



# Viabilidad del Hidrógeno verde como combustible en embarcaciones desarrolladas en Chile

**Seminario de investigación para optar al grado académico de  
Licenciatura en Diseño**

ISIDORA ELEONOR ESPERANZA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA  
OSVALDO ZORZANO BETANCOURT

SANTIAGO DE CHILE

2024

## Índice

<b>Abstract</b> .....	3
<b>Palabras clave</b> .....	3
<b>Planteamiento del problema</b> .....	4
<b>Objetivo general</b> .....	4
<b>Objetivos específicos</b> .....	5
<b>Preguntas de investigación</b> .....	5
<b>Hipótesis</b> .....	5
<b>Estado del arte</b> .....	5
<b>Marco teórico</b> .....	9
<b>El Hidrógeno como combustible de embarcaciones.</b> .....	9
<b>Embarcaciones</b> .....	19
<b>Pesca artesanal chilena</b> .....	24
<b>Marco conceptual</b> .....	30
<b>Metodología de la investigación</b> .....	31
<b>Herramientas</b> .....	31
<b>Fases de la investigación</b> .....	32
<b>Resultados</b> .....	33
<b>¿Existe aquí una oportunidad de diseño e innovación?</b> .....	33
<b>Discusión</b> .....	34
<b>Conclusión</b> .....	34
<b>Referencias bibliográficas:</b> .....	35

*A pesar de los desafíos y limitaciones inherentes al desarrollo del hidrógeno como combustible, este documento presenta un enfoque optimista sobre su futuro, subrayando las oportunidades que ofrece para la transición energética y la sostenibilidad en diversas industrias.*

## **Abstract**

En el presente informe se propone el uso del hidrógeno como un nuevo combustible, analizando su viabilidad y destacando por qué es preferible frente a otros tipos de combustibles y fuentes de energía. Se presentan las ventajas del hidrógeno, tales como su abundancia, sostenibilidad y bajo impacto ambiental, así como las posibles desventajas, que incluyen los desafíos técnicos y económicos asociados con su producción y distribución.

La aplicación del hidrógeno en el sector marítimo chileno se presenta como una buena oportunidad de desarrollo y crecimiento, dado que Chile posee una extensa costa y una creciente necesidad de diversificar sus fuentes de energía y combustibles. La dependencia de combustibles fósiles representa un riesgo significativo a nivel mundial, tanto por problemas económicos como ambientales, el acelerado cambio climático que genera un gran impacto en la flora y fauna marina chilena. Por ello, es urgente explorar nuevas alternativas que permitan avanzar hacia un sistema energético más sostenible. Además, se enfatiza la importancia del mar en la economía chilena y cómo la adopción del hidrógeno puede fomentar el crecimiento económico y la innovación tecnológica tanto en el sector como en el país en general. El hidrógeno tiene el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la sostenibilidad. Este informe también sugiere que la inversión en tecnologías relacionadas con el hidrógeno puede generar nuevas oportunidades laborales y posicionar a Chile, que ya cuenta con tres grandes plantas, como un líder en la producción y exportación de energías limpias. Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas de esta investigación y se propone un diseño para contribuir a este cambio.

## **Palabras clave**

Embarcaciones, Hidrógeno, Innovación, Sostenibilidad, Tecnología naval

## **Planteamiento del problema**

El sector energético global enfrenta una de sus mayores transformaciones en la historia, impulsada por la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. En este contexto, el hidrógeno verde se presenta como una de las alternativas más prometedoras para la descarbonización de sectores clave, como el transporte marítimo, que representa una fuente significativa de contaminación en muchas regiones, incluida Chile. A pesar de su alto potencial para ser una fuente de energía limpia, la adopción del hidrógeno verde enfrenta varios desafíos, tanto a nivel tecnológico como económico.

En Chile, un país con una extensa costa y una industria pesquera de gran relevancia, el uso del hidrógeno verde en el transporte marítimo podría ofrecer una solución innovadora para reducir las emisiones contaminantes, mejorar la sostenibilidad del sector y promover el uso de energías renovables. Sin embargo, a pesar de las inversiones y el interés creciente, el desarrollo de infraestructura adecuada, el alto costo de producción y la falta de tecnologías accesibles siguen siendo barreras significativas.

En este sentido, es fundamental investigar las posibilidades de implementación del hidrógeno verde en el transporte marítimo chileno, tomando en cuenta los recursos naturales del país, los avances tecnológicos en la producción de hidrógeno y las políticas gubernamentales de transición energética, y así aportar desde el Diseño industrial, que se vuelve crucial en esta transición al uso de energías verdes.

## **Objetivo general**

Determinar la viabilidad del hidrógeno como combustible alternativo en un futuro inmediato en Chile, en el contexto de la pesca artesanal, evaluando sus ventajas y desventajas en comparación con otros tipos de combustibles.

## **Objetivos específicos**

1. Corroborar el uso del hidrógeno como combustible viable en Chile.
2. Argumentar que su uso y desarrollo es viable y sería beneficioso para el mundo marítimo chileno.
3. Proponer a los pescadores artesanales como primer y más urgente foco de mejora y oportunidad de potenciarlo.
4. Dar paso a una propuesta desde el diseño industrial.

## **Preguntas de investigación**

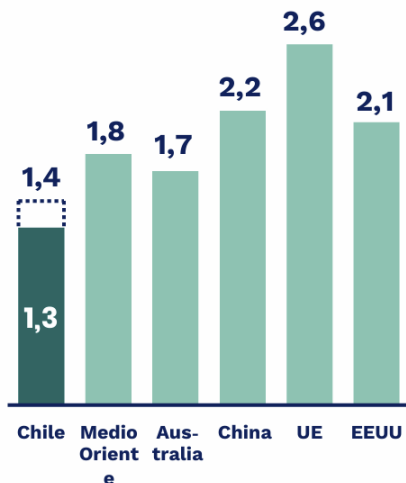
1. ¿Qué características técnicas y económicas hacen que el hidrógeno sea un combustible viable para el sector marítimo en Chile?
2. ¿Cuáles son las áreas y sectores prioritarios dentro de la industria marítima de Chile donde el hidrógeno podría tener el mayor impacto?
3. ¿Qué oportunidades de diseño e innovación surgen al aplicar hidrógeno como combustible en embarcaciones?
4. ¿Es viable desarrollar un proyecto para una embarcación que funcione exclusivamente con hidrógeno en Chile?

## **Hipótesis**

El hidrógeno es muy abundante y gracias a los avances tecnológicos su uso como combustible está en crecimiento. Chile, con su geografía y recursos renovables, tiene un gran potencial para producir hidrógeno verde, es por esto por lo que el gobierno está desarrollando y promoviendo proyectos con el uso de este, fomentando el cambio al uso de energías limpias. La seguridad en el transporte marítimo y la extensa costa del país hacen del sector una excelente oportunidad para invertir en lanchas propulsadas por hidrógeno, promoviendo un combustible limpio y el desarrollo sostenible de Chile.

## **Estado del arte**

Chile tiene el potencial para ser uno de los tres principales países en la producción y exportación de hidrógeno verde, gracias a sus recursos en energías renovables, particularmente en energía solar en el desierto de Atacama (Figura 1) y energía eólica en el sur del país. En 2021 Chile producía 70.000 ton/H<sub>2</sub> y según la Agencia Internacional de Energía, el potencial de producción de hidrógeno verde en Chile podría superar los 160 millones de toneladas al año en el futuro, posicionándolo como un exportador clave en el mercado global, “Según la investigación, la región más austral del país podría llegar a producir el 13% hidrógeno verde del mundo dado su inmenso potencial en energía eólica, considerando que la generación eléctrica eólica anual estimada en Magallanes podría sobrepasar en 7 veces la generación eléctrica actual de la matriz eléctrica chilena” (La Tercera. (2023). *Región de Magallanes podría llegar a producir el 13% de hidrógeno verde del mundo con energía eólica*. Recuperado de <https://www.latercera.com/>) (Figura 2 y 3).



