

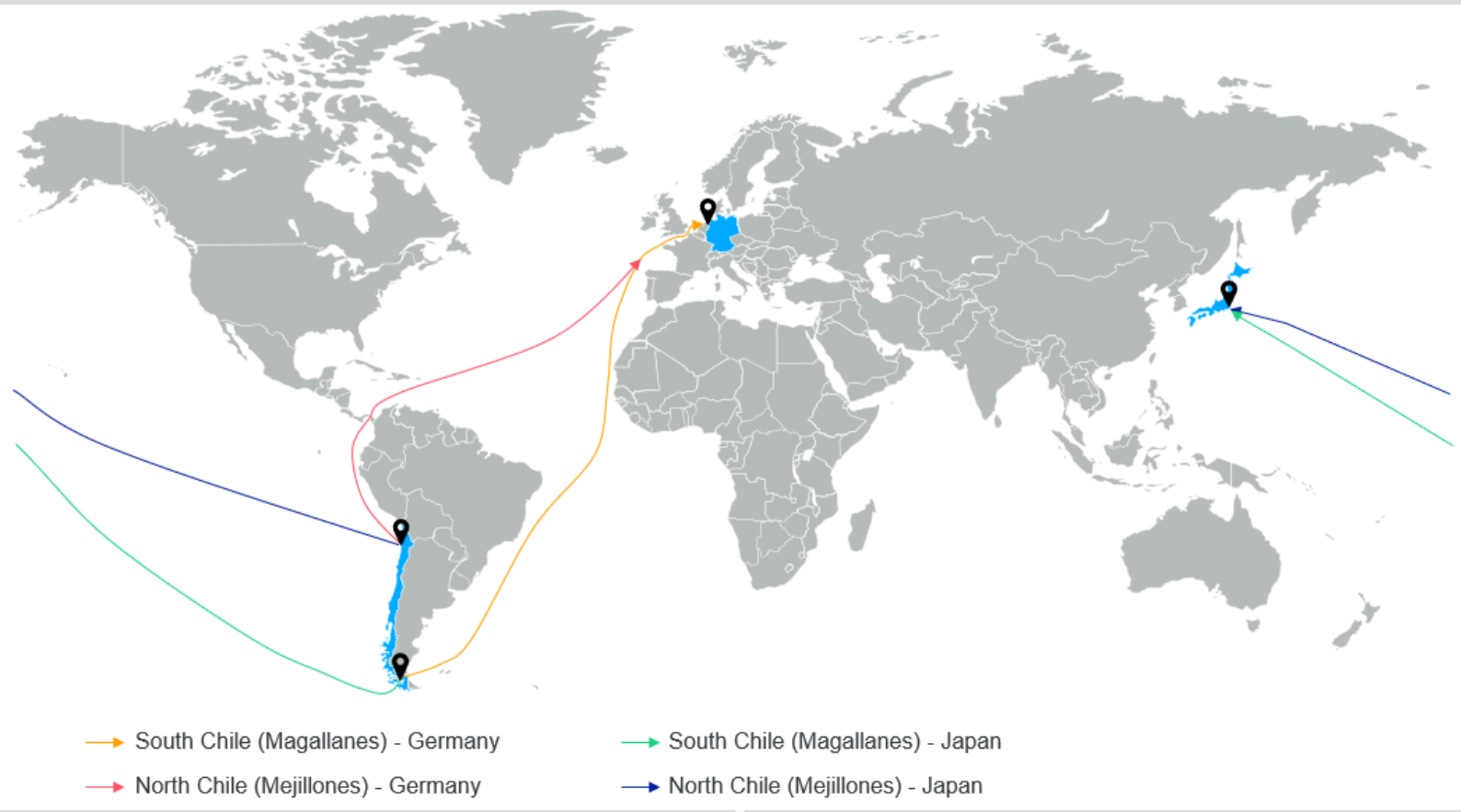


Supported by:



on the basis of a decision by the German Bundestag

Condiciones y Oportunidades para el Comercio de Hidrógeno Verde desde Chile a Alemania y Japón



Resumen

El estudio "Condiciones y oportunidades del comercio de hidrógeno verde de Chile a Alemania y Japón" proporciona información técnica, logística y económica sobre las posibilidades de comerciar hidrógeno verde y sus derivados (metanol y amoníaco) entre **Chile y Alemania y Japón**. En consonancia con el interés general de Alemania por fortalecer los mercados internacionales de hidrógeno verde y reducir los precios mediante efectos de aprendizaje y enfoques a gran escala, el estudio amplía los límites del conjunto de **conocimientos sobre la exportación de hidrógeno verde**. El trabajo analizó detalladamente la producción de hidrógeno en las **zonas más prometedoras de Chile**: el **desierto de Atacama** (Región de Antofagasta, en el norte de Chile utilizando energía solar), y **la Patagonia** (Región de Magallanes, en el sur con energía eólica), identificando las oportunidades para transportarlo como **amoníaco, metanol e hidrógeno líquido**, considerando la **cadena de valor de exportación completa, incluyendo las rutas de transporte y necesidades de infraestructura local**, en los horizontes temporales de **2025, 2030 y 2040**.

