



Deutsch-Chilenische
Industrie- und Handelskammer
Cámara Chileno-Alemana
de Comercio e Industria

Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Tecnología de hidrógeno verde y celda de combustible en Chile

Stand: Januar 2022

Las tecnologías de hidrógeno verde y celdas de combustible ofrecen un potencial global de descarbonización, electrificación y mayor seguridad de suministro para los consumidores y usuarios de energía en una amplia gama de aplicaciones. Chile se enfrenta al desafío de satisfacer la creciente demanda de electricidad verde derivada de los objetivos climáticos fijados por su gobierno de forma respetuosa con el medio ambiente y con los recursos. Estas ambiciones están acompañadas e impulsadas por un alto nivel de apoyo político. El hidrógeno verde juega un papel importante como vector energético tanto para la transformación de la matriz energética como para la diversificación de la economía exterior, a partir de la incorporación del hidrógeno verde como producto de exportación, en la Estrategia Nacional del Hidrógeno del país a medio y largo plazo. En este camino de transformación, las tecnologías de celda de combustible garantizan el uso de hidrógeno verde para el suministro de energía local y descentralizado, ofrecen un amplio y diverso rango de productos para la exportación. En este camino de transformación, las tecnologías de pilas de combustible garantizan el uso de hidrógeno verde para el suministro de energía local y descentralizado, ofrecen un amplio y diverso ámbito de posibles aplicaciones y ya pueden utilizarse de forma económica para el suministro de energía fuera de la red o descentralizado y para sustituir los generadores diésel existentes en Chile.

Situación política y económica

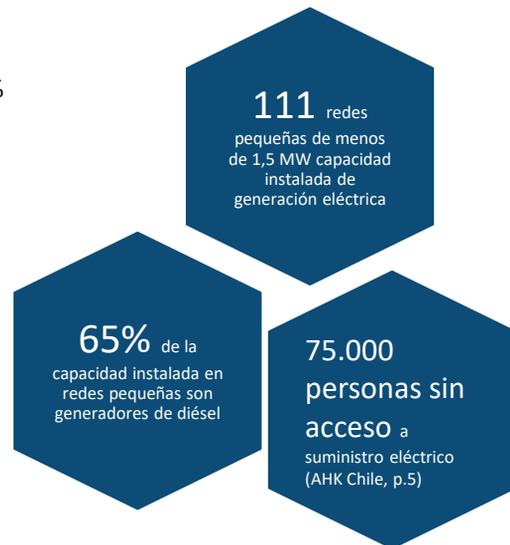
- A finales de 2021, el candidato de izquierdas Gabriel Boric (35 años) ganó las elecciones presidenciales del país. Se supone que habrá una continuidad en la política de transición energética con respecto al gobierno anterior. En su programa electoral, Boric también hizo hincapié en la necesidad del almacenamiento de energía para impulsar la descarbonización¹.
- Tras una caída económica relativamente fuerte en 2020, del -5,8% del PIB, la economía se recuperó en 2021, con un crecimiento estimado del 6,2%. Se prevé un crecimiento del 3,8% en 2022.
- En general, las condiciones naturales para el uso de energías renovables en Chile son muy buenas debido a la alta radiación solar en el norte y a los fuertes vientos constantes en partes del norte y del extremo sur. La demanda de electricidad del país también está aumentando de forma constante, con un incremento del 13,7% previsto para 2025 en comparación con 2021, y hasta un 25,5% para 2030².

Marco de política energética

- El hidrógeno verde como combustible en la generación de energía es una de las aplicaciones de la Estrategia Nacional del Hidrógeno
- El marco normativo para los proyectos de hidrógeno aún está en fase de desarrollo
- Los proyectos de hidrógeno pueden obtener autorización para construir y operar a través de la clasificación de proyectos especiales de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Para ello, se deben presentar los siguientes documentos: Copia de la norma extranjera a utilizar, Análisis de riesgos, Memoria de cálculo, Planos de construcción, Materiales y equipos certificados, Características técnicas de la instalación, Caracterización del contexto.
- La Autoridad ha publicado una guía para apoyar las solicitudes de aprobación de proyectos específicos de hidrógeno en 2021³.
- Chile tiene actualmente 26 acuerdos de libre comercio con más de 59 países y está muy integrado en el mercado mundial
- El país pretende alcanzar la neutralidad de los gases de efecto invernadero en el sector energético para 2050⁴

