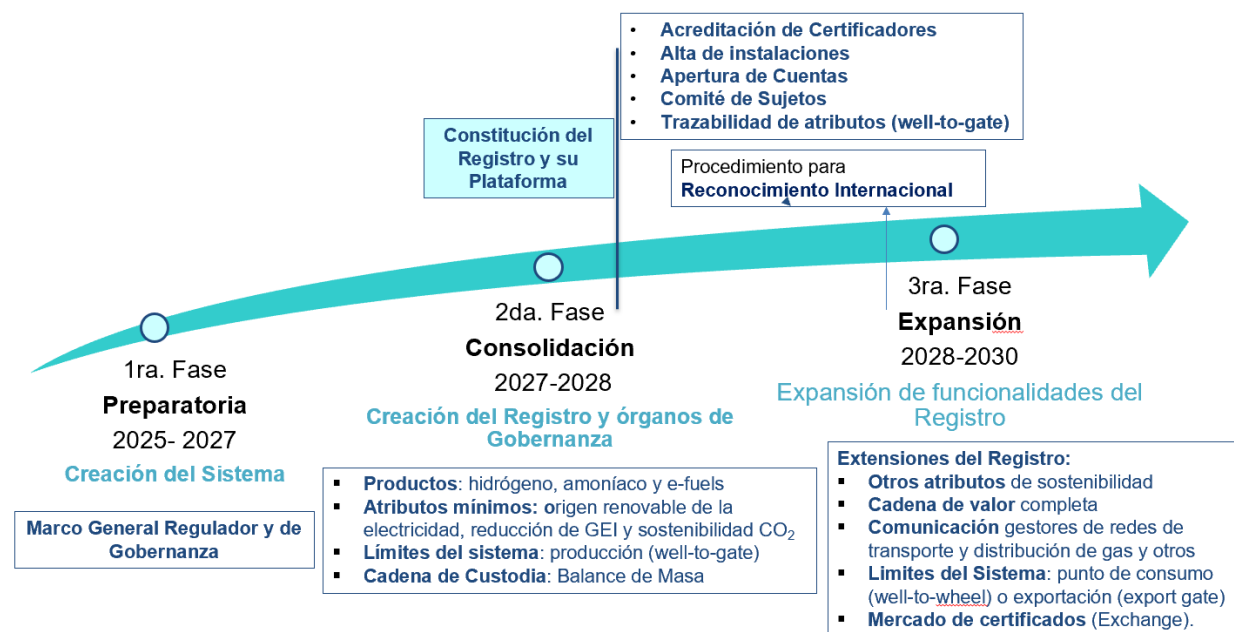


Figura 16: Fases de implementación del sistema de certificación para Chile. Fuente: Elaboración propia.

Las acciones de la hoja de ruta propuesta deberán avanzar de modo armónico con las acciones de habilitación regulatoria previstas en el Plan de Acción de Hidrógeno Verde, asegurando que los resultados sean parte integral del marco normativo del hidrógeno, en materia de seguridad, habilitación y ejecución de proyectos.

6.3 Estimación preliminar de costos para la implementación y operación del sistema de certificación

Actualmente, existe un número limitado de sistemas de certificación de hidrógeno y derivados en desarrollo o ya implementados. Estos casos son muy diferentes entre sí, en cuanto a actores involucrados, ámbito geográfico y complejidad, de modo que las referencias de costos que pueden obtenerse de esas experiencias son aplicables a cada contexto específico y no necesariamente son extrapolables a otro ámbito o situación.

Sin perjuicio de estas limitaciones, es posible analizar algunas experiencias en cuanto a los costos de desarrollo, implementación y operación del sistema, los recursos humanos internos requeridos y otros costos operativos y, finalmente, las tarifas que los sistemas privados imponen a los usuarios por el uso del sistema, que se traducen en beneficios o costos evitados para los usuarios cuando el sistema es gratuito, como en el caso de los Registros nacionales, y representan un incentivo para preferir su uso en lugar de los sistemas onerosos.

Costos de desarrollo e implementación: La información sobre estos costos resulta muy dispar. El BID^{cii} hace referencia a dos sistemas en funcionamiento:

- ✓ CertifHy. El costo de desarrollo osciló entre 1,5 y 2 millones de dólares, incluido el diseño y configuración del software necesario. Cabe señalar que este proceso tuvo una curva lenta de aprendizaje debido a su condición de pionero dentro de los sistemas de certificación a nivel mundial, lo cual implica un costo más elevado respecto al proyectado, por su curva de aprendizaje,
- ✓ Zero Carbon Certification System de Australia. Lanzado en 2020 por el Smart Energy Council, a través de su división Zero Carbon Hydrogen Australia, este sistema tuvo un costo de desarrollo en un rango entre 300.000 y 500.000 de dólares.

Se puede considerar que los costos de desarrollo de software tienden a ser más económicos en Latinoamérica, en comparación con los de otras regiones como la Unión Europea o Australia.

Costos de Operación: Según los ejemplos contrastados, el requerimiento de recursos humanos para la administración corriente del Registro requiere la dedicación directa de cuatro o cinco personas con capacitación adecuada.

Además de los recursos humanos internos, los costos claves para operar un sistema de certificación incluyen otras dos categorías:

- Costos externos de operación como licencias de software y otros gastos de soporte, que pueden oscilar entre 25.000 y 35.000 dólares, y
- Configuración y actualización de estándares del sistema: si en las fases iniciales de lanzamiento estos costos pueden ser más elevados debido a las posibles modificaciones sustanciales sobre el esquema original, a medida que el sistema se va consolidando necesariamente irán disminuyendo, siendo las actualizaciones más limitadas.

Tarifas de usuario: Para los productores, los costos más elevados son los iniciales y están relacionados con el alta de su instalación en el Registro, que requiere recursos internos y externos para la elaboración de la documentación a presentar y el pago de los honorarios de los certificadores.

El BID presenta la siguiente estimación de los costos que deberían afrontar los productores para obtener el alta en el Registro y la emisión de certificados de sostenibilidad por la producción, que serían aplicables en el sistema CertHiLAC (**Tabla 20**):

Tabla 20: Costos de alta en el Registro y certificación para productores. Fuente: Elaboración propia sobre información del BID.

	Ítem	Costo en USD	Comentarios
Costos iniciales	Cuenta de Certificación (Tarifa de apertura)	550 – 650	Por única vez
	Equipo de Producción (Tarifa de registración)	400 – 3.500	Dependiendo del tipo y capacidad de la planta
	Auditoría inicial (Nueva instalación)	5.000 – 10.000	Dependiendo de la complejidad tecnológica
Costos anuales	Cuenta de Certificación (Pago anual)	250 – 300	Costo anual
	Cuenta de verificación de instalación	3.000 – 6.000	Dependiendo de la complejidad tecnológica
Costos de emisión	Emisión del Certificado	Dependiendo del tipo de certificado	

A modo de ejemplo, los costes asociados a un nuevo productor que pretenda certificar una central de 1 GW (Planta electrolítica de producción de hidrógeno renovable) suponiendo un factor de planta conservador del 45% y con un rendimiento aproximado 76.000 toneladas de hidrógeno al año, en el primer año el productor enfrentaría un costo aproximado de certificación entre USD \$ 9,000 y USD \$ 20,000, teniendo en cuenta una auditoría inicial y una auditoría adicional en el mismo año.

Estos costos bajarían a USD \$6,000 - USD \$12,000 si consideramos una planta ya registrada, manteniendo dos auditorías por año. Además, el costo de emisión del certificado, de lo cual no se encontró información, debe ser añadido a estos valores.

Cuando se traduce el costo por kilogramo de hidrógeno certificado por año, esto equivale a un rango entre USD \$0,1/ton H₂-año y USD \$0,26/ton H₂-año en el primer año y, en años posteriores, equivaldría entre USD \$0,08/ton H₂-año y USD \$0,16/ton-año.

Finalmente, considerando un costo nivelado del hidrógeno de 1 USD/kg H₂, la certificación de la planta representaría menos del 0,03% de este coste nivelado (LCOH).

Por su parte, CertifHy da la siguiente lista de precios para el proceso de certificación^{ciii} (**Tabla 21**).

Tabla 21: Lista de precios de CertifHy para el proceso de certificación. Fuente: CertifHy.

Transacción	Monto (excluyendo impuestos)
Apertura de cuenta	600 [EUR/cuenta]
Tarifa Anual	300 [EUR/cuenta]
Registro de instalación	<1 MW: 500 [EUR]
	>1 MW: 1.500 [EUR]
	>20 MW: 2.500 [EUR]
Auditoría de planta (Certificador)	4.900 [EUR]
Emisión de Certificados	0,05 [EUR/MWh] (mínimo 200 [EUR])

7 Conclusiones

El mercado del hidrógeno está en formación, creando las reglas de juego no solo comerciales sino también técnicas y regulatorias. Hasta que este proceso se termine de consolidar pasarán algunos años que traerán nuevas tecnologías y aplicaciones en la industria, el transporte y otros usos aún no explorados.

Mientras tanto, los Estados tienen un papel fundamental: la estructuración de políticas públicas y marcos regulatorios que favorezcan su desarrollo y lo cimenten.

Chile se posiciona como un jugador importante en este energético y su política, desde la sanción de su Estrategia Nacional, ha sido consistente, consolidando la misma a través del Plan de Acción del Hidrógeno Verde, avanzando en temas de cooperación internacional, creando incentivos para atraer inversiones en proyectos e infraestructura y diseñando mecanismos para descarbonizar su matriz energética y productiva.

La investigación internacional desarrollada en este informe, y su integración al caso local, ha pretendido dar sustento a un sistema de certificación de sostenibilidad regulado y voluntario, con transparencia operativa tanto para usuarios/clientes nacionales como internacionales.

La propuesta está diseñada para que Chile pueda certificar todos los atributos más exigentes a nivel mundial que, hasta el momento, son los de la Unión Europea. Esto no implica que, para otros mercados, pueda certificarse lo requerido según el caso de que se trate, dándole al productor la libertad de elegir el sistema más conveniente para su producto y mercado.

La arquitectura institucional, propone al MEN en su rol de Autoridad Competente, con funciones específicas y relevantes, estableciendo vínculos con organizaciones privadas y públicas que hacen posible su operatividad.

El desarrollo e implementación del sistema, se ha programado en tres etapas secuenciales, que permiten transitar el proceso para crear las bases legales y regulatorias necesarias, establecer los requisitos de operatividad y avanzar en los acuerdos internacionales para su reconocimiento.

Es importante comprender que para el diseño definitivo del sistema es necesario el trabajo articulado y coordinado con el sector privado, atendiendo a los retos y riesgos que éste enfrenta, en un contexto de mercado cambiante y en formación.

Así, la propuesta estratégica pretende contribuir con todos los esfuerzos realizados por Chile a través de sus políticas públicas, con una mirada objetiva de los desafíos y oportunidades que tiene el país para llevar adelante la certificación del hidrógeno verde y sus derivados con sello propio.

Todos los puntos destacados permite cumplir con lo previsto en el Plan De Acción del Hidrógeno verde, abriendo paso al debate público y privado, para diseñar la versión más conveniente para el país alineada con su Estrategia Nacional.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

E info@giz.de
I www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

El proyecto Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2), es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK), siendo implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).

-
- ⁱ *International Sustainability and Carbon Certification ISCC*. (2024). <https://www.iscc-system.org/>
- ⁱⁱ Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de octubre de 2023. Diario Oficial de la Unión Europea de 31 de octubre de 2023. [L_202302413ES.000101.fmx.xml \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj)
- ⁱⁱⁱ Ministerio de Energía, Gobierno de Chile (2020, Noviembre): Estrategia Nacional de Hidrogeno Verde. [estrategia nacional de hidrogeno verde - chile.pdf \(energia.gob.cl\)](https://energia.gob.cl/estrategia-nacional-de-hidrogeno-verde-chile.pdf)
- ^{iv} Ministerio de Energía, Gobierno de Chile (2024, Abril): Plan de Acción Hidrógeno Verde 2023- 2030. <https://energia.gob.cl/documentos/plan-de-accion-hidrogeno-verde-2023-2030>
- ^v Greenhouse Gas Protocol. (2024, Mayo) <https://ghgprotocol.org/>
- ^{vi} *International Organization for Standardization*. (2024). Familia ISO 14000. <https://www.iso.org/es/normas/mas-comunes/familia-iso-14000>
- ^{vii} *International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, IPHE* (2024). <https://www.iphe.net/>
- ^{viii} *International Organization for Standardization* (2024) ISO/TS 19870:2023. *Hydrogen Technologies- Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate*.
- ^{ix} Ammonia Energy Association. (2024, mayo). <https://ammoniaenergy.org/>
- ^x ILF&LBST (2021, Noviembre) Criterios de sustentabilidad para la producción y exportación de hidrógeno verde. <https://www.4echile.cl/publicaciones/requirements-for-the-production-and-export-of-green-sustainable-hydrogen/>
- ^{xi} Comisión Europea, (2018). Plan de Acción: Financiar el desarrollo sostenible (COM(2018) 97 final). Bruselas, 8 de marzo de 2018. [SF AP FINAL FINAL \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/97/oj)
- ^{xii} Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2020, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088. Diario Oficial de la Unión Europea, 22 de junio de 2020, L 198/13. [L_2020198ES.01001301.xml \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj)
- ^{xiii} Reglamento (UE) 2022/1214 de la Comisión de 9 Marzo de 2022 [BOE.es - DOUE-L-2022-81063 Reglamento Delegado \(UE\) 2022/1214 de la Comisión de 9 de marzo de 2022.](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1214/oj)
- ^{xiv} Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de abril de 2024 por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales. [L_202401252ES.000101.fmx.xml \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj)
- ^{xv} DIRECTIVA (UE) 2024/1760 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad. [L_202401760ES.000101.fmx.xml \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1760/oj)
- ^{xvi} Hintco by H2Global. [Tenders \(hintco.eu\)](https://hintco.eu/)
- ^{xvii} Reglamento Delegado (UE) 2023/1184 de la Comisión de 10 de febrero de 2023. [Reglamento Delegado \(UE\) 2023/... de la Comisión, de 10 de febrero de 2023 \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1184/oj)
- ^{xviii} Reglamento Delegado (UE) 2023/1185 de la Comisión de 10 de febrero de 2023. [L_20231185ES.01002001.xml \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1185/oj)
- ^{xix} Unión Europea - CABM - [Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono - Comisión Europea \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1185/oj)

xx Department of Energy Security and Net Zero of UK. (2023, Diciembre). Low Carbon Hydrogen Standard LCHS, version 3. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-low-carbon-hydrogen-standard-emissions-reporting-and-sustainability-criteria>

xxi Department of Energy Security and Net Zero of UK. (2023, Octubre). Low Carbon Hydrogen Certification Scheme LCHCS. <https://www.gov.uk/government/consultations/uk-low-carbon-hydrogen-certification-scheme>

xxii Electricity System Operator ESO. Carbon Intensity Dashboard. [Carbon intensity dashboard | ESO \(nationalgrideso.com\)](#)

xxiii California Air Resources Board (2024, Junio). Low Carbon Fuel Standard. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>

xxiv California Air Resources Board (2024, Junio). LCFS Life Cycle Analysis Models and Documentation. <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/lcfs-life-cycle-analysis-models-and-documentation>

xxv Konrad Adenauer Stiftung (2021). Hydrogen Certification in Australia, Germany and Japan. The periscope Series. Vol.7. [Periscope-Analysis-Paper-Volume-7-DD08.pdf \(periscopekasaustralia.com.au\)](#)

xxvi Sieler, Roman Eric; Henri Dörr (2023). Certification of green and low-carbon hydrogen. An overview of international and national initiatives. Adelphi consult GmbH. [adelphi - International Overview - Certification of Clean and Green Hydrogen.pdf](#)

xxvii Toyota Motor Corporation (2019). [Plan to Develop Aichi Low-carbon Hydrogen Supply Chain Moves Forward | Corporate | Global Newsroom | Toyota Motor Corporation Official Global Website](#)

xxviii Japón – METI -6º plan estratégico para energía. [6th_outline.pdf \(meti.go.jp\)](#)

xxix Konrad Adenauer Stiftung – Programa regional Australia y Pacífico – Certificación de amoniaco bajo en carbono e hidrógeno en Japón. [The Certification of Low-Carbon Ammonia and Hydrogen in Japan • Periscope \(periscopekasaustralia.com.au\)](#)

xxx Corea – Hydrogen economy promotion and hydrogen safety act. [Statutes of the Republic of Korea \(klri.re.kr\)](#)

xxxi Corea – Sede electrónica del Ministerio de Comercio, Industria y Energía. [Ministry of Trade, industry and Energy \(motie.go.kr\)](#)

xxxii CertifHy- HOME - CERTIFHY

xxxiii ISCC. [ISCC EU – ISCC System \(iscc-system.org\)](#)

xxxiv Green Hydrogen Organization. [Home | Green Hydrogen Organisation \(gh2.org\)](#)

xxxv Green Hydrogen Standard GH2. [Green Hydrogen Standard | Green Hydrogen Standard](#)

xxxvi Australia – Gobierno – Objetivos de energía renovable. [Renewable Energy Target | Clean Energy Regulator \(cer.gov.au\)](#)

xxxvii Brasil - CCEE (2022). Manual para certificación de Hidrógeno. <https://www.ccee.org.br/documents/80415/919444/Manual%20para%20a%20Certifica%C3%A7%C3%A3od e%20de%20Hidrog%C3%AAnio%20REV1.0-1.pdf/89258f1f-8159-4732-770e-59392b2bfad7>

xxxviii Association of issuing bodies – AIB - [www.aib-net.org](#)

- xxxix European Energy Exchange (EEX) – Mercados de hidrógeno - [Hydrogen \(eex.com\)](https://www.eex.com)
- xl Gestión de certificados de energía – Registro- [Grexel](https://www.grexel.com) – It's Already There
- xli Asociación europea de bolsas de comercio de energía. [Europex](https://www.eurpx.com) – Association of European Energy Exchanges
- xliv Nexusintegra – Inteligencia artificial e internet de las cosas. (AIoT) Artificial Intelligence of Things - [Qué es y cómo funciona \(nexusintegra.io\)](https://www.nexusintegra.io)
- xlvi Mathworks -Gemelos digitales. [¿Qué son los gemelos digitales? - MATLAB & Simulink \(mathworks.com\)](https://www.mathworks.com)
- xlviii Rodríguez, C., et al. Trazabilidad de Hidrógeno Verde Utilizando Blockchain. ENERLAC. Volumen VII. Diciembre 2023. ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522 (digital). <https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/243/318>
- l Siemans – Certificación de energía verde. [Clean Energy Certificate | Sustainability Certificate | Blockchain \(siemens-energy.com\)](https://www.siemens-energy.com)
- lii Acciona (2024). Plataforma Blockchain que garantiza el origen renovable del hidrógeno verde. GreenH₂chain. https://www.acciona.com/es/actualidad/noticias/acciona-desarrolla-primera-plataforma-blockchain-garantiza-origen-renovable-hidrogeno-verde/?_ga=2.11551547647
- liiii Association of Issuing Bodies AIB – Mix Residual Europeo. [European Residual Mix | AIB \(aib-net.org\)](https://www.aib-net.org)
- liiii FfE – Garantías de origen para gas, hidrógeno, calor y frío. [Guarantees of origin for gas, hydrogen, heating/cooling - FfE](https://www.ffe.org)
- liiii VertiCer – Garantías y certificados de origen para electricidad. [About VertiCer | VertiCer B.V.](https://www.verticer.com)
- l Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo. BOE 118. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [BOE-A-2022-8121 Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo.](https://www.boe.es)
- li España – Enagas – Registro de Garantías de origen de gases renovables. [Gdo \(gdogas.es\)](https://www.gdogas.es)
- lii Asociación Chilena de Hidrógeno H2 Chile. Mapa de proyectos. Enero 2024. [Mapa de proyectos – H2Chile](https://www.h2chile.cl)
- liiii Mapa de proyectos en desarrollo enero 2024. [2024_01 Slide Proyectos \[Esp\].pdf - Google Drive](https://drive.google.com/file/d/1204_01_Slide_Proyectos_Esp/view)
- liiii Registro Nacional de Energías Renovables RENOVA. Coordinador Eléctrico Nacional. [RENOVA - Registro Nacional de Energías Renovables \(coordinador.cl\)](https://www.renova.cl)
- liiii Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). [Coordinador Eléctrico Nacional \(CEN\)](https://www.cen.cl)
- liiii I-TRACK. The International Tracking Standard Foundation. I-TRACK. The International Tracking Standard Foundation. [I-TRACK • The International Tracking Standard Foundation](https://www.i-track.org)
- liiii SCX Santiago Climate Exchange. SCX Santiago Climate Exchange. [SCX - Carbon Neutral](https://www.scx.cl)
- liiii Manual de Usuario RENOVA. Coordinador Eléctrico Nacional CEN. [Manual-de-Usuario-RENOVA.pdf \(coordinador.cl\)](https://www.renova.cl)

-
- lix Guía de Metodología de Cálculo de Factores de Emisión en RENOVA. [guia-Factor-Emision-Renova.pdf \(coordinador.cl\)](#)
- lx Programa de Gestión del Carbono – Ministerio del Medio Ambiente. [Huella Chile – Huella Chile \(mma.gob.cl\)](#)
- lxi Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero. SNICHILE. Oficina de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. [Contexto Internacional – SNI Chile \(mma.gob.cl\)](#)
- lxii Sistema Nacional de Prospectiva SNP Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. [Introducción al sistema – Cambio Climático \(mma.gob.cl\)](#)
- lxiii Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes. Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. [¿Qué es el RETC? – RETC \(mma.gob.cl\)](#)
- lxiv Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.mma.gob.cl/que-es-el-sinia/>
- lxv Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. <https://energia.gob.cl/>
- lxvi Ley 20402 crea el Ministerio de Energía, estableciendo modificaciones al DL N° 2.224, de 1978 y a otros cuerpos legales. [Ley Chile - Ley 20402 - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- lxvii Decreto Ley N° 2.244/1978. [Ley Chile - Decreto Ley 2224 08-JUN-1978 MINISTERIO DE MINERÍA - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- lxviii Ley 21305 sobre Eficiencia Energética. [Ley Chile - Ley 21305 - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- lxix Comisión Nacional de Energía. Gobierno de Chile. <https://www.cne.cl/quienes-somos/>
- lxx Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Gobierno de Chile. [Superintendencia de Electricidad y Combustibles \(sec.cl\)](#)
- lxxi Ley 18 410 Crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. [Ley Chile - Ley 18410 - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- lxxii Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), [Quiénes Somos - Agencia de Sostenibilidad Energética \(agenciase.org\)](#)
- lxxiii Documento de Trabajo del Comité Estratégico. <https://www.planhidrogenoverde.cl/wp-content/uploads/2023/12/comite-estrategico-h2v.pdf>
- lxxiv Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. [MMA – Ministerio del Medio Ambiente](#)
- lxxv Superintendencia del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. [Superintendencia Del Medio Ambiente – Gobierno de Chile \(sma.gob.cl\)](#)
- lxxvi Servicio de Evaluación Ambiental. [Inicio | SEA Chile](#)
- lxxvii Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático. CORFO. [ASCC](#)

-
- lxxviii Ley 19940 Regula sistemas de transporte de energía eléctrica, establece un nuevo régimen de tarifas para sistemas eléctricos medianos e introduce las adecuaciones que indica a la ley general de servicios eléctricos. Ley Chile - Ley 19940 - Biblioteca del Congreso Nacional (bcn.cl)
- lxxix Ley 20.936 establece un nuevo sistema de transmisión eléctrica y crea un organismo coordinador del sistema eléctrico nacional. Ley Chile - Ley 20936 - Biblioteca del Congreso Nacional (bcn.cl)
- lxxx Decreto 52 Aprueba Reglamento del Coordinador Independiente del Sistem Eléctrico Nacional. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2021/06/Reglamento-del-Coodinador.pdf>
- lxxxi Empresa Eléctrica de Aysén S.A. [Home - Edelaysen - Grupo Saesa](#)
- lxxxii Empresa de Electricidad de Magallanes (EDEL MAG). [Edelmag – Empresa de electricidad de Magallanes](#)
- lxxxiii Unidad de Desarrollo Portuario. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones MTT. Gobierno de Chile. [Desarrollo portuario \(mtt.cl\)](#)
- lxxxiv Decreto Ley 557 Crea el Ministerio de Transportes. [Ley Chile - Decreto Ley 557 10-JUL-1974 MINISTERIO DEL INTERIOR - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- lxxxv Ministerio de Obras Públicas MOP. Gobierno de Chile. [Ministerio de Obras Públicas | Sitio principal del Ministerio de Obras Públicas \(mop.gob.cl\)](#)
- lxxxvi INN Instituto Nacional de Normalización. [INN | Instituto Nacional de Normalización](#)
- lxxxvii INN. Directorio de Organismos de Evaluación de Conformidad Acreditados. [Directorio de Acreditados \(innonline.cl\)](#)
- lxxxviii Asociación Chilena de Hidrógeno. H2 Chile. Empresas. [Empresas – H2Chile](#)
- lxxxix Guía para la implementación de un Sistema de Certificación de Hidrógeno en América Latina y el Caribe. [Guide for the Implementation of a Hydrogen Certification System in Latin America and the Caribbean \(iadb.org\)](#)
- xc Resolución exenta Servicio de Evaluación Ambiental. Guía para la Participación Ciudadana Temprana en Proyectos que se presentan al SEIA. https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/11/24/Resolucion_202399101925_Guia_PCT_VF.pdf
- xcí Acuerdo Voluntario de Participación Temprana (AVPT). ASCC. <https://participaciontemprana.ascc.cl/>
- xcii Criterio de Evaluación en el SEIA: Introducción a Proyectos de Hidrógeno Verde. <https://www.sea.gob.cl/documentacion/guias-y-criterios/criterio-de-evaluacion-en-el-seia-introduccion-proyectos-de>
- xciii Criterio de Evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA. [DT-Hidrogeno-Verde.pdf \(sea.gob.cl\)](#)
- xciv Decreto 110 Exento. Aprueba Estrategia Nacional de Prospección Laboral y crea Programa Observatorio Laoboral. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1198246;;;>
- xcv Ley 19300. Aprueba Ley sobre bases generales del medio ambiente. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>

-
- ^{xcvi} SEA. Decreto 40. Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/05/30/DS40_Refundido2024_SEA.pdf
- ^{xcvii} NCh-ISO17065:2013. Organismos de Certificación de Productos. Análisis e implementación. [Instituto Nacional de Normalización. NCh-ISO17065:2013 \(inn.cl\)](#)
- ^{xcviii} Reglamento (UE) 2019/943 de 5 de junio de 2019 relativo al mercado interior de la electricidad. [L_2019158ES.01005401.xml \(europa.eu\)](#)
- ^{xcix} Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. [L_2019158ES.01012501.xml \(europa.eu\)](#)
- ^c International Energy Agency IEA. Energy Statistics Data Browser. [Energy Statistics Data Browser – Data Tools - IEA](#)
- ^{ci} Ministerio del Medio Ambiente de Chile, Cambio Climático, Sistemas de información. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/herramientas/>
- ^{cii} Guía para la implementación de un Sistema de Certificación de Hidrógeno en América Latina y el Caribe. [Guide for the Implementation of a Hydrogen Certification System in Latin America and the Caribbean \(iadb.org\)](#)
- ^{ciii} CertifHy Introduction to the Hydrogen CertifHy scheme and CertifHy Stakeholder platform. https://www.clean-hydrogen.europa.eu/document/download/4c5ada08-2a12-41f3-84bb-ebff84ad2048_en?filename=210617_CertifHy_Digital%20brochures_EN_VF.pdf