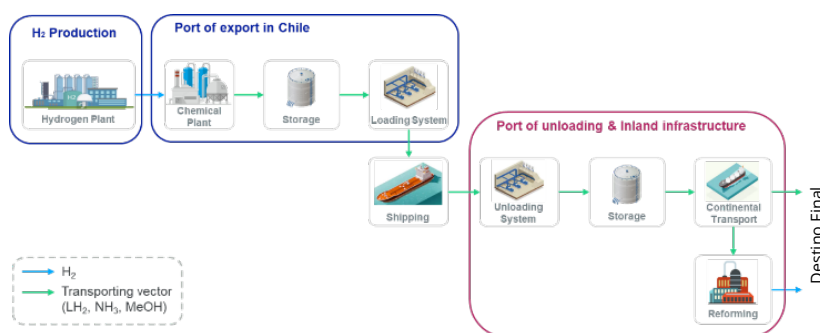
Este estudio concluye que **Chile está idealmente posicionado, dado su potencial de energías renovables, para convertirse en un actor relevante en la transición energética mundial, exportando energía verde mediante portadores de hidrógeno. Por lograrlo, se requiere una inversión significativa en infraestructura tanto para ser competitivo y desempeñar un papel principal en este nuevo mercado.**

Para alcanzar los objetivos internacionales de costo del hidrógeno (LCOH), las zonas con un alto potencial de producción de hidrógeno verde (como Chile), deben establecer objetivos ambiciosos y analizar factores complejos que ayuden a reducir los costos de la cadena de valor. Dichas **limitaciones pueden incluir congestiones y cuellos de botella en las líneas de transmisión eléctrica, problemas de estabilidad de la red eléctrica, impacto en el costo del sistema de electricidad, gestión del vertimiento de energía, estructura detallada de los costos de la energía, disponibilidad y permisos de terrenos y agua**, y perfil renovable variable, entre otros.

Se han previsto cinco escenarios diferentes en cuanto a la cantidad que se va a comerciar: toda la capacidad de producción de hidrógeno en el norte de Chile se destina a Alemania (1) o a Japón (2); toda la capacidad de producción de hidrógeno en el sur de Chile se destina a Alemania (3) o a Japón (4); la capacidad de producción de hidrógeno en el norte y en el sur se divide entre Alemania y Japón (5). Sin embargo, dado que la distancia entre el norte y Japón es la más corta en comparación con el sur, cabe suponer que el norte suministra la demanda de Japón, dejando la capacidad restante para satisfacer parte de la demanda de Alemania y el sur produce hidrógeno únicamente para Alemania.

Aunque en este estudio se analizan diferentes tipos de derivados del hidrógeno, sus respectivas demandas se fijaron en función de la capacidad de producción de hidrógeno de Chile. Para calcular los costos de la cadena de valor de exportación, se hicieron suposiciones sobre el CAPEX, OPEX y la eficiencia de cada parte de la cadena de valor. Para la cadena de valor de exportación, todos los valores proceden de fuentes públicas y de estudios internacionales. Para las plantas de producción de hidrógeno en Chile y el costo de las energías renovables, el estudio reconoce diferentes proyecciones, considerando escenarios optimistas y pesimistas en cuanto a los costos futuros de la electricidad de la red y del sistema insular. Independientemente de las excelentes condiciones de ubicación de Chile para obtener electricidad renovable barata, estas proyecciones tienen un efecto significativo en el precio del hidrógeno verde. No se discutió sobre la influencia de los precios del CO₂ y de otras medidas de política climática.