Suministro de energía - actual y perspectivas

- Grado de electrificación: 99,6% de la población, en las zonas rurales 96,5
- Capacidad total instalada: 27.189 MW (dic. 2021)
- Tres redes principales: SEN (27.007 MW), SEA (66 MW), SEM (116 MW)
- Renovables: 25% de energía hidroeléctrica, 16% de energía solar, 10,5% de energía eólica, 1,6% de biomasa, 0,4% de energía solar térmica y 0,15% de energía geotérmica)
- Energías fósiles: carbón 17,1%, diésel 14,9%, gas natural 14,4%,
- Iniciativas de descarbonización: Cierre del 65% de las centrales eléctricas de carbón para 2025, y de otras para 2040
- Nueve redes medianas de entre 1,5 MW y 200 MW, muchas veces con una alta proporción de generadores diésel.
- Aproximadamente 111 redes pequeñas de menos de 1,5 MW, de las que aproximadamente la mitad son de menos de 100 kW y el 25% de entre 1 y 1,5 MW
- Aproximadamente el 40% de las redes pequeñas sin suministro continuo
- Aproximadamente el 65% de la capacidad instalada de las pequeñas redes son generadores diésel
- Las pequeñas redes suelen pagar subvenciones para obtener el mismo precio final que en la red nacional.



Potencial de tecnología de celda de combustible y hidrógeno verde

- Estrategia Nacional del Hidrógeno desde noviembre de 2020⁵
- Objetivos para 2025 para el desarrollo de una economía del hidrógeno: 5.000 millones de dólares de inversión internacional en proyectos de hidrógeno, 5 GW de capacidad instalada de electrólisis, al menos 200.000 toneladas de producción de hidrógeno al año
- Objetivos para 2030: exportación de hidrógeno (derivados) por valor de 2.500 millones de dólares al año, costes de producción inferiores a 1,5 dólares/kg de H₂, 25 GW de capacidad de electrólisis instalada, un mínimo de 200.000 toneladas de producción de hidrógeno al año
- En general, existe un gran potencial para el hidrógeno verde en Chile para la producción de amoníaco, la exportación de combustibles sintéticos, el transporte y la minería (principalmente el transporte), y la energía fuera de la red con celdas de combustible para un suministro de energía estable y fiable y la descarbonización de las redes.
- Los costes de producción actuales de electricidad de la energía solar en Chile ya son inferiores a 0,02 USD/kWh
- Proyecto de uso de celdas de combustible en el sector del transporte en la minería promovido por la Corporación de Fomento de la Producción CORFO desde 2018 (desarrollo y reequipamiento de vehículos mineros, uso de pilas de combustible en trenes de transporte minero), que se extiende hasta 2023⁶
- Hasta ahora, dos proyectos sobre el uso de grúas horquillas de hidrógeno, en la logística de Walmart Chile y en la logística de Anglo American cerca de Santiago con la primera estación de recarga de hidrógeno en Chile
- Actores clave del gobierno:
 - La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) promueve grandes proyectos de investigación en el ámbito del hidrógeno.
 - El Ministerio de Energía desarrolla la legislación y la normativa y subvenciona los precios de la electricidad en las pequeñas redes
 - La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) verifica el cumplimiento de la normativa y tramita los procedimientos de autorización.
 - Operadores de redes eléctricas locales de pequeñas redes: son en parte privados y en parte estatales, a menudo también de propiedad municipal

Enfoque redes aisladas y Case Study / Análisis y resultados

El estudio se centra en las redes aisladas, ya que a menudo se generan exclusivamente con generadores diésel y en muchos casos hay subvenciones estatales al precio de la electricidad.

- **Red de la isla Melinka:** Isla en la región de Aysén con cuatro generadores diesel con una potencia total de 1.400 kW y un consumo de aproximadamente 1.660 MWh al año.

- La generación de electricidad está subvencionada por el gobierno con unos 500.000 dólares al año.

- El escenario óptimo para la viabilidad económica incluye, como mínimo, la nueva instalación de 660 kWp de energía fotovoltaica, 574 kW de turbinas eólicas, un electrolizador con 33 kW y un almacenamiento de H2 con 18 kg de capacidad, así como una celda de combustible con 38 kW de capacidad.

- Costes de inversión; aproximadamente 1,5 millones de dólares, los costes de producción de electricidad disminuyen de 0,306 dólares/kWh a 0,13 dólares/kWh

- **Red eléctrica media de Aysén:** Subsistema de una red eléctrica en la región sur de Aysén con una capacidad total de generación de 53 MW (33,2 MW diésel, 22,6 MW hidroeléctricos y 3,8 MW eólicos) y un consumo de 131 GWh al año.