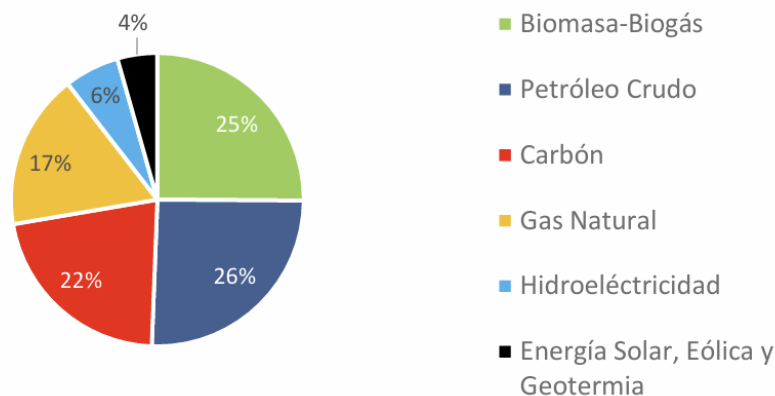
El hidrógeno verde producido en el Desierto de Atacama y en la Región de Magallanes tendría el costo nivelado de producción\* más bajo del mundo al 2030.

**La calidad de los recursos renovables de esas zonas habilitarán una producción competitiva a gran escala.**

\*Sin considerar costos de compresión, transporte y distribución, los que varían según la aplicación final.

Fuente: McKinsey & Company.

**Gráfico 1 Matriz Energética Primaria, año 2020**



**Gráfico 3 Matriz Energética Secundaria, año 2020**

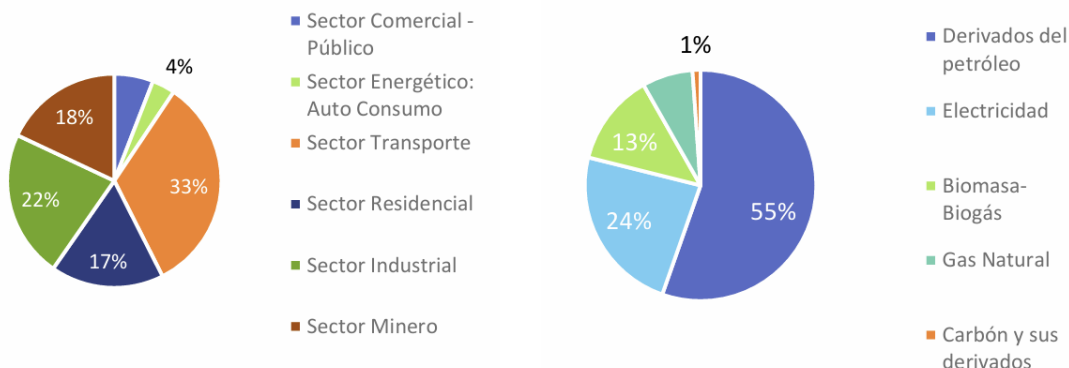


Figura 2 y 3. Ministerio de Energía. (2020). *Gráfico matriz energética 2020*. En *Informe Balance Nacional de Energía 2020* (p. 3 y 4). Ministerio de Energía de Chile. Recuperado de

[https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022\\_informe\\_anual\\_bne\\_2020.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022_informe_anual_bne_2020.pdf)

Proyectos destacados como Haru Oni en Magallanes y la iniciativa HyEx en el norte del país representan avances significativos en la producción y utilización de este combustible sustentable. El desarrollo del hidrógeno verde no solo contribuye a dejar la dependencia a los combustibles fósiles, sino que también abre oportunidades para descarbonizar distintos sectores (Figura 4), como el transporte marítimo. Este sector es de gran relevancia para Chile, dado su extensa costa y la importancia de la actividad portuaria y pesquera para la economía nacional. La aplicación del hidrógeno verde en embarcaciones podría reducir significativamente la contaminación en nuestras costas y ayudar a detener el deterioro de flora y fauna marina.

A nivel global, países como Noruega y Japón ya han implementado embarcaciones impulsadas por hidrógeno, lo que demuestra su viabilidad técnica y económica. En Chile, se han comenzado a explorar iniciativas en vehículos, maquinaria e incluso una locomotora (Primer transporte de carga limpio en Sudamérica). Estas tecnologías también podrían aplicarse tanto en barcos de transporte de mercancías como en embarcaciones pesqueras, disminuyendo así la dependencia de combustibles fósiles en sectores críticos.

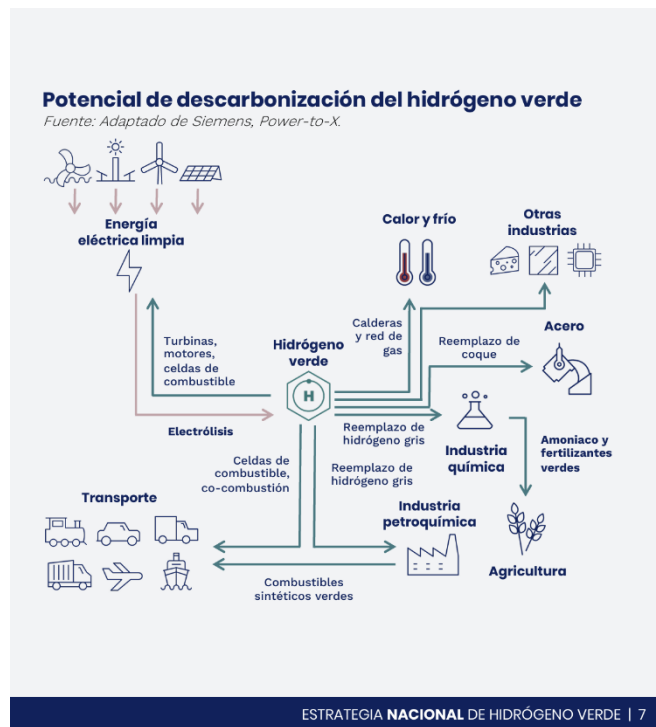


Figura 4. Ministerio de Energía. (2021). *Esquema potencial descarbonización*. En *Estrategia nacional de Hidrógeno Verde en Chile* (p. 7). Recuperado de

[https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)



## **Marco teórico**

### **El Hidrógeno como combustible de embarcaciones. ¿Es viable en Chile?**

#### ***Hidrógeno***

El hidrógeno es uno de los combustibles más recientes y prometedores en el mercado. Actualmente, es una de las propuestas clave para la transición a un sistema energético más limpio y sostenible, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y resolviendo algunas problemáticas que presenta la energía eléctrica hoy en día. El creciente interés por su uso y desarrollo ha permitido grandes inversiones en infraestructura y tecnología para su producción, almacenamiento y aplicación, se han instalado varias plantas en distintos países como España, China, Suecia, Japón, Estados Unidos, Corea y más, incluyendo Chile.

El gas de hidrógeno es el elemento más abundante en el universo y se puede obtener a través de distintos procesos, como la electrólisis del agua, la gasificación de biomasa y la producción biológica a través de plantas y bacterias. Una de sus ventajas más destacadas son las emisiones cero, su alta densidad energética y que, al combinar hidrógeno con oxígeno para generar energía, lo único que se produce es agua. Sin embargo, también enfrenta ciertos desafíos y desventajas. Entre sus complicaciones están los costos de producción y distribución, ligados a las tecnologías, infraestructuras e inversiones significativas que deben hacerse para obtenerlo, tratarlo, distribuirlo e instalarlo como nuevo combustible. Esto acarrea el problema de la aceptación y uso por parte de las personas, ya que es un combustible en desarrollo y no es tan adoptado como otros. Además, en algunas formas de producción, existe un considerable impacto en la agricultura, lo que puede acarrear alta competitividad agrícola y deforestación.

Actualmente, tenemos a disposición más de 10 tipos de fuentes de energía, y se siguen investigando más. Cada uno tiene un proceso diferente, diferentes potencias y capacidades, distintos niveles contaminantes y precios variados. Hoy en día, las investigaciones apuntan a combustibles verdes, con niveles mínimos de contaminación y que sean accesibles. Sin embargo, esto representa un gran desafío, ya que desde que un vehículo comienza a moverse, empieza a contaminar. Dentro del abanico de posibilidades existentes en fuentes de energía, tenemos las siguientes:

- **Combustibles fósiles:** Petróleo, Gasolina (derivada del petróleo), Diesel (derivado del petróleo), Gas Licuado de Petróleo (GLP) (mezcla de propano y butano), Gas Natural Comprimido (GNC) (Metano almacenado a alta presión). Los combustibles fósiles poseen una alta densidad energética, lo que significa que producen una gran cantidad de energía por volumen. Esto quiere decir que un pequeño volumen es capaz de impulsar el vehículo a lo largo de una gran distancia. Son una fuente de energía confiable y constante. Además, cuentan con una infraestructura global desarrollada desde su extracción, refinamiento, distribución y uso, lo que permite costos más bajos. Sin embargo, también tienen desventajas significativas. Son recursos no renovables y tienen un alto impacto ambiental, ya que la quema de estos combustibles produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero y contaminantes que contribuyen al cambio climático y a la contaminación del aire. Esto deriva en complicaciones de enfermedades cardiovasculares y enfermedades respiratorias, como el asma. Además, existen riesgos en su extracción y transporte, ya que suelen haber deforestación y alteración del hábitat durante la extracción, y derrames durante el transporte que derivan en contaminación y muerte de flora y fauna terrestre y marina. La extracción se realiza en yacimientos específicos ubicados solo en algunas partes del mundo, mayormente en el Norte de África y Asia.

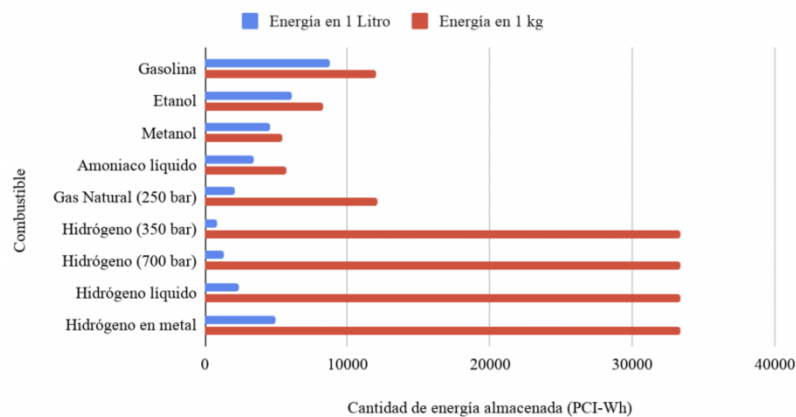
- **Energías renovables:** Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales capaces de regenerarse de manera continua, como la electricidad proveniente de energía solar, eólica o hidráulica. Estas fuentes, en su uso, no emiten gases contaminantes ni afectan el medio ambiente en el mismo grado que los combustibles fósiles, pero, aunque son un punto clave para la transición hacia un sistema energético más limpio y sostenible, sus principales desafíos son: la variabilidad de la producción de energía y los niveles de contaminación producida en las baterías en su fabricación, obtención de materiales (explotación minera) y el término de su vida útil que, si no es reciclado correctamente, libera desechos tóxicos.

- **Combustibles alternativos y biocombustibles:** Los biocombustibles incluyen el etanol (alcohol derivado de biomasa), metanol (alcohol similar al etanol), biodiesel (derivado de aceites vegetales o grasas animales), y aceite vegetal puro (PPO), utilizado en motores diésel modificados. Estos combustibles tienen la ventaja de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a disminuir los contaminantes en el aire. Además, pueden obtenerse de fuentes renovables y ofrecen alternativas a los combustibles fósiles, reduciendo la dependencia de un solo recurso energético. Sin embargo, presentan ciertos inconvenientes ya que la infraestructura disponible es aún limitada debido a su uso más reciente, y existen desafíos técnicos en su almacenamiento, transporte y distribución. También son más costosos que los combustibles fósiles, ya que requieren mayores inversiones en investigación y desarrollo. La producción de

biocombustibles también tiene un impacto ambiental, ya que puede generar competencia agrícola, uso excesivo de agua y deforestación de zonas verdes.

- **Combustibles sintéticos y emergentes:** (e-Fuels) (producidos mediante procesos químicos que combinan hidrógeno y dióxido de carbono), Gas-to-Liquids (GTL) (producidos a partir de gas natural a través de un proceso de conversión química), Dimetiléter (DME) (puede ser producido a partir de gas natural o biomasa), Amoníaco (este compuesto químico se está estudiando y probando en pequeños motores como posible combustible debido a su contenido de hidrógeno, aunque aún en etapas experimentales). Entre los beneficios de estos combustibles se encuentran la reducción de emisiones de carbono, el aprovechamiento de recursos abundantes y su alto contenido energético, lo que ofrece más opciones viables de combustibles en el mercado. No obstante, sus desafíos incluyen los elevados costos de producción, procesos complejos para su obtención, complicaciones en la infraestructura y las tecnologías, además de posibles impactos negativos en el medio ambiente y la salud a largo plazo.

Energía contenida en distintos combustibles



Generadoras de Chile. (n.d.). [Título de la primera imagen]. En *Hidrógeno verde*. Recuperado de <https://generadoras.cl/tipos-energia/hidrogeno-verde>

## Hidrógeno como combustible.

Dejando de lado los pros y los contras ya nombrados anteriormente, el hidrógeno es un combustible prometedor. Es un nicho en el que ya se han hecho grandes inversiones y se han establecido varias plantas de producción de hidrógeno en distintos países

(Fig. 5), incluido Chile, que cuenta actualmente con la primera planta de Hidrógeno Verde a escala industrial en Latinoamérica. Esta planta, desarrollada por Engie y Walmart, está ubicada en la región metropolitana, comuna de Quilicura. Produce 100 toneladas de hidrógeno y ha permitido reemplazar las baterías de plomo-ácido de 200 grúas horquillas por celdas de energía de hidrógeno, evitando generar 250 toneladas de desechos tóxicos al año según lo indicado por Walmart. Además, existen varios proyectos de instalación de plantas de hidrógeno verde en el país, en las regiones de Magallanes, Antofagasta y Atacama, donde se proyecta obtener hidrógeno utilizando energía solar y eólica.

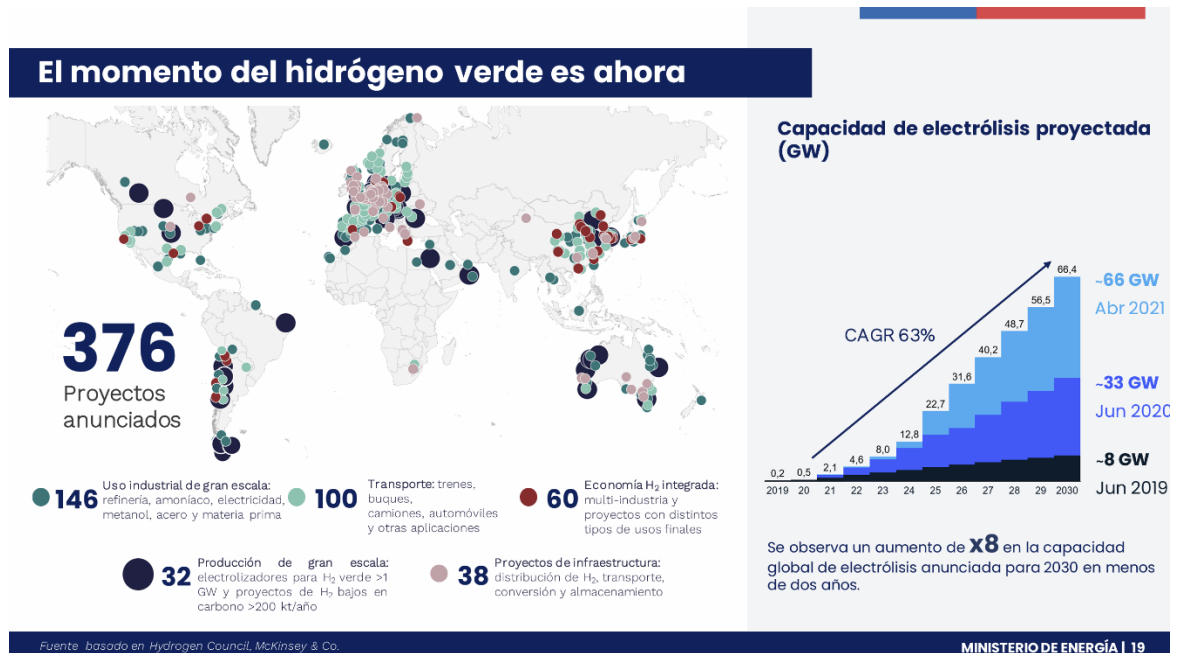


Figura 5 Ministerio de Energía. (2021). *Análisis de proyectos con hidrógeno en 2021*. En *Mapa de Hidrógeno Verde en Chile* (p. 19). Fundación Chile. Recuperado de

[https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/11/Ministerio-de-Energia\\_Mapo-Hidrogeno-Verde-en-Chile.pdf](https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/11/Ministerio-de-Energia_Mapo-Hidrogeno-Verde-en-Chile.pdf)

### ***Respecto a su inestabilidad y seguridad.***

El hidrógeno tiene una molécula pequeña que es difícil de trabajar. Es un gas muy liviano, volátil y complejo de contener debido a su gran volumen. Es inoloro e incoloro, esto hace que sea difícil detectar alguna fuga, a menos que se utilicen sensores (Figura 6). Además, puede atravesar algunos metales, por lo que se deben utilizar estructuras complejas y costosa, hechas de aleaciones de acero y carbón. Teniendo esto en cuenta, se puede pensar que el diseño de vehículos que funcionen con hidrógeno se vuelve contraproducente, ya que deben incluir una parte interna que no permita ninguna fuga, que sea capaz de contener el volumen de hidrógeno y tenga sensores capaces de detectarlo, aunque ya existen motores con esta alta tecnología, resulta en un automóvil de alto costo y con cierto nivel de riesgo, esto lo convierte en un mercado de lujo, lejos del contexto chileno. No obstante, ya existe un vehículo que demuestra que esto es posible, Toyota diseñó y fabricó el Toyota Mirai (Figura 7), un vehículo de última generación que produce cero emisiones combinando hidrógeno y oxígeno para producir energía, en la descripción de su página se puede leer: “El proceso del Mirai consiste en que, al circular el oxígeno que ingresa es purificado en un proceso interno y finalmente expulsa agua por el escape. Lo que hace que este vehículo no emita ninguna sustancia contaminante”. Su tiempo de carga de combustible es de 5 minutos y su costo va desde los 74.200 a 81.200 euros. Toyota. (n.d.). Toyota Mirai <https://toyota.cl/toyota-mirai/> Esto pone en duda su uso en vehículos livianos, ya que estos diseños y tecnologías son de automóviles de lujo. Estudios indican que la accesibilidad en el precio podría mejorar y ser muy económica, pero las grandes inversiones, infraestructuras y tecnologías de última generación lo ponen en duda, al menos, en los primeros años de cambio. Aun así, el hidrógeno sigue siendo una buena opción de combustible, especialmente aprovechando la energía eólica y solar disponible en el país. Puede aplicarse con éxito en camiones mineros o de trabajos pesados, ya que tiene una carga rápida, alta densidad energética y no produce emisiones contaminantes. Además, puede reemplazar el uso de baterías tóxicas en grúas, como se hizo en la región metropolitana, e incluso servir como combustible para otro tipo de maquinarias. El proyecto Hydra propone usar el hidrógeno verde en la minería, y a largo plazo se estima que será más barato que el uso de diésel. Además, el hidrógeno se abre al mundo de los explosivos, el refinamiento de petróleo, los procesos para trabajar el acero, y la exportación de hidrógeno.



Figura 6. Dr. Michael R. Swain, Universidad de Miami, 2001, experimento de fuga de combustibles (hidrógeno comprimido con un sistema de seguridad a la izquierda, auto a gasolina a la derecha)



Figura 7. Toyota. (n.d.). Toyota Mirai <https://toyota.cl/toyota-mirai/>

### ***Motor y Celdas de hidrógeno, ¿Cuál es la diferencia?***

Los motores y celdas (o pilas) funcionan con hidrógeno, pero de maneras distintas, ambas con sus ventajas y desventajas.

Por un lado, están los motores de combustión interna de hidrógeno, que funcionan de manera muy similar a los motores convencionales de combustibles fósiles. En el motor se quema el hidrógeno junto con el oxígeno, así se genera energía térmica con vapor de agua como subproducto, esta energía térmica hace que se expandan los gases generados, de esta forma el gas empuja un pistón, transformando la energía térmica en energía mecánica. Y por otro lado se encuentran las celdas o pilas de hidrógeno, estas son celdas individuales

que contienen hidrógeno y a través de una reacción química junto con el oxígeno producen electricidad, en el interior se separan los protones de los electrones, que viajan y generan la electricidad que alimenta al motor eléctrico y su subproducto es agua. Los vehículos con celdas de hidrógeno son considerados vehículos eléctricos.

En ambos hay que tener puntos importantes a considerar:

El **motor de combustión de hidrógeno** (Figura 8) cuenta con una tecnología muy similar a la que estamos acostumbrados con los motores convencionales, por lo que la infraestructura es un tema más rápido de resolver y adaptar, es más fácil la aceptación del cambio, esto nos lleva a que también tiene un rápido reabastecimiento, sin tener que contar con tantas tecnologías, junto con esto, los motores a hidrógeno son de potencia inmediata al igual que los motores convencionales, por lo que puede ser usado para maquinaria de alto rendimiento sin tener los graves problemas de contaminación que provocan los otros combustibles. Pero a pesar de que su residuo es vapor de agua el proceso de combustión genera inevitablemente contaminación, aunque en menor medida, genera partículas de óxido de nitrógeno (NOx), además al ser motor de combustión sufre un rápido desgaste, necesitando más mantenimiento y acortando la vida útil en comparación con las celdas de hidrógeno.

Las **celdas de combustibles** (Figura 9) son conocidas por tener un alto nivel de rendimiento y eficiencia, mayor al de los motores a combustión ya que convierten la energía química directamente en electricidad y de manera constante, no produce ningún tipo de contaminante en su uso en ningún grado, solo produce agua, las celdas tiene un menor desgaste que los motores, lo que alarga su vida útil y reduce su mantenimiento. Si a esto le sumamos que el hidrógeno usado es obtenido de fuentes renovables (hidrógeno verde) se convierte en una energía totalmente limpia. Pero requiere costos e inversiones más altos en tecnología, infraestructura y almacenamiento.

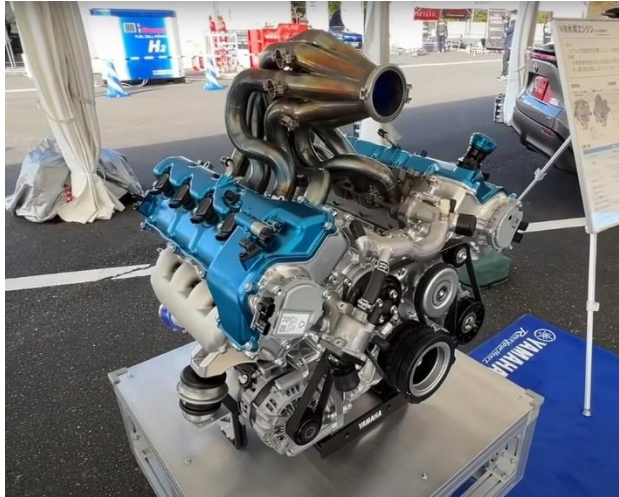


Figura 8. Motorpasión. (2023). *Motor de hidrógeno*. En *Yamaha no renuncia a los motores V8 y desarrolla uno de hidrógeno con 442 CV que sólo emite agua*. Recuperado de <https://www.motorpasion.com/tecnologia/yamaha-no-renuncia-a-motores-v8-desarrolla-uno-hidrogeno-442-cv-que-solo-emite-agua>

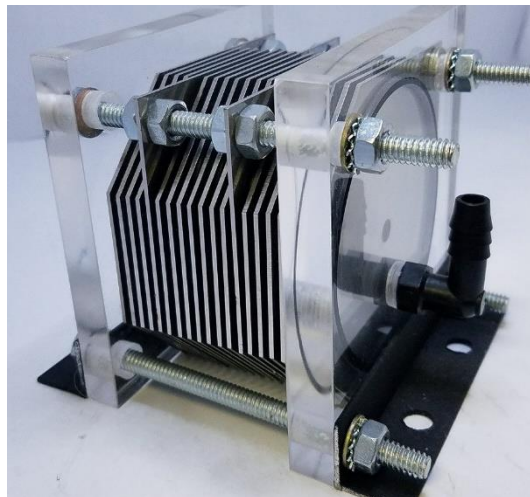


Figura 9. Info T&L. (2023). *Celdas de hidrógeno*. En *Transporte sustentable por celdas de hidrógeno*. Recuperado de <https://www.infotyl.com.ar/transporte-sustentable-por-celdas-de-hidrogeno/>