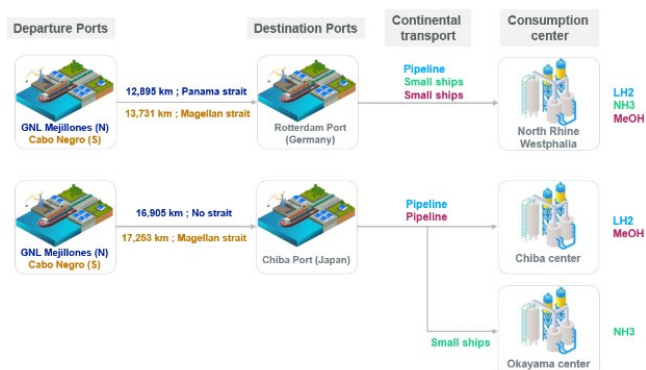
El estudio fue realizado por Engie Impact/Tractebel por encargo del Ministerio de Energía y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) en el marco de la Energy Partnership Chile-Alemania, que cuenta con el apoyo del Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania (BMWi).



Mensajes clave

A) Costos de producción y transporte

Los costos de envío sólo constituyen una fracción de los costos totales (LCOH) de la cadena de valor de la exportación a Alemania/Europa o Japón/Asia. El H₂ producido en Chile puede ser competitivo a pesar de la distancia a los centros de consumo. Los bajos costos de producción del hidrógeno verde también hacen que Chile sea competitivo frente a otros productores más cercanos a los centros de demanda. En el caso de la exportación de hidrógeno a través de metanol, desde el norte de Chile a Alemania, el costo de envío constituye menos del 5% de los costos totales de la cadena de valor de la exportación para el año 2025; mientras que, en el caso de la exportación de hidrógeno a través de amoníaco, constituye menos del 6% para el mismo año. Exportar a Alemania/UE es un poco más barato que exportar a Japón.



Si los barcos que exportan el H₂ y sus derivados se utilizan para transportar los productos químicos de vuelta de Alemania a Chile, el costo de envío puede reducirse casi a la mitad. Esto tendría la mayor influencia para la cadena de valor del hidrógeno líquido, en el cual el LCOH total puede bajar entre un 4 y un 8%. En el caso del amoníaco, la reducción es del 2 al 3%, y en el caso del metanol, la influencia es sólo del 0,7 al 1,1% del LCOH total. En 2018, el 15,76% del total de las importaciones chilenas de productos químicos provino de Alemania, importando

360 mil millones de dólares en productos químicos.¹ La cadena de valor del metanol puede proporcionar los costos finales más bajos en los mercados de destino en 2025² para suministrar H₂ como producto final. El amoníaco verde debería ser más competitivo en 2030. La mayor ventaja de utilizar metanol como portador de hidrógeno en comparación con el amoníaco es la alta eficiencia global de la cadena de valor. El transporte de hidrógeno líquido sigue enfrentándose a retos técnicos y de precios, pero sus costos de transporte se reducirán a la mitad en la próxima década y aún más hasta 2040.

B) Infraestructura y exportación

Para el estudio se seleccionaron dos puertos, uno en el norte de Chile y otro en el sur. Sin embargo, otros lugares de producción y puertos en el centro de Chile también son realistas. La excelente disponibilidad de recursos solares en el norte y de viento en el sur hacen que se pueda producir H₂ localmente a un costo competitivo, reduciendo así los costos de transporte.

Norte: El terminal de GNL Mejillones S.A. cuenta con la infraestructura necesaria para el GNL: muelle de descarga, tanques de GNL para su almacenamiento, planta de regasificación e infraestructura de camiones de carga y descarga. Parte de estas instalaciones existentes pueden ser aprovechadas para reducir el costo global de la cadena de valor. Puerto Angamos, que también se encuentra en Mejillones, tiene cuatro muelles disponibles que comercializan diferentes tipos de mercancías. ENAEX utiliza uno de estos puertos para importar amoníaco. Sur: El terminal de Cabo Negro cuenta con la infraestructura necesaria para comercializar propano, butano, diésel y gasolina. Está situado junto al Estrecho de Magallanes, con la posibilidad de exportar hidrógeno a través de los océanos Pacífico y/o Atlántico, y situado junto a METHANEX, una planta de producción de metanol que cuenta con instalaciones de almacenamiento y terminación de metanol que podrían utilizarse.

¹ Banco Mundial, "Chile Chemicals Imports". Disponible: https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/CHL/Year/2016/TradeFlow/Import/Partner/All/Product/28-38_Chemicals.

² excluyendo los costos de captura de CO₂

Centro: Entre otros, también se podría haber seleccionado el puerto GNL Quintero en la región de Valparaíso.