- El escenario óptimo para la viabilidad económica incluye al menos la nueva instalación de 30,6 MWp PV, la instalación de un electrolizador con 11,3 kW, un estanque de almacenamiento de H2 con 2,7 kg de capacidad y una celda de combustible con 9 kW de capacidad

- Costes de inversión: aproximadamente 1,5 millones de dólares, los costes de producción de electricidad disminuyen de 0,67 dólares/kWh a 0,44 dólares/kWh

- **Salmonera Molino de Oro (empresa Multiexport):** Salmonera en la región sur de Los Lagos con tres generadores diesel (297 kW, 247,5 kW y 198 kW) y un consumo de 407,1 MWh al año.

- El escenario óptimo para la viabilidad económica incluye al menos la nueva instalación de 129 kWp PV. Actualmente, la instalación de electrólisis y pilas de combustible no es económicamente viable.

- Costes de inversión: aproximadamente 90.500 USD, los costes de producción de electricidad disminuyen de 0,14 USD/kWh a 0,12 USD/kWh

- **La red de la isla de Melinka es la que más posibilidades tiene de ser implantada a tiempo, sobre todo gracias a las**

Requisitos técnicos y soluciones

Requisitos técnicos para una red insular basada en celdas de combustible y H2 en Chile / Melinka

+ escalabilidad, + inclusión de fuentes de generación de energía renovable (sobre todo eólica y fotovoltaica), + mapeo de diferentes perfiles de carga (industria manufacturera, edificios residenciales) + estructura del sistema que posiblemente incluya plantas de respaldo y generación de origen fósil existentes + dependiendo de la ubicación, extracción de calor suplementaria.

¿Qué componentes/servicios son necesarios?

- Celdas de combustible y sus componentes de sistema (carcasa, tecnología de control, tratamiento de gases, tecnología de proceso, refrigeración, inversor, sensores, electricidad de funcionamiento, utilización del calor residual)
- Batería de amortiguación, incluidos los componentes del sistema y la tecnología de control
- Unidades de electrolizadores y sus componentes de sistema (incluyendo carcasa, suministro de energía, suministro/procesamiento de agua, válvulas, conexión de sistema, tecnología de control)
- Unidades de almacenamiento de H2 y sus componentes del sistema (reductor de presión, compresor, sensores, tecnología de control)
- Integración en la infraestructura de red existente/red de distribución, sistema de gestión de la energía
- Servicios de planificación: diseño técnico conceptual para la implantación, dimensionamiento del sistema, coordinación
- Servicios de mantenimiento/conservación
- ¿En qué clases de poder?

Chile Redes medianas de 1,5 MW a 200 MW, redes pequeñas de hasta 1,5 MW

Referencias

- [1] Boric, Gabriel (2021) Programa de Gobierno Apruebo Dignidad, unter <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan%2Bde%2Bgobierno%2BAD%2B2022-2026%2B%282%29.pdf>
- [2] Ministerio de Energía (2021) Planificación Energética de Largo Plazo - Demanda Eléctrica, unter <https://energia.gob.cl/pelp/proyecciones-electricas>
- [3] Ministerio de Energía (2021) Guía de Apoyo para Solicitud de Autorización de Proyectos Especiales de Hidrógeno, unter: https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/05/final_Guia-Proyectos-Especiales-Hidrogeno.pdf
- [4] Ministerio de Energía (2019) Carbono Neutralidad en el sector energético, unter: https://energia.gob.cl/sites/default/files/pagina-basica/informe_resumen_cn_2019_v07.pdf
- [5] Ministerio de Energía (2020) National Green Hydrogen Strategy, unter: https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf
- [6] Ministerio de Energía (2021) Transporte con hidrógeno, unter: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-con-hidrogeno/hidrogeno-y-electromovilidad-en-la-mineria-ID-en-chile>

Pie de imprenta

Editorial

Diseño

NOW GmbH
Fasanenstraße 6
10623 Berlin

030 311 611 6100
kontakt@now-gmbh.de
www.now-gmbh.de

Autor*innen

Christoph Meyer, AHK Chile
Annika Schüttler, AHK Chile
Catharina Horn, NOW GmbH
Julius von der Ohe, NOW GmbH

Kontakt:
exportinitiative@now-gmbh.de

Im Auftrag des:

