

## ESTUDIOS DE CASO

# MODELOS DE NEGOCIO DE HIDRÓGENO VERDE EN LATINOAMÉRICA

3.

PRODUCCIÓN  
DE AMONÍACO VERDE  
A GRAN ESCALA  
EN MAGALLANES.

Esta publicación forma parte de las actividades del proyecto “Avanzando un Enfoque Regional hacia la Economía del Hidrógeno Verde en América Latina y el Caribe” (H2 ¡Vamos! / H2 Go!), una iniciativa liderada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y financiada por el Fondo Verde para el Clima. El proyecto busca fortalecer las capacidades regionales para impulsar una economía del hidrógeno verde justa, inclusiva y sostenible.

## CONTENIDO

---

1. Resumen Ejecutivo	3
2. Contexto y Antecedentes	3
3. Descripción del Proyecto	4
4. Uso de la tecnología	4
5. Propuesta de Valor	7
6. Proyectos Similares en América Latina y Adaptación Regional	8
7. Segmento de Mercado	9
8. Actividades Clave	10
9. Socios Clave	14
10. Resultados y Beneficios	15
11. Estructura de Costos	16
12. Estructura de Financiamiento	16
13. Fuentes de Ingresos	17
14. Lecciones Aprendidas	17
15. Conclusiones	19
16. Fuentes	20

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

En 2024, Chile reafirma su liderazgo en la economía del hidrógeno verde con el desarrollo del HNH Energy Project, ubicado en la Región de Magallanes. Este proyecto, liderado por AustriaEnergy, Ökowind y Copenhagen Infrastructure Partners (CIP), tiene como objetivo producir 1,3 millones de toneladas anuales de amoníaco verde mediante el uso de hidrógeno generado a partir de energía eólica y agua obtenida de la desalación de agua de mar [1], [2]. Con una inversión estimada para la primera fase de USD 11.000 millones, el proyecto busca satisfacer la creciente demanda global de productos químicos sostenibles, particularmente en mercados como Europa y Asia [2]. Este esfuerzo combina recursos naturales excepcionales, tecnologías avanzadas y un entorno político favorable, posicionando a Chile como un referente global en la descarbonización industrial [3].

# 2. CONTEXTO Y ANTECEDENTES

La producción de amoníaco convencional es responsable del 2% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, debido al uso intensivo de gas natural como insumo energético. Ante este desafío, el hidrógeno verde emerge como una alternativa sostenible y eficaz para descarbonizar este sector. Chile, con su excepcional potencial para la generación de energía renovable, especialmente eólica, está en una posición privilegiada para liderar esta transición. La Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, en particular, ofrece condiciones únicas, como vientos constantes con velocidades promedio superiores a 10 m/s, lo que la convierte en un sitio ideal para proyectos de esta magnitud. En este contexto, este proyecto se enmarca dentro del Plan Nacional de Hidrógeno Verde de Chile, adoptado en 2020, que establece metas claras para posicionar al país como uno de los principales exportadores de hidrógeno verde a nivel mundial [3], [4].



### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto HNH Energy está localizado en la comuna de San Gregorio, 120 km al norte de la ciudad de Punta Arenas, en la Región de Magallanes, y se centra en la construcción de un parque eólico de 1,4 GW para alimentar sistemas de electrólisis avanzados y las necesidades de energía del proyecto en un esquema off-grid. Estos electrolizadores generarán hidrógeno verde, que será sintetizado en amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch. Con una inversión total estimada de USD 11.000 millones en una primera etapa, este proyecto aspira a convertirse en uno de los mayores productores de amoníaco verde a nivel global. Luego de completar las dos etapas de desarrollo, se estima una producción de 1,3 millones de toneladas anuales de amoníaco verde. Los productos están destinados principalmente a mercados internacionales, especialmente en Europa y Asia, donde existe una alta demanda de insumos sostenibles [1], [2].