Para alcanzar los niveles de exportación presentados en el estudio, es necesaria una inversión de capital en infraestructura de 80 a 100 MUSD tanto en el puerto de Mejillones como en el de Cabo Negro. Poder utilizar las infraestructuras portuarias existentes tanto en Chile como en Europa/Japón pueden reducir el costo final del hidrógeno en un $\pm 1\%$.

Teniendo en cuenta la construcción de centrales renovables, las plantas de producción de H₂ y las plantas de licuefacción/metanol o de síntesis de amoníaco y la infraestructura portuaria, se estima que serán necesarias **inversiones totales en infraestructuras de H₂ de unos 3.000 millones de dólares hasta 2025 y de unos 20.000 millones de dólares hasta 2040.**

En Europa, se eligió Rotterdam como puerto de destino, y en Japón, Chiba. En abril de 2021, Chile firmó un memorando de entendimiento con el puerto de Rotterdam. El centro de consumo de hidrógeno seleccionado en Alemania es Renania del Norte-Westfalia. Para suministrar hidrógeno a esta región, tanto el puerto de Rotterdam en los Países Bajos como los puertos de cooperación de Zeebrugge y Amberes son los mejores candidatos. En Japón, el puerto de Chiba también cuenta con la infraestructura necesaria (GNL, GLP, crudo y productos químicos).

El puerto de Hamburgo tiene planeado implementar una infraestructura de tuberías para suministrar H₂ (o un vector energético) a la región del Elba. La región que rodea al puerto es un interesante clúster para la futura economía del hidrógeno, para producir materiales básicos como acero, aluminio y cobre, y utilizar el hidrógeno como combustible o solución de almacenamiento.

C) Chile y el mercado H₂

En la futura industria del transporte marítimo, se espera que se utilicen vectores de H₂ baratos y una nueva tecnología de propulsión de H₂ verde. Se espera que las pilas de combustible o los motores de combustión interna permitirán un transporte marítimo carbono-neutral.

Así, **Chile tiene la oportunidad de convertirse en un centro mundial de abastecimiento de combustible verde** en un mercado completamente nuevo, si construye la infraestructura de exportación y almacenamiento necesaria. Como señala el estudio de la GIZ "Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación", el desarrollo de una industria exportadora de hidrógeno y sus derivados en Chile tiene el potencial de generar 38 mil, 172 mil y 570 mil empleos para los años 2030, 2040 y 2050 respectivamente, considerando para la demanda de exportación los mismos supuestos de este estudio y los datos de los proyectos anunciados hasta ahora, y un escenario de demanda de hidrógeno y sus derivados como combustible marítimo libre de CO₂. Esto crea enormes posibilidades de **crecimiento económico.**

Según un escenario conservador, Chile podría, por ejemplo, proporcionar la mitad de la demanda de H₂ de un país industrializado como Alemania en el futuro. Entre el norte y el sur, se podrían exportar al menos 0,21, 1,05 y 2,1 Mton/año de H₂ para 2025, 2030 y 2040 respectivamente.³ Otros estudios tienen estimaciones aún más elevadas. Alemania y Japón tienen ambiciosos objetivos de demanda de hidrógeno para 2040 en sus hojas de ruta e informes estratégicos, 4,8 Mton/año y 10,8 Mton/año respectivamente.

Toda esta nueva información recopilada contribuirá a impulsar la ambición de Chile de liderar la economía del H₂ como se estipula en la "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde".

³ Estimado a partir de estudios internos basados en los importes de los proyectos de exportación previstos.

IMPRINT

The study was carried out by Tractebel/Engie Impact on behalf of the Energy Partnership Chile-Alemania.

Leading partners are the German Ministry for Economy and Energy (BMWi) and the Chilean Ministry for Energy (ME), together with numerous affiliated institutions. The GIZ, executive body of the partnership, can look back to more than ten years of successful cooperation with the Chilean Ministry of Energy (ME).

Commissioned and published by:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices Bonn and Eschborn, Germany

Project:


Energy Partnership Chile-Alemania

Contact:

Energy Partnership Chile - Alemania

c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Marchant Pereira 150, 7500523 Santiago de Chile

 energyclde@giz.de

 +56 22 30 68 600

Project Lead:

Rainer Schröder
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Coordination:

Michael Schmidt, José Fuster, Daina Neddemeyer
Energypartnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Design:

Energypartnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Photography & Illustrations:

Energypartnership Chile - Alemania, GIZ Chile
Universidad de Chile (page 4)

Version:

1st Edition, Berlin, and Santiago de Chile,
February 2021
GIZ is responsible for the content of this publication.

On behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi)