

Estudio:

Necesidades de recursos humanos en proyectos de hidrógeno verde en Chile

Como empresa de propiedad federal, GIZ apoya al gobierno alemán en el logro de sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por

Cámara de Industria y Comercio Chileno-Alemana (AHK Chile)

Oficinas registradas

Av. El Bosque Norte 0440 of. 608

Las Condes, Santiago de Chile

chileinfo@ahkchile.cl

Tel.: +56232848500

<https://www.chile.ahk.de/>

Autores

Christoph Meyer, AHK Chile

Sophie Hoheisel, AHK Chile

Revisores

Isabella Boese, GIZ GmbH

Antonio Lena, GIZ GmbH

Layout

peppermint werbung berlin gmbh, Berlin

El Programa Internacional de Fomento del Hidrógeno (H2Uppp) del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) de Alemania promueve proyectos y el desarrollo del mercado del hidrógeno verde en determinados países en desarrollo y emergentes como parte de la Estrategia Nacional del Hidrógeno.

La ejecución de H2Uppp corre a cargo de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en nombre del Ministerio Federal de Economía y Acción por el Clima (BMWK). Las opiniones y recomendaciones expresadas no reflejan necesariamente las posiciones de las instituciones encargantes o de la agencia ejecutora.

Santiago, octubre 2024

Resumen Ejecutivo

El presente estudio analiza el desarrollo, estado actual y las necesidades de capital humano en la industria del hidrógeno verde en Chile. Fue elaborado por la Cámara de Industria y Comercio Chileno-Alemana (AHK Chile), en colaboración con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, como parte del [Programa H2Uppp](#) del Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) de Alemania.

Chile se posiciona como un actor clave en la producción de hidrógeno verde gracias a su compromiso con la carbono neutralidad y sus excepcionales condiciones para la generación de energías renovables. La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde establece ambiciosos objetivos para 2030, entre ellos la instalación de 25 GW de capacidad de electrólisis. Este desarrollo depende de una movilización eficaz de recursos humanos y proyecta la creación de al menos 100.000 nuevos empleos, promoviendo actividad local. Sin embargo, estas estimaciones pueden variar según la ejecución de los proyectos. Las oportunidades laborales abarcarán diferentes sectores y funciones, lo que hace indispensable evaluar los requisitos de formación para asegurar un crecimiento rápido y una dotación suficiente de trabajadores capacitados y calificados.

Este estudio también incluye entrevistas realizadas a cinco empresas del sector para identificar las necesidades laborales específicas de los futuros proyectos de hidrógeno verde. Estos proyectos varían en tamaño, desde 150 kW hasta 10 MW, y se encuentran en diferentes etapas de desarrollo: algunos están en fase piloto y en operación, otros en planificación y varios en construcción. Se observó que la etapa de construcción de los proyectos demanda significativamente más personal que la etapa de operación. Se prevé que podrían surgir cuellos de botella en puestos especializados, como soldadores y técnicos en sensores de hidrógeno. Si bien las empresas consultadas no reportan dificultades importantes para satisfacer la demanda de mano de obra, es prioritario fortalecer la capacitación en hidrógeno verde para ingenieros y técnicos, y fomentar el conocimiento sobre el mercado y las prácticas seguras en la manipulación del hidrógeno. Se recomienda profundizar en la investigación y obtener información de primera mano mediante entrevistas y encuestas que confirmen las tendencias identificadas en este estudio. Esto permitirá aumentar la transparencia y cuantificar los beneficios del mercado emergente del hidrógeno verde.

La industria del hidrógeno verde tiene el potencial de impulsar una transformación productiva en Chile, generando empleos de calidad, promoviendo encadenamientos productivos, y fomentando la innovación y el desarrollo tecnológico, contribuyendo así al desarrollo económico y social del país.

Tabla de contenidos

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Resumen Ejecutivo | 3 |
| Introducción | 5 |
| 1. Desarrollo de Proyectos de Hidrógeno Verde en Chile | 6 |
| 1.1 Capital Humano en Políticas de Hidrógeno Verde..... | 6 |
| 1.2 Proyectos de Hidrógeno Verde: Estado y Avances | 7 |
| 2. Demanda de Capital Humano en la Industria de Hidrógeno Verde en Chile..... | 10 |
| 2.1 Potencial de Generación de Empleo | 10 |
| 2.2 Resultado de Entrevistas..... | 13 |
| 3. Conclusiones | 15 |
| Referencias bibliográficas | 16 |
| Anexos | 17 |
| Diplomados | 17 |
| Cursos | 17 |

Introducción

En nombre del BMWK, el Programa “International Hydrogen Ramp-Up Programme” (H2Uppp), implementado por la GIZ, apoya la expansión y el desarrollo de los mercados de hidrógeno verde (H2V) y sus derivados, denominados productos PtX, en determinados países en desarrollo y emergentes. Chile, es uno de los países socios de este programa y posee un gran potencial para la producción de hidrógeno verde, con perspectivas de convertirse en un exportador neto de este vector energético.

En los últimos años, la industria del hidrógeno en Chile ha evolucionado significativamente, avanzando desde la fase conceptual de proyectos hacia la implementación de pilotos y la evaluación ambiental de iniciativas de gran escala. Este progreso responde a la necesidad de soluciones sostenibles para cumplir con los compromisos establecidos en el Acuerdo de París de 2015 y ratificados mediante la Ley Marco de Cambio Climático de 2022, que fija la meta de alcanzar la carbono neutralidad para el 2050. Factores clave como la implementación de políticas públicas impulsadas por la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, la colaboración público-privada facilitada por asociaciones especializadas, la llegada de empresas vinculadas a la cadena de valor del hidrógeno, junto con el aumento de la inversión privada, han sido fundamentales para posicionar a Chile como un actor destacado en la escena global del hidrógeno verde.

El crecimiento sostenido de este sector generará una alta demanda de capital humano especializado, lo que plantea la necesidad de desarrollar programas académicos y técnicos enfocados en las diversas etapas de la industria del hidrógeno. Además de habilidades técnicas e ingenieriles, será fundamental integrar conocimientos en áreas como normativas, seguridad y sostenibilidad ambiental. A nivel local, el emplazamiento de proyectos de hidrógeno en regiones específicas del país representa una oportunidad para fomentar la transformación regional, generando empleo y promoviendo el desarrollo de servicios y productos asociados.

Con el objetivo de abordar estas necesidades, durante la primera fase del Programa H2Uppp, la AHK Chile realizó un análisis del estado de la formación educativa sobre hidrógeno en el país. Esto permitió identificar una variedad de ofertas de formación existentes y sentó las bases para diseñar un programa de capacitación enfocado en seguridad y desarrollo de proyectos de hidrógeno. Este esfuerzo inicial culminó en un **curso práctico** estructurado en cuatro módulos. Los módulos 1 y 2 tuvieron una duración de 10 horas cada uno, el módulo 3 de 14 horas y el módulo 4 de 6 horas. La primera versión del curso fue implementada exitosamente con la participación de 21 personas (ver Figura 1 y 2).



Figura 1: Entrega Certificados. ©AHK Chile



Certificate

The certificate was issued by:
Heinze Akademie GmbH, Überseering 9, 22297 Hamburg, Germany

The certificate was issued for:

successfully attended the following course from
September 29th, 2023, to October 17th, 2023
(proof of achievement: written exam):

Understanding H2 from Practice:
Commercial, Regulatory and Safety Aspects

The course included 4 modules, totaling 40 hours. Covered subjects:

- Module 1: Introduction to H2
- Module 2: Regulations, norms and risk assessment
- Module 3: Basic principles on safety
- Module 4: Development of safe and commercially viable H2 systems


Jan Heinze, Managing Director,
Heinze Akademie


Cornelia Sommerberg, General
Manager, AHK Chile

The International Hydrogen Ramp-Up Programme (H2Uppp) of the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) promotes projects and market development for green hydrogen in selected developing and emerging countries as part of the National Hydrogen Strategy.

Issue Date: 18/10/2023

Figura 2: Certificado curso. ©Heinze Akademie

Adicionalmente, se realizaron entrevistas con representantes de cinco empresas involucradas en el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en Chile, con el objetivo de identificar las necesidades específicas de conocimiento y habilidades a lo largo de las distintas etapas, desde la planificación hasta la operación y el mantenimiento de los proyectos. Los resultados obtenidos son fundamentales para ajustar y perfeccionar los futuros planes de capacitación, asegurando que se alineen con las demandas del mercado y contribuyan a la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos.

Este estudio analiza los resultados de dichas entrevistas, explorando las brechas existentes y las oportunidades en la formación de capital humano especializado para la industria del hidrógeno verde en Chile. La hipótesis principal que sustenta este trabajo es que una mayor capacitación y especialización pueden desempeñar un papel crucial como catalizador para el desarrollo sostenible, competitivo y eficiente de esta industria emergente.

1. Desarrollo de Proyectos de Hidrógeno Verde en Chile

1.1 Capital Humano en Políticas de Hidrógeno Verde

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde de Chile, presentada en noviembre de 2020, establece un plan integral para capitalizar las excepcionales condiciones en energías renovables y consolidarse como líder global en la producción y exportación de hidrógeno verde. Enmarcada dentro de los compromisos de carbono-neutralidad al 2050, esta estrategia establece objetivos específicos, como alcanzar una capacidad instalada de electrólisis de 5 GW para 2025 y 25 GW para 2030, reducir el costo del hidrógeno a menos de 1,5 USD/kg y generar exportaciones significativas para posicionar a Chile en mercados internacionales. Este esfuerzo subraya la oportunidad de contribuir sustantivamente a la descarbonización global y a la transición energética sostenible [1].

La Estrategia anuncia la ejecución de un plan de acción y su gobernanza, siendo uno de los compromisos la formación de capacidades e innovación, que se levantará mediante la articulación entre actores de la academia, la industria y los centros de formación para identificar y suplir las necesidades de competencias y habilidades requeridas a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno verde. Asimismo, se contempla la promoción de la investigación y el desarrollo de una hoja de ruta en I+D orientada a trazar los hitos, pilotos y actividades necesarias para desarrollar nuevo conocimiento necesario. Este enfoque no solo busca sustentar el crecimiento de la industria, sino también generar empleos altamente calificados y potenciar el desarrollo regional, contribuyendo al bienestar social y al fortalecimiento económico del país [1].

El Plan de Acción de Hidrógeno Verde, publicado en abril de 2024, detalla las medidas y acciones prioritarias para concretar los objetivos establecidos en la Estrategia Nacional. Este plan, diseñado para el período 2023-2030, tiene como objetivo principal focalizar los esfuerzos y recursos hacia el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde. A su vez, se alinea con otros instrumentos clave de política pública, constituyendo un componente esencial del proceso de transición energética del país [2].

Con un enfoque integral, el plan vincula el desarrollo de la industria del hidrógeno verde con capital humano, perspectiva de género e I+D+i. En este contexto, la Línea de Acción 15, dedicada al “Fortalecimiento y Desarrollo de Capital Humano”, subraya la necesidad de contar con personal altamente calificado en todas las etapas del proceso productivo y a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno verde. Las acciones previstas incluyen el desarrollo del poblamiento sectorial del Marco de Cualificaciones Técnico Profesional (MCTP), a partir de estudios prospectivos sobre empleo y formación en hidrógeno verde, así como un diagnóstico de perfiles específicos para su futura incorporación en las mallas de centros de formación técnica (CFT). También se contempla la actualización de mallas curriculares para CFT, el fortalecimiento de las capacidades de operación para técnicos en energía en hidrógeno verde, la ejecución de programas de formación, y la organización de concursos de pasantías internacionales para trabajadores industriales. Además, se implementarán programas de capacitación, como el “Train the Trainers”, liderado por el Ministerio de Energía en coordinación con el Ministerio de Educación y con

el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Asimismo, se desarrollará un módulo de enseñanza práctica en liceos técnico-profesionales en diversas regiones del país, que incluirá la instalación de equipos de electrólisis para la formación práctica de los estudiantes. Estas iniciativas están orientadas a asegurar que el capital humano se adapte a las necesidades de la industria hoy y a futuro [2].