## Aplicación del hidrógeno en Chile

En Chile, con su abundante energía solar y eólica, hay una oportunidad única para liderar la producción y uso de hidrógeno verde. La primera planta de Hidrógeno Verde a escala industrial en Latinoamérica, ubicada en Quilicura, es un excelente ejemplo de cómo el país puede avanzar en esta área. Proyectos en regiones como Magallanes, Antofagasta y Atacama destacan el potencial para utilizar energía renovable en la producción de hidrógeno. El diseño industrial puede ser el catalizador que facilite esta transición, proporcionando soluciones prácticas que aborden los desafíos técnicos y económicos. Con el apoyo adecuado, Chile tiene el potencial de convertirse en un líder en el uso y exportación de hidrógeno verde, para diversas aplicaciones industriales y energéticas. (Figura 10, 11 y 12)



Figura 10. Ministerio de Energía. (2024). *Proyecto con hidrógeno en el país. En Antofagasta y el futuro del hidrógeno verde en Chile*. Recuperado de <https://energia.gob.cl/noticias/antofagasta/antofagasta-y-el-futuro-del-hidrogeno-verde-en-chile#!>

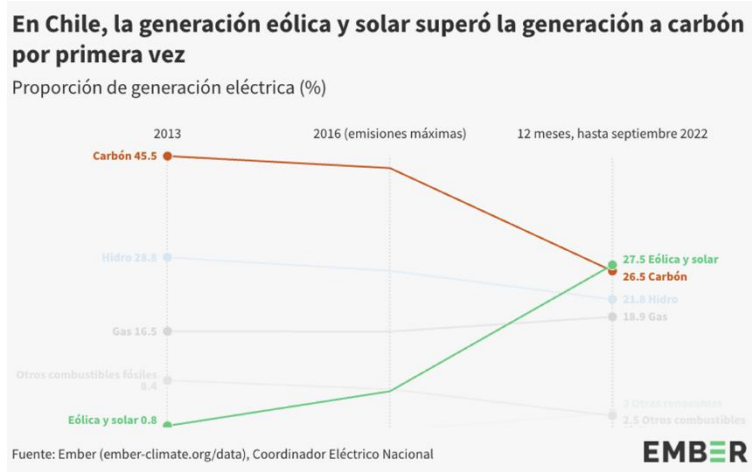


Figura 11. Ember. (2024). *Gráfica energía eólica y solar vs carbón*. En *La energía eólica y solar superan al carbón en Chile*. Recuperado de <https://ember-energy.org/app/uploads/2024/10/Ember-Espanol-La-energia-eolica-y-solar-superan-al-carbon-en-Chile.pdf>

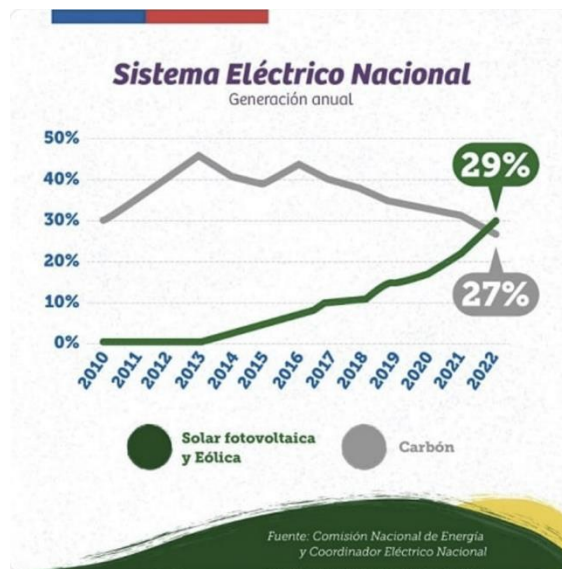


Figura 12. Portal Minero. (2024). *Gráfica sistema eléctrico nacional*. En *Chile avanza en su camino hacia la descarbonización de la matriz energética*. Recuperado de <https://www.portalminero.com/wp/chile-avanza-en-su-camino-hacia-la-descarbonizacion-de-la-matriz-energetica/>

## **Embarcaciones**

### **Propuesta en embarcaciones.**

En el mundo automotriz podemos encontrar 1.500 millones de vehículos circulando en el mundo, incluyendo autos, camiones y buses. En Chile al día se estima que circulan 5,5 millones de vehículos, y solo en la región metropolitana circulan un aproximado de 2 millones de vehículos terrestres al día, la cantidad de accidentes de tránsito en Chile varía en 218 por día, siendo entre 4 y 5 las víctimas fatales diarias. El hidrógeno, a pesar de sus buenas cualidades como combustible limpio, renovable y su alto potencial energético, no hay que olvidar que es un gas altamente volátil y en un ambiente tan congestionado como lo es en vehículos terrestres un choque grave podría ser fatal, no solo por la magnitud del choque, si no que aún no tenemos la tecnología para que el motor quede intacto o no exista la posibilidad de una explosión. Si bien una fuga no provoca riesgos, un choque de alto impacto sí podría.

Por esta razón se propone su uso en embarcaciones, los vehículos marinos son una buena opción para esta transición de combustibles, el tránsito en el mar es altamente regulado y los accidentes de colisiones rara vez ocurren y son de baja magnitud, por lo que queda fuera de riesgo. Por otro lado, la contaminación de petróleo en mares por accidentes es de hasta 10 mil toneladas al año, contaminando y eliminando todo tipo de flora y fauna marina, actualmente, ya se vé en cifras como han disminuido y han sido afectadas las diferentes especies, tanto así que los mariscos han reducido su tamaño y valor nutricional, afectando su reproducción.

### **Innovación actual en embarcaciones con hidrógeno**

Teniendo en cuenta los puntos mencionados anteriormente, la transición hacia combustibles limpios en el ámbito marítimo es una necesidad urgente, y el hidrógeno se presenta como una opción altamente acertada. Este combustible, cuyo único residuo es agua, ofrece mayor potencia, y como se evidencia en casos como el montacargas de NIKE“ H<sub>2</sub> Barge 1” (Figura 13), reduce significativamente los costos de mantenimiento y reparación. Se estima que el uso de este tipo de embarcaciones disminuirá en 2.000 toneladas las emisiones de CO<sub>2</sub> al año.



Figura 13. Vadebarcos. (2024). *H2 Barge 1, NIKE*. En *El H2 Barge 1: El primer carguero fluvial en el mundo propulsado por hidrógeno*. Recuperado de <https://vadebarcos.net/2024/03/30/el-h2-barge-1-el-primero-carguero-fluvial-en-el-mundo-propulsado-por-hidrogeno/>

Otro ejemplo destacado es la lancha Chase Zero (Figura 14), desarrollada en Nueva Zelanda, que opera con celdas de hidrógeno. Esta embarcación de apoyo alcanza una velocidad máxima de 50 nudos y, a velocidad de crucero, tiene un alcance de 150 millas náuticas. Con 10 metros de eslora, puede transportar hasta 6 personas y una carga adicional de 250 kg.



El Figura 14. Español. (2022). En *Chase Zero, el catamarán de hidrógeno para la Copa América de Barcelona*. Recuperado de [https://www.lespanol.com/omicron/tecnologia/20220424/chase-zero-catamaran-hidrogeno-copa-america-barcelona/664683730\\_0.html](https://www.lespanol.com/omicron/tecnologia/20220424/chase-zero-catamaran-hidrogeno-copa-america-barcelona/664683730_0.html)

Asimismo, destaca el barco japonés HydroBingo (Figura 15), lanzado en 2021, que utiliza una mezcla de hidrógeno y gasolina, convirtiéndose en uno de los pioneros en integrar hidrógeno en el ámbito marítimo.



Figura 15. Volvo Penta. (2023, junio). HydroBingo. En *Volvo Penta y CMB.Tech colaboran para alimentar el primer ferry comercial impulsado por hidrógeno del mundo*. Recuperado de <https://www.volvopenta.com/about-us/news-page/2023/jun/volvo-penta-and-cmb-tech-collaborate-to-power-the-worlds-first-hydrogen-fueled-commercial-ferry/>

También, está Elektra (Figura 16), una embarcación desarrollada en Alemania, lanzada en 2021. Es el primer remolcador que funciona exclusivamente con hidrógeno, marcando un hito en la transición hacia tecnologías marítimas sostenibles. “Con 750 kg de hidrógeno gaseoso utilizable a una presión de 500 bar a bordo y una capacidad de batería de 2.500 kilovatios hora, el buque tiene una autonomía de aprox. 400 kilómetros. En las rutas comerciales de Berlín Rin/Ruhr, Hamburgo y Szczecin, solo se necesita una estación costera adicional para abastecer al Elektra con hidrógeno y electricidad. Tanto en Westhafen de Berlín como en el puerto de Lüneburg, las primeras estaciones costeras para los tanques de hidrógeno y de corriente de carga entrarán en funcionamiento en 2023.” (Diario de Transporte. (2022). *Berlín prueba Elektra, el primer remolcador a hidrógeno*. Recuperado de <https://www.diariodetransporte.com>)





Figura 16. Sector Marítimo. (n.d.). *Elektra*. En *Remolcador de empuje*. Recuperado de <https://sectormaritimo.es/remolcador-de-empuje>

## La navegación actual en Chile

Chile cuenta con 6.435 kilómetros de costa a lo largo del Océano Pacífico, lo que le otorga una ubicación estratégica con un gran potencial económico. Es uno de los 10 países pesqueros más importantes del mundo, con 56 puertos dedicados a la pesca, la acuicultura, el turismo, y la exportación e importación de bienes. Además, existen alrededor de 450 caletas pesqueras artesanales distribuidas a lo largo del país. Dada la importancia de su costa, Chile tiene una oportunidad única para aprovechar su potencial, especialmente considerando su geografía privilegiada. Esto convierte a la región en un excelente nicho para promover el uso de energías limpias, asegurando la protección de nuestras costas mientras se optimiza su aprovechamiento.

En los últimos años, el mundo naval chileno ha experimentado un notable impulso, destacándose por la reciente fabricación del rompehielos (Figura 17), el primero en América Latina. Este logro demuestra la capacidad del país para innovar y explotar este sector, promoviendo así el desarrollo económico y tecnológico de Chile.

# ROMPEHIELOS

## EN CIFRAS

- **334 colaboradores** capacitados (Chile y extranjero)
- **3.300.000** horas/hombre utilizadas
- **600 empleos** de forma directa
- **22 meses** de diseño

- Laboratorios químicos, micro y microbiológicos.
- Elementos para recolección y almacenamiento de muestras.
- Sensores acústicos

Velocidad máxima:  
**15 nudos**



Cubierta de vuelo y hangar.



### Especificaciones técnicas

<b>Capacidad de transporte</b>	<b>86</b> tripulantes	<b>34</b> científicos
<b>400 m3</b> de combustible	<b>400 m3</b> de carga de pallets	<b>19</b> contenedores de 20 pies

Eslora: 111 mts	Manga: 21 mts
Calado: 7,2 mts	
Alcance: 14.000 millas náuticas	Autonomía: 60 días

(Figura 17) ASMAR. (n.d.). [Título de la primera imagen]. En Rompehielos. Recuperado de

<https://www.asmar.cl/rompehielos/>

## **Pesca artesanal chilena**

### **La pesca artesanal chilena, mayor urgencia y utilidad.**

La pesca artesanal en Chile representa aproximadamente un 22% del total de la pesca en el país, es un rubro que se ha transmitido de generación en generación. Sin embargo, su sostenibilidad se ha visto amenazada, ya que muchas embarcaciones cuentan con motores terrestres modificados y no siguen los planos regulados que la marina exige, además de no cumplir con normas básicas de ergonomía. Como resultado, esta actividad ha experimentado una disminución en su efectividad y alcance. A pesar de estos desafíos, la pesca artesanal sigue siendo una fuente de ingreso crucial y constituye un excelente nicho para impulsar cambios y mejorar la infraestructura de las embarcaciones en Chile.

### **Lancha investigada en Tongoy**

*(apuntes a partir de visita a terreno)*

-Lancha pesquera artesanal de 8 a 9 tripulantes. Por normativa la lancha pesquera debe medir hasta 11.99 metros de Eslora, existe un vacío legal en estos momentos sobre la medida de Manga y pronto se negociará cargar más de 23 toneladas en lanchas pesqueras artesanales.

-Por normativa debe contar con 8 camarotes, planos de bodega, cabina y contar con baño químico, pero actualmente no cumplen con todo, se planea regularizar la situación por parte de la marina exigiendo planos completos.

-Las lanchas artesanales más antiguas ya no pueden circular, por no cumplir las normativas básicas actuales

-En la zona de los camarotes está instalado el Sonar para el timonel



## **Puntos a considerar:**

Errores y puntos para mejorar identificados en las lanchas:

Mientras más larga la manga de la embarcación, más estabilidad y mayor capacidad de carga, pero más lejos para atracar y más complejo para descargar.

Mientras más angosta la manga alcanza mayor velocidad, pero pierde estabilidad. Es importante considerar que las redes pueden arrastrar hasta 100 toneladas y la lancha no debe desestabilizarse.

Accidentes comunes en el pasado: volcamiento de la embarcación al subir la carga.

Errores actuales: embarcaciones que no alcanzan la orilla y se debe descargar con lanchas auxiliares.

El espacio en los pasillos se encuentra obstaculizado por varios objetos en la embarcación. Los techos y dimensiones de los espacios de la embarcación para los tripulantes no son ergonómicos.

Anteriormente no se exigían baños, cocina, camarotes, ni planos, hoy por normativa esto se debe cumplir, aunque aún no hay planos completos.

Actualmente los accidentes suelen ser golpes en la cabeza por las malas dimensiones. Los camarotes no permiten estirar el cuerpo y suelen ocurrir accidentes por la baja altura entre ellos.

Se tiene botiquín de primeros auxilios en la pared de la cocina

El timonel no cuenta con suficiente espacio, generando problemas de movilidad en la cabina (Pasillo corto de aprox. 40 cm de ancho).

-Respecto a materiales para la construcción de embarcaciones como lanchas pesqueras y botes auxiliares, la madera, el acero y los materiales compuestos son opciones ampliamente utilizadas. Sin embargo, la madera destaca como una alternativa económica y eficiente, especialmente para embarcaciones pequeñas. Su flexibilidad, capacidad de amortiguar impactos, facilidad de reparación y durabilidad la hacen especialmente atractiva. Por ejemplo, maderas como pino, eucalipto, coigüe y cedro son valoradas por su resistencia y longevidad, permitiendo que lanchas con mantenimiento

regular puedan ser heredadas de generación en generación. Por otro lado, aunque el acero y los materiales compuestos ofrecen mayor resistencia estructural y mejores propiedades frente a la corrosión, suelen implicar costos de producción más elevados debido al precio de las materias primas y los procesos de fabricación más complejos. Estos materiales son

preferidos en aplicaciones donde la alta resistencia mecánica es crucial, pero no compiten en términos de economía con la madera para usos más tradicionales o de menor escala.

Así, mientras la madera sigue siendo la opción más asequible, su uso efectivo depende del mantenimiento adecuado y de tratamientos para mejorar su resistencia al agua y otros factores ambientales.

- Respecto al motor, el consumo promedio es de aproximadamente 18 litros de petróleo por hora. Dentro de la embarcación se encuentran, junto al motor, dos estanques de petróleo con una capacidad máxima de 450 litros cada uno, sumando un total de 900 litros. Esto permite alrededor de 50 horas de uso continuo. Los motores alcanzan una velocidad de 7 nudos (equivalente a unos 13 km/h). Sin embargo, en algunos casos, el ruido del motor puede ahuyentar a los peces.

En cuanto al uso de hidrógeno, este debe igualar o superar en aspectos como rendimiento, costo, almacenamiento y velocidad. Las ventajas actuales del hidrógeno incluyen: evitar derrames de petróleo, menor ruido del motor, fomento de la innovación en la pesca chilena y una ventaja comparativa frente a las lanchas eléctricas. Cabe señalar que el hidrógeno plantea la interrogante de por qué sería preferible frente a las alternativas eléctricas.

El motor posee numerosos sensores que dejan de funcionar si se exponen al agua. Esto es relevante, ya que se reportó una inversión conjunta de 500 millones de pesos por parte de pescadores en una lancha grande con motor eléctrico, actualmente objeto de reclamos para su devolución debido a fallas.

Sobre las especificaciones de la embarcación, no se tienen planos completos ni medidas exactas de espacios como la bodega, área del motor o camarotes. Sin embargo, se estima un peso bruto de 15 toneladas, con el motor pesando 773 kg, y el mástil entre 100 y 500 kg, dependiendo del caso. La carga total permitida es de 23 toneladas para garantizar la seguridad de la embarcación y la tripulación, aunque técnicamente puede soportar hasta 25 toneladas, un parámetro que se está negociando. Al levantar la carga por el costado, se puede generar un peso de hasta 100 toneladas, sumando además otros objetos instalados en la lancha y los 9 tripulantes.

A continuación, se muestran una serie de fotografías de autoría propia mostrando las embarcaciones en Tongoy:



Lancha en construcción



Lanchas en mantención, sacadas con grúa.



Entrada para bajar a zona de motor



Entrada a bodega, por norma se debe tapar para proteger el producto. (Abierta por mantención)



Cabina (cocina, acceso a camarotes en la parte baja y zona del timonel)



Detalles del motor (entregado por el gobierno después del terremoto)  
 Detalles registrados de la lancha vista. (Esolora: 11.98 m, Manga: 4.93 m, Puntal: 1,83 m)

## Marco conceptual

1. **Transición energética:** Proceso de transformación hacia un modelo energético de fuentes renovables y limpias, reemplazando los combustibles fósiles para reducir las emisiones de gases contaminantes, clave en la descarbonización del sector marítimo en Chile.
2. **Descarbonización:** Reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero, para mitigar el cambio climático, especialmente en sectores como el transporte marítimo, que tradicionalmente dependen de combustibles fósiles.
3. **Energías renovables:** Fuentes de energía que se obtienen de recursos naturales inagotables o que se regeneran naturalmente, como la solar, eólica e hidroeléctrica, esenciales para la producción de hidrógeno verde en Chile.
4. **Electrólisis del agua:** Proceso mediante el cual se divide el agua (H<sub>2</sub>O) en hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) usando electricidad, idealmente proveniente de fuentes renovables, para producir hidrógeno verde de manera limpia.
5. **Infraestructura de hidrógeno:** Conjunto de instalaciones necesarias para la producción, almacenamiento, transporte y distribución del hidrógeno, incluidas las estaciones de recarga y las plantas de producción.
6. **Hidrógeno verde:** Hidrógeno producido a través de la electrólisis utilizando electricidad generada por fuentes renovables, sin generar emisiones de CO<sub>2</sub>, siendo una alternativa limpia y sostenible para el sector marítimo y otros sectores industriales en Chile.
7. **Transporte marítimo sostenible:** Uso de tecnologías limpias, como el hidrógeno verde, en el sector marítimo para reducir las emisiones de gases contaminantes y mejorar la eficiencia energética de embarcaciones, contribuyendo a la sostenibilidad del transporte marítimo en Chile.
8. **Desarrollo sostenible:** Modelo de crecimiento económico que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.
9. **Política energética y gubernamental:** Conjunto de medidas y regulaciones adoptadas por el gobierno para fomentar el uso de energías limpias, como el hidrógeno verde, mediante incentivos a la inversión, el desarrollo de infraestructura y la promoción de la sostenibilidad en sectores clave como el marítimo y la industria energética en Chile.

## **Metodología de la investigación**

En este documento se emplearon diversos métodos de investigación para la recolección y el análisis de datos, lo que permitió obtener una visión integral de la temática abordada. Se realizó una combinación de investigación documental, de campo, descriptiva, aplicada y mixta, contribuyendo así a una comprensión más profunda y completa del tema.

## **Herramientas**

Se utilizaron diversas herramientas con el fin de proporcionar una visión clara y amplia sobre el escenario actual y a futuro del uso de hidrógeno como combustible en el contexto chileno.

- **Revisión Bibliográfica:** Utilización de artículos, documentos y noticias para recopilar información teórica y contextual sobre el hidrógeno como combustible, sus aplicaciones, ventajas, desventajas y el estado actual de su desarrollo en Chile y el extranjero.

- **Análisis Comparativo:** Evaluación comparativa de la viabilidad económica y tecnológica del hidrógeno frente a otros tipos de combustibles alternativos.

- **Entrevista a Experto:** Entrevista realizada a Nicolas Fraser, Ingeniero Civil en Energía, especializado en descarbonización, electromovilidad e Hidrógeno Verde

- **Entrevista y visita a Pescador artesanal en Tongoy:** Entrevista realizada a Pedro Barraza, pescador artesanal de Tongoy, dueño de varias embarcaciones medianas (12 metros), junto con la entrevista hubo un recorrido a las lanchas, visitando sus distintas áreas.

## **Fases de la investigación**

-Recolección de datos: Investigación de diferentes combustibles existentes, se definió tema para tratar, pregunta y objetivos.

-Análisis Comparativo: Se realizó un análisis comparativo entre el hidrógeno y otros combustibles alternativos en términos de costo, tecnología y sostenibilidad.

-Revisión de Literatura: Se realizó una amplia búsqueda de artículos académicos, documentos técnicos, noticias, y documentales relevantes para entender el estado del arte y el contexto global y local del hidrógeno como combustible y otras opciones.

-Entrevista a experto: Se llevó a cabo una entrevista con un experto en hidrógeno y energías renovables, para obtener información y una visión más amplia del panorama actual y nacional sobre la viabilidad del hidrógeno en Chile.

-Revisión de Documentación actual en embarcaciones: Se realizó búsqueda de documentación más reciente en embarcaciones y sus problemáticas, incluida la contaminación, la renovación en estructura e innovación tecnológica.

-Entrevista y vista a Pescador artesanal: Ida a terreno a ver las embarcaciones, como las construyen, como están distribuidos sus espacios y materiales utilizados. Además de realizar entrevista a Pescador artesanal dueño de varias embarcaciones medianas.

-Análisis de datos: Se recolectaron y analizaron datos relacionados con la implementación de proyectos de hidrógeno en Chile y en varios países, además de investigar sobre el contexto actual en el área de las embarcaciones.



## **Resultados**

Se evidencia que el hidrógeno es una solución clave y prometedora para descarbonizar el sector marítimo en Chile, aprovechando el potencial en energías renovables que tiene el país. Iniciativas como la planta de hidrógeno en Quilicura y los desarrollos en Magallanes y Antofagasta consolidan a Chile como líder en la transición energética, abriendo oportunidades para la aplicación del hidrógeno en embarcaciones. Estas propuestas de proyectos piloto, junto con incentivos gubernamentales y mayores inversiones, podrían acelerar su competitividad en el sector marítimo, especialmente en el sector de pesca artesanal, que tiene mayor urgencia en cambios e innovación. Aunque los costos actuales de producción y distribución son elevados, el hidrógeno ofrece importantes ventajas a largo plazo, incluyendo mayor eficiencia y menores emisiones. Se espera que con el tiempo los costos disminuyan, facilitando su adopción generalizada.

### **¿Existe aquí una oportunidad de diseño e innovación?**

El cambio hacia embarcaciones que utilizan un nuevo combustible, como el hidrógeno verde, requieren realizar cambios significativos que permitan optimizar su funcionamiento. Esto representa una excelente oportunidad de diseño e innovación, ofreciendo soluciones a los desafíos técnicos y de infraestructura, además de impulsar el desarrollo tecnológico del país.

En este contexto, es fundamental considerar aspectos como la estructura y la capacidad de carga de las embarcaciones actuales, para asegurar una correcta adaptación a las nuevas exigencias del combustible. Igualmente, es importante la ergonomía, enfocándose en la comodidad y eficiencia operativa para quienes las usan. Optimizar la distribución interna y externa de la embarcación permitirá aprovechar mejor el espacio, potenciando el desempeño general.

Todo esto puede lograrse mientras se buscan formas de abaratar costos mediante materiales innovadores y procesos más eficientes, garantizando que las modificaciones no comprometan la velocidad ni la funcionalidad. Al contrario, el desafío es maximizar la potencia y los beneficios que ofrece el hidrógeno verde.

## **Discusión**

Esta transición hacia el uso del hidrógeno en el transporte marítimo chileno presenta tanto oportunidades como desafíos. Si bien países como Noruega y Japón ya han demostrado que las embarcaciones a hidrógeno son viables, Chile enfrenta obstáculos significativos como los costos iniciales, la falta de infraestructura adecuada y los riesgos asociados a la seguridad en el manejo de este combustible. Sin embargo, la extensa costa de Chile y la importancia del sector pesquero y marítimo hacen que la adopción del hidrógeno verde en embarcaciones sea una opción estratégica que podría reducir las emisiones contaminantes y mejorar la sostenibilidad del sector. Para lograr una adopción exitosa, será crucial invertir en infraestructura y en tecnologías que aseguren la seguridad y eficiencia del transporte marítimo con hidrógeno verde.

## **Conclusión**

El uso de hidrógeno como fuente energética es una alternativa prometedora para la descarbonización del sector marítimo en Chile, que cuenta con un gran potencial en energías renovables, especialmente solar y eólica. Iniciativas como la planta de hidrógeno en Quilicura y los proyectos en regiones clave como Magallanes y Antofagasta destacan el compromiso de Chile con la transición energética, posicionándose como un potencial líder en la producción y exportación de hidrógeno. La implementación de este combustible en embarcaciones podría no solo reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino también mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de sectores clave como la pesca artesanal.

No obstante, la adopción del hidrógeno verde enfrenta desafíos, especialmente en términos de costos de producción, infraestructura insuficiente y los requisitos técnicos específicos para su integración en embarcaciones. Para superar estos obstáculos, será crucial fomentar la innovación en el diseño de embarcaciones y la infraestructura asociada, apoyada por inversiones estratégicas y políticas gubernamentales que incentiven su adopción. Es crucial promover una industria más sostenible y contribuyendo a los objetivos globales de descarbonización.

Su implementación exitosa en el sector marítimo podría convertirse en un modelo para otras industrias, consolidando a Chile como un referente en la adopción de energías limpias y en el desarrollo de tecnologías sustentables.

## Referencias bibliográficas:

Alcalde, S. (Enero 2023). Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo. National Geographic.

[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo\\_14897](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897)

Volkswagen. (n.d.). Combustibles sintéticos: Producción, ventajas y desventajas.

<https://www.volkswagen.es/es/revista/innovacion/combustibles-sinteticos-produccion-ventajas-desventajas.html>

Bartlett, J. (Diciembre 2022). Chile apuesta al hidrógeno verde. Fondo Monetario Internacional FyD. <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/12/country-case-chile-beton-green-hydrogen-Bartlett>

García Bernal, N. (Septiembre 2021). Industria del hidrógeno verde: Costos de producción. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32538/1/BCN\\_Hidrogeno\\_verde\\_Costos\\_de\\_produccion\\_Sept21.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32538/1/BCN_Hidrogeno_verde_Costos_de_produccion_Sept21.pdf)

World Economic Forum. (Mayo 2024). El 85% oculto: Cómo hacer que el hidrógeno sea rentable. <https://es.weforum.org/agenda/2024/05/el-85-oculto-como-hacer-que-el-hidrogeno-sea-rentable/>

DatacenterDynamics. (n.d.). Se inaugura en Chile la primera planta de hidrógeno verde de uso industrial de Latinoamérica. <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/se-inaugura-en-chile-la-primer-planta-de-hidr%C3%B3geno-verde-de-uso-industrial-de-latinoam%C3%A9rica/>

Engie. (n.d.). Presidente Boric inaugura parque de baterías de almacenamiento más grande de América Latina. <https://www.engie.cl/presidente-boric-inaugura-parque-de-baterias-de-almacenamiento-mas-grande-de-america-latina/>

H2 Chile. (Enero 2022). Hydra: Socios de H2 Chile integran consorcio de proyecto pionero para el uso de hidrógeno verde en minería. <https://h2chile.cl/2022/01/hydra-socios-de-h2-chile-integran-consorcio-de-proyecto-pionero-para-el-uso-de-hidrogeno-verde-en-mineria>

Toyota Chile. (s.f.). *Toyota Mirai*. Recuperado de <https://toyota.cl/toyota-mirai/>

Ministerio de Energía. (s.f.). *Antofagasta y el futuro del hidrógeno verde en Chile*. Recuperado de <https://energia.gob.cl>.

Ministerio de Energía. (s.f.). *Mapa del Hidrógeno Verde en Chile* [PDF]. Recuperado de <https://energia.gob.cl>.

Ministerio de Energía. (2020). *Informe Balance Nacional de Energía 2020*. Recuperado de <https://energia.gob.cl>.

Ministerio de Energía (2020) *Estrategia Nacional de hidrógeno verde*. Recuperado de [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

Generadoras de Chile. (s.f.). *Hidrógeno Verde*. Recuperado de <https://generadoras.cl>.

Ministerio de Energía. (s.f.). Según estudio del Ministerio de Energía: Región de Magallanes podría llegar a producir el 13% de hidrógeno verde del mundo con energía eólica. Recuperado de <https://energia.gob.cl>.

La Tercera. (s.f.). Región de Magallanes podría llegar a producir el 13% de hidrógeno verde del mundo con energía eólica. Recuperado de <https://latercera.com>.

Portal Minero. (s.f.). *Chile avanza en su camino hacia la descarbonización de la matriz energética*. Recuperado de <https://portalminero.com>.

Volvo Penta. (s.f.). *Volvo Penta powers world's first hydrogen ferry*. Recuperado de [Volvo Penta powers world's first hydrogen ferry | Volvo Penta](#)

Revista Ingeniería Naval. (s.f.). Elektra es el primer remolcador de empuje libre de emisiones. Recuperado de [Berlín prueba Elektra, el primer remolcador a hidrógeno](#).

(s.f.). Berlín prueba Elektra, el primer remolcador a hidrógeno. Recuperado de [Elektra es el primer remolcador de empuje libre de emisiones - Revista Ingeniería Naval](#)

Va de Barcos. (s.f.). *El H<sub>2</sub> Barge 1, el primer carguero fluvial en el mundo propulsado por hidrógeno*. Recuperado de [El H<sub>2</sub> Barge 1, el primer carguero fluvial en el mundo propulsado por hidrógeno | VA DE BARCOS](#)

(s.f.). Chase Zero, catamarán de hidrógeno que estará en la Copa América de Barcelona. Recuperado de [Así es Chase Zero, el catamarán de hidrógeno que estará en la Copa América de Barcelona](#)

Cooperativa. (s.f.). *Cómo será la primera locomotora con hidrógeno verde de Chile*. Recuperado de <https://cooperativa.cl>.

Asmar. (s.f.). *Proyecto Rompehielos*. Recuperado de [Proyecto Rompehielos - Asmar](#)

(s.f.). *Hydrogen fuel cells and combustion engines*. Recuperado de [Hydrogen fuel cells and combustion engines](#)

DeMotor. (s.f.). *Funcionamiento de los motores de hidrógeno: pila y combustión*. Recuperado de <https://demotor.net>.

LibreTexts Español. (s.f.). *21: Derrames de petróleo*. Recuperado de <https://es.libretexts.org>.

YouTube. (s.f.). HydroBingo. Recuperado de <https://youtu.be/WQdsWQxvR4U>.

Eshidrógeno. (s.f.). *Buque de hidrógeno*. Eshidrógeno. Recuperado el 29 de noviembre de 2024, de <https://eshidrogeno.com/buque-de-hidrogeno/>

Exponav. (s.f.). *El hidrógeno en el ámbito marítimo: posibilidades del buque de hidrógeno*. Exponav. Recuperado el 29 de noviembre de 2024, de <https://exponav.org/blog/puertos-y-buques/el-hidrogeno-en-el-ambito-maritimo-posibilidades-del-buque-de-hidrogeno/>

González, I. (2024). *Evaluación del hidrógeno como combustible en Chile* [Seminario I]. Universidad de Chile, Santiago.

OpenAI. (2024). ChatGPT. *Apoyo de ortografía y redacción*. Recuperado el 29 de noviembre de 2024, de <https://chat.openai.com>

Seminario de licenciatura II

"Viabilidad del Hidrógeno verde como combustible en embarcaciones desarrolladas en Chile"

Isidora González Hernández

Profesor guía: Osvaldo Zorzano

Diseño industrial

Universidad de Chile

29/11/2024