De manera paralela, la Línea de Acción 16 se enfoca en la “Perspectiva de Género en la Industria”, implementando medidas específicas para avanzar en la igualdad de género y la inclusión de mujeres, considerando las barreras estructurales y las brechas de capacidades existentes. Las acciones propuestas incluyen la provisión de asistencia técnica a la industria para fomentar la incorporación laboral de mujeres, la consolidación de la “Red de Mujeres de Hidrógeno Verde”, cuya integración a “Woman in Green Hydrogen” (WiGH) ha sido anunciada, y la formación de lideresas en el sector. Además, se contempla que al menos un 30% de las personas capacitadas en los procesos de formación y certificación del Ministerio de Energía en materia de hidrógeno verde sean mujeres. Asimismo, se desarrollarán y difundirán recomendaciones con enfoque de género para la evaluación, instalación y operación de proyectos, basadas en estándares validados por la industria, junto con una guía de buenas prácticas para el cumplimiento de los estándares de género. También se realizará un estudio sobre las brechas de género en la industria del hidrógeno verde, liderado por el Ministerio de Energía. Estas iniciativas no solo buscan promover la igualdad de oportunidades, sino también garantizar que la transición energética sea inclusiva y contribuya al progreso equitativo de toda la sociedad [2].

Finalmente, la Línea de Acción 17, orientada al “Impulso de Investigación, Desarrollo e Innovación”, busca promover la transferencia de conocimiento nacional e internacional para el desarrollo de la industria de hidrógeno verde. Se enfoca en la formación de competencias y la innovación tecnológica, destacando el análisis de desafíos en I+D, el desarrollo de concursos I+D+i, el impulso de Centros de Desarrollo Tecnológico de Hidrógeno Verde y el levantamiento de antecedentes de equipamiento e infraestructura científica, así como la difusión de conocimiento tecnológico relacionado [2]. Por ejemplo, a finales de 2024, Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) anunció la adjudicación del Centro Tecnológico de Hidrógeno Verde en Magallanes. El proyecto, presentado por Fundación Chile, cuenta como coejecutores al Technical Research Centre of Finland LTD (VTI), HUB FPYME Magallanes, la Universidad de Chile, la Universidad Adolfo Ibáñez y la Agencia de Sostenibilidad Energética. Además, participan como entidades asociadas ENAP, HNH ENERGY, HIF, EDELMAG, Consorcio Austral, EDF y TEG CHILE.

Por ende, la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde de Chile y el Plan de Acción no solo facilitan el desarrollo de una nueva industria, sino que también promueven un impacto positivo en la sociedad. Al diversificar las oportunidades laborales, fomentar la formación de capital humano, impulsar la inclusión de género y promover la investigación, aseguran que el progreso económico y tecnológico derivado del hidrógeno verde beneficie a todas las comunidades.

1.2 Proyectos de Hidrógeno Verde: Estado y Avances

Acorde al mapeo de proyectos de la Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile), en septiembre de 2024, Chile ha contado con el anuncio de 73 proyectos de hidrógeno verde en diversas etapas de desarrollo, con una capacidad nominal de electrólisis de 39,4 GW. De estos, el 53% está destinado a satisfacer la demanda interna, el 39% orientado a la exportación, y el resto no ha especificado su propósito. Geográficamente, 31 proyectos se ubican en la zona norte, 15 en la zona centro y 25 en la zona sur, reflejando una clara preferencia por las áreas con mejores condiciones para la generación de energías renovables, particularmente en Antofagasta y Magallanes [3]. A continuación, se presentan de forma breve los 9 proyectos de hidrógeno verde que actualmente están en operación:

1. **Hydrogen Generation Unit (Ex Las Tórtolas) (2021)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar fotovoltaica
- **Dimensión:** 2 kg hidrógeno por día
- **Ubicación:** Región Metropolitana
- **Objetivo:** Producción de hidrógeno verde para aplicaciones industriales
- **Empresas Involucradas:** AngloAmerican

2. **Planta Industrial de Hidrógeno Verde - Wally (2023)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar
- **Dimensión:** 240 kg hidrógeno por día
- **Ubicación:** Región Metropolitana
- **Objetivo:** Uso de hidrógeno verde para alimentar 200 grúas horquillas en centros logísticos, reemplazando así baterías de plomo-ácido y reduciendo los desechos tóxicos y emisiones de dióxido de carbono
- **Empresas Involucradas:** Walmart, Engie

3. **Cerro Pabellón (2017)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Geotérmica
- **Dimensión:** 1,25 MW de electrólisis
- **Ubicación:** Región de Antofagasta
- **Objetivo:** Producción de hidrógeno verde para procesos de tratamiento de agua y consumos del campamento base [4]
- **Empresas Involucradas:** Enel Green Power y ENAP

4. **H2GN (2022)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar y eólica
- **Dimensión:** 154 kW de electrólisis (etapa 1 y 2)
- **Ubicación:** Región de Coquimbo
- **Objetivo:** Desarrollo de un proyecto de hidrógeno verde para blending en redes de gas natural domiciliario
- **Empresas Involucradas:** GasValpo, Energas

5. **Proyecto H2V Minera San Pedro (2023)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar fotovoltaica (PV)
- **Dimensión:** 3 MW de electrólisis
- **Ubicación:** Región Metropolitana
- **Objetivo:** Producción de hidrógeno verde para aplicaciones industriales y operaciones mineras
- **Empresas Involucradas:** Centro Nacional de Pilotaje (CNP), Minera San Pedro

6. **Planta Móvil H2V (2023)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar fotovoltaica (PV)
- **Dimensión:** 0,02 MW de electrólisis
- **Ubicación:** Región de Antofagasta
- **Objetivo:** Cuantificar potencial de generación de hidrógeno verde a partir de energía fotovoltaica en la Región de Atacama en diversas industrias

- **Empresas Involucradas:** CICITEM

7. **Planta Demostrativa UCSC (2024)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** Solar fotovoltaica (PV)
- **Dimensión:** 44 kW de potencia PV
- **Ubicación:** Región Biobío
- **Objetivo:** Investigar y demostrar tecnologías aplicadas de producción de hidrógeno verde y, con formación de capital humano
- **Instituciones Involucradas:** Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC)

8. **Proyecto H2V Toyota Chile (2024)**

- **Producto:** Hidrógeno
- **Energía:** S/I
- **Ubicación:** Región Metropolitana
- **Dimensión:** 20 kg de hidrógeno por día
- **Objetivo:** Integración de hidrógeno como fuente energética para vehículos eléctricos de celda de combustible, y procesos logísticos y productivos de Toyota
- **Empresas Involucradas:** Toyota Motor Corporation

9. **Haru Oni - Fase Piloto (2022)**

- **Producto:** E-fuels
- **Energía:** Eólica
- **Dimensión:** 1,25 MW de electrólisis
- **Ubicación:** Región Magallanes
- **Objetivo:** Desarrollo de E-fuels para exportación
- **Empresas Involucradas:** HIF Global

Además, se tienen dos proyectos en construcción: HyEX de Engie en Antofagasta, con una capacidad de electrólisis de 26 MW en su primera fase para la producción de amoníaco mediante el proceso de Haber-Bosch, y el proyecto piloto Lipigas, que integra un quemador de hidrógeno verde.

Por otro lado, hasta inicios de 2025, 7 proyectos se encuentran en etapa de calificación dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), ya sea mediante una Declaración o un Estudio de Impacto Ambiental. De estos, dos se centran en la producción de hidrógeno (Proyecto Bahía Quintero y Proyecto H2 Green Mining), cuatro en amoníaco (Proyecto Volta, Proyecto HNH, Proyecto HyEx y Proyecto INNA), y dos en e-combustibles (Planta Piloto Haru Oni y la planta industrial de Combustibles Carbono Neutral Cabo Negro de HIF, junto con su parque eólico Faro del Sur). Destaca el proyecto de HNH Energy en Magallanes, con un potencial de 1,3 GW de electrólisis, convirtiéndolo en el más grande en esta fase.

A través del mapa de proyectos de H2 Chile, es posible acceder a un panorama completo del desarrollo de la industria de hidrógeno verde en el país (ver Figura 3).



Figura 3: Mapa de proyectos de hidrógeno verde de Chile para septiembre de 2024. Publicado por: H2 Chile [3].

2. Demanda de Capital Humano en la Industria de Hidrógeno Verde en Chile

2.1 Potencial de Generación de Empleo

El potencial de generación de empleo en la industria de hidrógeno verde debe evaluarse en términos desde dos perspectivas complementarias. Por un lado, es fundamental evaluar la cantidad de puestos de trabajo que la industria puede crear, considerando su capacidad de crecimiento y expansión en el corto, mediano y largo plazo. Por otro lado, es igualmente crucial identificar los perfiles profesionales y las competencias específicas requeridas por el sector, tales como habilidades técnicas en energías renovables, especialización en hidrógeno verde y conocimiento en procesos industriales avanzados.

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde ha anunciado un potencial de creación de al menos 100.000 nuevos empleos. Por su parte, el estudio “Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación” de GIZ, publicado en 2021, estimó a partir de un trabajo bibliográfico y cálculos de factores de empleabilidad la necesidad de empleos directos e indirectos a partir de la combinación de cifras proyectadas del tamaño de la industria para diferentes escenarios. Se concluyó que, para un Escenario de Implementación de la Estrategia Nacional, se generarán aproximadamente 78.630 puestos de trabajo para 2030, los cuales aumentarán a aproximadamente 487.860 para 2040, y 741.590 para 2050 (ver Figura 4).

A pesar de las referencias existentes, es necesario actualizar las cifras mediante un análisis exhaustivo que utilice una metodología para cuantificar el empleo generado por los proyectos con alto potencial de materialización, diferenciando las diversas etapas del ciclo de vida del proyecto (desarrollo, construcción, operación y mantenimiento, y cierre). Una fuente fundamental para este proceso será el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que publicará los estudios o declaraciones de impacto ambiental, los cuales proporcionarán la cantidad de trabajadores necesarios. Esta información permitirá identificar, además, las demandas específicas de

capital humano por región. Implementar esta estrategia es crucial para gestionar adecuadamente las expectativas y ofrecer una visión clara de los beneficios reales que el desarrollo de la industria de hidrógeno verde puede aportar al país.

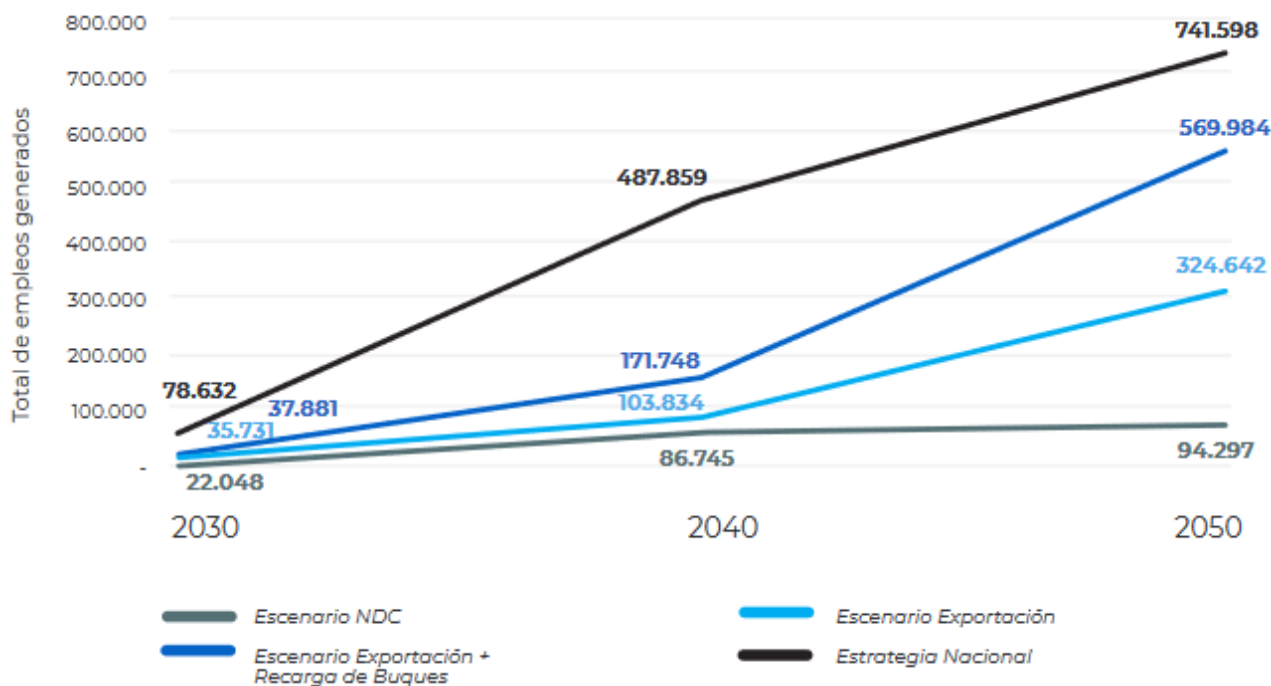


Figura 4: Comparación del total de empleos generados en Chile a partir de diferentes escenarios considerados en los años 2030, 2040 y 2050. Publicado por: GIZ [5].

El estudio “Capital Humano de la Industria del Hidrógeno Renovable: Desafíos Actuales y Futuros”, publicado por H2 Chile en 2023, analiza las necesidades del sector de hidrógeno verde, identifica los perfiles ocupacionales requeridos y destaca iniciativas de formación y capacitación tanto a nivel nacional como internacional

El estudio señala que muchas ocupaciones técnicas pueden adaptarse desde industrias existentes, como la de procesos, donde se requieren técnicos e ingenieros químicos, mecánicos y eléctricos con experiencia en el diseño, instalación, operación y control de plantas de gas u otros combustibles similares. Además, subraya la necesidad de que los trabajadores comprendan las normativas y estándares de seguridad específicos del hidrógeno, integrando a su vez aspectos de sostenibilidad. Otro perfil crítico corresponde a los profesionales en medio ambiente, quienes son fundamentales para garantizar el cumplimiento normativo, la obtención de permisos y la realización de evaluaciones ambientales, aspectos esenciales para alcanzar la resolución de calificación ambiental, un hito clave en la toma de decisiones finales de inversión. El estudio también identifica la necesidad de desarrollar perfiles ocupacionales específicos para la industria del hidrógeno, como operadores especialistas en procesos de hidrógeno, técnicos de electrolizadores, técnicos de dispensadores de hidrógeno y técnicos de celdas de combustible.

El estudio viene acompañado por un anexo que detalla las ocupaciones requeridas según los eslabones de la cadena de valor del hidrógeno verde, junto con descripciones de los perfiles mencionados y el nivel educativo solicitado. Este recurso se posiciona como una guía práctica para la identificación y selección de profesionales, además de ser una herramienta clave para impulsar la reconversión laboral, especialmente entre trabajadores de sectores tradicionales, como el de la energía fósil, facilitando su adaptación a las nuevas demandas del mercado.

Asimismo, el estudio presenta las iniciativas nacionales como internacionales con fines de formación, identificando sinergias con mallas curriculares de determinadas carreras en universidades. Sin embargo, más que diseñar carreras profesionales específicas para hidrógeno, la tendencia es incorporar contenidos específicos de hidrógeno en programas de postgrado, diplomados y cursos, ya sean nuevos o existentes. En anexos se presenta un resumen de los diplomados y cursos de los últimos años en Chile.

Finalmente, el estudio de H2 Chile resalta la importancia de la colaboración público-privada, en particular entre el sector educativo y las empresas, para diseñar estrategias formativas que impulsen las competencias necesarias para el desarrollo de esta industria emergente [6].

En 2024, se estableció además la Mesa de Capital Humano para la industria del Hidrógeno Verde, liderada por la SOFOFA, que busca aportar a las diversas iniciativas que buscan desarrollar esta industria en el país, con especial énfasis en el desarrollo local en las regiones de Antofagasta y Magallanes. En específico busca apoyar esfuerzos públicos y privados para estimar la futura demanda de empleo, pilotar iniciativas que generen rutas laborales ascendentes y evolutivas y desarrollar habilidades críticas necesarias para el futuro de la industria. Se prevé que el comité elabore una hoja de ruta detallada que será útil tanto para la industria como para el sector público [7].

Por otro lado, expertos de Fraunhofer en Alemania y Chile trabajan en el proyecto Power-to-MEDME (01.10.2023 - 31.07.2025) para producir metanol y dimetil éter (DME) en el norte de Chile a partir de hidrógeno verde generado con energía solar. Financiado con más de 11 millones de euros por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania, el proyecto busca reducir costos y mejorar la eficiencia de los procesos para facilitar la producción a gran escala. Fraunhofer Chile lidera la integración industrial local, mientras que Fraunhofer IEE se encarga de la optimización de la planta piloto. También participan otros seis institutos: Fraunhofer, la RWTH Aquisgrán, FiBS, AHK Chile y la Universidad Adolfo Ibáñez [8]. En el marco de aquel proyecto se han realizado jornadas de trabajo de para la identificación de brechas formativas y capacitaciones emergentes para el desarrollo del capital humano técnico de la industria del hidrógeno verde y derivados a lo largo del país.

Esfuerzos similares se están haciendo para la Unión Europea, bajo el proyecto “Green Skills for Hydrogen” que ha identificado los perfiles ocupacionales necesarios, las deficiencias actuales y las habilidades urgentes requeridas en el sector en Europa, con el fin de establecer una estrategia que permita generar aproximadamente 1 millón de empleos altamente calificados para 2030. Entre las principales deficiencias destacan la escasez de programas educativos especializados en hidrógeno, la falta de experiencia previa de los candidatos en este ámbito, las dificultades para encontrar técnicos y personal calificado, y las limitaciones en el conocimiento técnico sobre seguridad y gestión de riesgos asociados al hidrógeno. Por otro lado, se identifican como habilidades urgentes la gestión de riesgos y seguridad en proyectos, la especialización técnica en el diseño de electrolizadores, catalizadores y procesos relacionados, el diseño y desarrollo de proyectos de hidrógeno, y un entendimiento integral del mercado y la cadena de valor del hidrógeno. La información recopilada a través de entrevistas con actores clave del sector ha proporcionado una visión clara sobre la importancia de iniciativas para cerrar las brechas de capacitación y fortalecer la transición energética [9].

En conclusión, la industria del hidrógeno verde tiene un gran potencial para generar empleo, pero requiere una planificación precisa para identificar los puestos y competencias necesarios. La brecha en la literatura radica en la falta de estudios actualizados que conecten las proyecciones de empleo con las necesidades reales del mercado laboral en cada fase del ciclo de vida de los proyectos y en distintas regiones. Además, se necesita adaptar los perfiles laborales a la evolución tecnológica del sector y desarrollar programas educativos especializados en hidrógeno para cerrar la brecha de capacitación.

2.2 Resultado de Entrevistas

En el marco del programa H2Uppp, AHK Chile llevó a cabo entrevistas con representantes de cinco empresas involucradas en el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en Chile, con el objetivo de identificar las necesidades específicas de conocimientos y habilidades a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos. Los resultados obtenidos serán fundamentales para la adaptación de futuros planes de capacitación, asegurando su alineación con las demandas del mercado y contribuyendo al desarrollo sostenible del sector.

Las empresas entrevistadas gestionan proyectos de hidrógeno de diversa escala, lo que facilita la comparación de las necesidades específicas asociadas a cada tipo de proyecto. Además, se exploraron diversos aspectos relacionados con los principales desafíos que enfrentan las empresas en el proceso de desarrollo. En términos generales, las empresas se encuentran activamente involucradas en la ejecución de los proyectos o desempeñan un rol dentro de consorcios conformados por varias entidades. Los proyectos se encuentran en distintas etapas de desarrollo: algunos ya se encuentran en fase piloto y en operación, otros están en la fase de planificación, y varios se encuentran en construcción. Todos los proyectos están orientados al uso del hidrógeno y derivados como fuente energética en el país.

La obtención de empresas dispuestas a participar en las entrevistas representó un desafío, ya que muchas de las compañías contactadas habían firmado acuerdos de confidencialidad que les impedían compartir detalles sobre sus proyectos. En varios casos, no se recibió respuesta. Sin embargo, se lograron realizar un total de cinco entrevistas, abarcando proyectos de tres tamaños diferentes, que van desde 150 kW hasta 10 MW. La Tabla 1 resume los resultados respecto a la cantidad de personal requerido en cada etapa de los proyectos consultados. Se observa que la mayor demanda de personal se presenta en la fase de construcción de las plantas, resultando ser hasta 11 veces mayor que en la fase de operación.

Tabla 1: Cantidad de personal necesitado por etapa de proyecto

| | 150 kW | 2 MW | 10 MW |
|---------------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|
| Diseño y construcción | Hasta 3 ingenieros | 3-5 ingenieros | No disponible |
| Construcción empleados propios | 3 ingenieros | 19 personas | 15 personas |
| Construcción empresas subcontratadas | 5 personas | No disponible | 100 personas |
| Operación | 1 persona | 3-6 personas | Aproximadamente 10 personas |

A continuación, se presenta en detalle los resultados de cada entrevista. Por razones de confidencialidad, los resultados a partir de las entrevistas han sido anonimizada y categorizadas por tamaño de proyecto.

Empresa N°1: Proyecto de 150 kW

La empresa desarrolladora del proyecto de 150 kW asumió no solo el diseño y desarrollo del proyecto, sino también la adquisición de materiales, la instalación y la integración del sistema. La ejecución se llevó a cabo con un equipo de hasta tres ingenieros, quienes, además, participaban simultáneamente en otros proyectos. La instalación se realizó en un sitio industrial preexistente y se completó en tan solo 1,5 días con el apoyo de dos personas adicionales. Las obras civiles fueron subcontratadas a una empresa externa, que movilizó a cinco trabajadores para dichas labores. La supervisión general de la obra estuvo a cargo de la empresa desarrolladora.

En cuanto a proyectos futuros, la empresa está considerando la contratación de un ingeniero adicional para liderar un proyecto de 100 MW, que se desarrollará en cuatro etapas a lo largo de varios años. Asimismo, se prevé la incorporación de entre dos y tres personas a largo plazo para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Sin embargo, la empresa ha señalado un posible cuello de botella en la disponibilidad de personal técnico especializado en Chile, particularmente en relación con soldadores capacitados para trabajar con tanques de hidrógeno.

Empresa N°2: Proyecto de 1 MW

Esta empresa forma parte de un proyecto de aproximadamente 1 MW, orientado a la producción de hidrógeno para su uso en una estación de repostaje de vehículos. A la fecha de la entrevista, el proyecto se encontró en fase de desarrollo, y la participación de la empresa encuestada se limitaba a la distribución de hidrógeno dentro de la estación. En aquel momento, la empresa contó con el personal necesario para ejecutar el proyecto y no previó requerimientos adicionales de capacitación interna. No obstante, considera fundamental formar a los operadores de los vehículos en el manejo y funcionamiento de las estaciones de repostaje de hidrógeno.

Empresa N°3: Proyecto de 2 MW

La empresa encuestada participa en cuatro proyectos distintos, de los cuales la mayoría aún se encuentra en fase de desarrollo. Ya se ha completado un proyecto piloto con una capacidad de 2 MW, en el que la empresa actuó como desarrolladora, subcontratando los servicios de ingeniería. Para su ejecución, la empresa contó con la colaboración de hasta cinco ingenieros especializados en diversas disciplinas, como ingeniería eléctrica, química y mecánica. La construcción de la planta fue realizada por una empresa constructora, mientras que la instalación de los equipos estuvo a cargo de una compañía con experiencia en el sector. En total, el proyecto requirió la participación de 20 personas en la fase de construcción, incluyendo ingenieros y técnicos de distintas especialidades.

Para la fase de operación, se prevé la contratación de tres operadores, un jefe de planta, un ingeniero de seguridad, entre dos y tres personas administrativas, así como tres técnicos. Hasta la fecha, la empresa ha cubierto sus necesidades de personal con su propio equipo y ha organizado capacitaciones internas sobre hidrógeno. En términos generales, no se percibe una escasez de personal cualificado en Chile para futuros proyectos, aunque la empresa considera que los plazos prolongados en la tramitación de permisos representan un obstáculo importante.

Empresa N°4: Proyectos de 10 MW

La empresa está llevando a cabo el desarrollo de un proyecto de 10 MW destinado al consumo local, con el objetivo de adquirir experiencia en proyectos de mayor envergadura. El desarrollador del proyecto subcontrata a otra empresa para la realización de las obras civiles y la instalación del sistema, mientras que el personal interno de la empresa se encarga de supervisar e inspeccionar el trabajo. Se estima que la supervisión requerirá la participación de aproximadamente 15 personas, principalmente electricistas, diseñadores e instrumentistas.

La empresa subcontratada para la ejecución del proyecto (EPCista) empleará entre 100 y 120 personas, entre ellas especialistas en piping, electricistas, soldadores y técnicos en instrumentación y control. En la fase de operación, se prevé que entre 5 y 10 empleados serán suficientes. No obstante, se anticipa la necesidad de realizar nuevas capacitaciones, que podrían llevarse a cabo internamente.

La empresa también enfrenta dificultades para encontrar trabajadores cualificados debido a la alta demanda de personal en el sector de la minería tras la pandemia. Además, el precio de los combustibles fósiles sigue siendo inferior al del hidrógeno producido localmente, lo que complica la atracción de clientes interesados en la compra y consumo del hidrógeno verde.

Empresa N°5: Proyectos entre 1 MW y 10 MW

Esta empresa se desempeña como proveedor de soluciones energéticas, ofreciendo consultoría en el mercado energético chileno y en la mejora de procesos mediante la implementación de nuevas soluciones energéticas, incluida la utilización de hidrógeno verde. En la actualidad, la empresa está desarrollando proyectos de hidrógeno en un rango de potencia de 1 MW a 10 MW, entre los cuales se incluyen dos proyectos destinados a estaciones de repostaje de hidrógeno para la industria minera. La empresa también participa en un proyecto de exportación y en investigaciones relacionadas con el dimetiléter y la conversión de aceites en alcoholes para su aplicación en el sector energético.

Para la construcción de una planta piloto, la empresa tiene previsto contratar a una consultora, posiblemente extranjera, especializada en proyectos de hidrógeno. Se requerirán profesionales con experiencia en operaciones de planta, ingeniería de diseño, instrumentación y análisis de mercado de hidrógeno. La empresa destaca la escasez de especialistas en sensores para hidrógeno en Chile, ya que estos sensores presentan características técnicas distintas a las de los utilizados para otros gases empleados en el país. Además, no se observa una amplia disponibilidad de expertos en el área de desarrollo de precios y comercialización del hidrógeno en el mercado chileno.

3. Conclusiones

La industria del hidrógeno verde en Chile tiene el potencial de convertirse en un pilar fundamental para el desarrollo económico y social del país, alineándose con las metas globales de descarbonización y sostenibilidad. No obstante, para aprovechar este potencial de manera efectiva, es crucial abordar las brechas existentes en la formación y capacitación del capital humano necesario del sector.

Las entrevistas realizadas con empresas del sector revelan que la demanda de personal especializado es particularmente alta en la fase de construcción de los proyectos, donde se requieren profesionales con competencias técnicas avanzadas, como soldadores capacitados para trabajar con hidrógeno, técnicos en sensores específicos para hidrógeno y operadores con formación en seguridad y manejo de equipos. Esta necesidad de personal es aún más crítica en proyectos de mayor envergadura, donde las cifras de empleados en la fase de construcción pueden multiplicarse significativamente.

Aunque algunas empresas han tomado medidas proactivas, como la capacitación interna de su personal, persisten desafíos en la disponibilidad de profesionales con conocimientos específicos sobre seguridad, normativas y procesos técnicos relacionados con el hidrógeno verde. La falta de programas educativos especializados y la escasez de expertos en áreas clave, como el desarrollo de sensores para hidrógeno y la comercialización del hidrógeno en el mercado chileno, son factores que limitan el crecimiento y la competitividad de la industria.

Para superar estas brechas, es fundamental diseñar e implementar estrategias público-privadas que fomenten la colaboración entre el sector educativo, las empresas y el gobierno. La creación de programas de formación técnica y profesional en áreas críticas, así como la integración de contenido especializado sobre hidrógeno en los currículos académicos existentes, contribuirán a dotar al país de una fuerza laboral calificada, adaptable y sostenible. Además, será clave fomentar la investigación y el desarrollo en tecnologías emergentes relacionadas con el hidrógeno, para asegurar que Chile se mantenga a la vanguardia en la transición hacia una economía baja en carbono.

En conclusión, la industria del hidrógeno verde en Chile ofrece una oportunidad estratégica para consolidar su liderazgo global en la producción y uso del hidrógeno, al tiempo que contribuye al desarrollo sostenible del país. Sin embargo, este potencial solo se materializará si se resuelven las carencias en la formación y especialización de los profesionales del sector, garantizando que la fuerza laboral esté preparada para enfrentar los retos que implica este emergente y complejo campo.

Referencias bibliográficas

- [1] Gobierno de Chile. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. 30 p. [En línea] https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf (Acceso: octubre 2024)
- [2] Gobierno de Chile Ministerio de Energía. (2024). Plan de Acción Hidrógeno Verde 2023-2030. 207 p. [En línea] [PLAN DE ACCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE 2023-2030 | Ministerio de Energía](#). (Acceso: octubre 2024)
- [3] H2 Chile. (2024). Mapa de proyectos. [En línea] <https://h2chile.cl/mapa-de-proyectos/> (Acceso: octubre 2024)
- [4] Enel. (2021). Instalan la primera piedra del proyecto piloto para producir hidrógeno verde en Magallanes. [En línea] <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/prensa/press-enel-green-power-chile/d202109-instalan-primera-piedra-proyecto-piloto-producir-hidrogeno-verde-en-magallanes.html> (Acceso: octubre 2024)
- [5] GIZ y Hincio Chile. (2021). Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación. GIZ GmbH. 44 p. [En línea] <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2021/09/Estudio-empleos-H2-verde-con-exportacion.pdf> (Acceso: octubre 2024)
- [6] Boese Cortés, I. y Figueroa García, F. (2023). Capital Humano de la Industria del Hidrógeno Renovable: Desafíos Actuales y Futuros. H2 Chile. 38 p. [En línea] [H2 Chile publica estudio sobre capital humano en la industria del hidrógeno renovable – H2 Chile](#) (Acceso: octubre 2024)
- [7] SOFOFA. (2024). [Nace nueva Mesa de Capital Humano para la industria del Hidrógeno Verde - SOFOFA](#). SOFOFA (Acceso: octubre 2024)
- [8] Fraunhofer Chile. (2025). Power-to-Medme. [En línea] <https://www.fraunhofer.cl/es/proyectos/power-to-medme.html>
- [9] Green Skills for Hydrogen. (2022). Identify Occupational Profiles and Urgent Skills Needs. Green Skills for Hydrogen. 20 p. [En línea] <https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2023/04/Final-deliverable-T2.1.pdf>

Anexos

Diplomados

1. Diplomado en Tecnologías y Regulación de Energías Renovables de la Universidad Adolfo Ibáñez: Este programa ofrece una especialización en tecnologías de energía renovable, incluyendo módulos específicos sobre el hidrógeno y su regulación en el contexto chileno.
2. Diplomado en Tecnologías de Hidrógeno de la Pontificia Universidad Católica de Chile: Este diplomado proporciona una formación profunda en tecnologías relacionadas con el hidrógeno, cubriendo aspectos como producción, almacenamiento, distribución y aplicaciones en diferentes sectores industriales.
3. Diplomado en Economía del Hidrógeno de la Universidad de Santiago: Este programa se centra en los aspectos económicos y comerciales del hidrógeno, analizando su potencial impacto en la economía chilena y global.
4. Diplomado en Innovación y Uso de Hidrógeno Verde de la Universidad Mayor: Este diplomado se centra en la innovación y las aplicaciones prácticas del hidrógeno verde en diversos sectores, incluyendo la industria, el transporte y la generación de energía.
5. Diplomado en Tecnologías Aplicadas de Hidrógeno Verde de la Universidad Técnica Federico Santa María: Este programa ofrece una formación técnica especializada en tecnologías de hidrógeno verde, abordando aspectos como la producción, almacenamiento y uso del hidrógeno en aplicaciones industriales y de transporte.
6. Diploma en Hidrógeno Verde y sus Derivados de la Universidad de Chile: El objetivo de este programa es evaluar la factibilidad y aplicaciones científicas-tecnológicas de los proyectos industriales de Hidrógeno Verde y sus derivados, para identificar oportunidades de diversificación de la matriz energética sostenible y promover el desarrollo económico, alineado con las metas de neutralidad de carbono.

Cursos

1. Curso “Hidrógeno Verde: Oportunidades & Aplicaciones” organizado por CORFO: Al finalizar este curso, la participante será capaz de preparar proyectos vinculados a la generación de hidrógeno verde basándose en criterios tecnológicos, estratégicos y económicos en el contexto del desarrollo de energías renovables.
2. Curso “Hidrógeno Verde” organizado por GROW WAY Ambiental: Este curso aborda temas de permisos ambientales y sectoriales.
3. “Curso H2VUP” organizado por AHK Chile: Este curso fue desarrollado en el marco del proyecto H2Uppp con el objetivo de proporcionar formación en los fundamentos de seguridad y tecnología del hidrógeno verde.
4. Curso “Hidrógeno Solar y el Potencial en Chile” organizado por el Centro de Energía de la Universidad de Chile y Fraunhofer Chile: Este curso del año 2021 brindó una visión general sobre el potencial del hidrógeno solar en Chile y su papel en la transición hacia una economía más sostenible.
5. “Curso de Hidrógeno Verde: ¿El energético del futuro?” organizado por Continua Soluciones: Este curso presenta las ventajas y los procesos tecnológicos asociados con la generación de Hidrógeno Verde como un vector energético en Chile, con el propósito de comprender su aplicación en el ámbito local.
6. “Programa formativo H2 verde” organizado por el club de innovación: Este curso se llevó a cabo en 2022, buscando fortalecer el conocimiento sobre energías limpias y la descarbonización en Chile. Consistió en 7 jornadas virtuales con expertos en diversas áreas para potenciar el aprendizaje y la sensibilización.
7. Curso “Regulación, preparación y gestión de permisos para la implementación de proyectos de hidrógeno verde y derivados en Chile” organizado por el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE): La iniciativa, que se llevó a cabo en 2024, capacitó a profesionales del sector energético en la gestión de proyectos de hidrógeno verde, promoviendo la reconversión hacia combustibles limpios. Impartido en modalidad e-learning, el curso constó de 10 módulos teórico-prácticos.
8. Curso “Descripción integrada de proyectos de Hidrógeno Verde en el SEIA” organizado por SEA: El curso, que se llevó a cabo en 2024, fue impartido en modalidad e-learning y abordó la descripción integrada de proyectos de hidrógeno verde y su evaluación dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en Chile.



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 Programa Internacional de Aceleración del Hidrógeno (H2Uppp) del Ministerio Federal de Economía y Acción Climática de Alemania (BMWK) promueve proyectos y el desarrollo de mercado para el hidrógeno verde en países en desarrollo y emergentes seleccionados como parte de la Estrategia Nacional del Hidrógeno