### 4. USO DE LA TECNOLOGÍA

El proyecto HNH Energy utiliza energía eólica de alta eficiencia generada en la Región de Magallanes para producir hidrógeno verde mediante un proceso de electrólisis. Este hidrógeno es transformado en amoníaco verde, un insumo clave para la descarbonización de industrias químicas, agrícolas, de generación de energía y marítimas. A continuación, se detalla cada etapa del proceso:

#### PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE

##### 1. Generación de Energía Renovable

- ▶ El proyecto cuenta con un parque eólico de 1,4 GW de capacidad instalada, ubicado estratégicamente en la comuna de San Gregorio, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, donde los vientos tienen velocidades promedio superiores a 10 m/s. Esta ubicación garantiza un suministro constante y confiable de electricidad limpia.
- ▶ Las turbinas eólicas están diseñadas para operar bajo las condiciones extremas de la región, con sistemas avanzados que maximizan la generación de energía en entornos de alta variabilidad climática [1], [2].

## 2. Purificación y Preparación del Agua

- ▶ Antes del proceso de electrólisis, el agua pasa por sistemas de purificación que incluyen ósmosis inversa y electrodeionización (EDI) para garantizar la eliminación de impurezas.
- ▶ La planta desaladora asociada al proyecto producirá 175 l/s de agua desalada, cantidad requerida por el proceso.

## 3. Electrólisis:

- ▶ Los electrolizadores, del tipo alcalino, con una capacidad total de 1000 MW en su fase inicial, dividen el agua en hidrógeno y oxígeno utilizando electricidad.
- ▶ Este sistema opera con una eficiencia del 70–75 %, generando cerca de 850 toneladas diarias de hidrógeno verde [1].

## 4. Purificación del Hidrógeno:

- ▶ El hidrógeno producido se purifica mediante catalizadores DeOxo y sistemas de separación avanzada, asegurando la eliminación de trazas de oxígeno, agua y otros elementos.
- ▶ Este paso es esencial para producir el hidrógeno que cumple con las especificaciones técnicas necesarias para la síntesis de amoníaco.

# SÍNTESIS Y PRODUCCIÓN DE AMONÍACO VERDE

## 1. Captura de Nitrógeno:

- ▶ El nitrógeno necesario para la producción de amoníaco es obtenido del aire utilizando sistemas criogénicos y de tamizado de alta eficiencia, logrando una pureza del 99.9%.
- ▶ Estos sistemas permiten una integración con los procesos de síntesis posteriores, asegurando la sustentabilidad de los procesos.

## 2. Reacción Haber-Bosch:

- ▶ El hidrógeno verde y el nitrógeno purificado se combinan en reactores Haber-Bosch diseñados para operar con el hidrógeno producido por electrólisis.
- ▶ Los reactores funcionan a presiones de 150–200 bar y temperaturas de aproximadamente 400 °C, utilizando catalizadores de hierro modificados.
- ▶ Los gases no convertidos en cada ciclo son reciclados mediante compresores avanzados, optimizando la eficiencia del proceso y minimizando pérdidas [1].

## 3. Almacenamiento y Transporte:

- ▶ El amoníaco producido es almacenado en tanques criogénicos diseñados para mantener temperaturas de hasta -33 °C a presión atmosférica, asegurando la conservación del producto en estado líquido.
- ▶ El proyecto HNH Energy considera la implementación de un terminal portuario privado, de uso público, con sistemas de carga automatizados que facilitan la exportación del amoníaco verde hacia mercados internacionales como Europa y Asia [1], [2].

# BENEFICIOS OPERATIVOS Y AMBIENTALES

## 1. Reducción de Emisiones:

- ▶ La sustitución del gas natural por hidrógeno verde permitirá eliminar hasta 1,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales en la producción tradicional de amoníaco.

## 2. Eficiencia Energética:

- ▶ La integración de energía eólica producida en Magallanes asegura costos competitivos y un suministro sostenible.

## 3. Escalabilidad:

- ▶ La infraestructura modular bajo la cual está concebido el proyecto HNH Energy permite la ampliación futura de la capacidad de producción adicionando 2 GW de electrólisis y 2 millones de toneladas anuales de amoníaco verde.



## INNOVACIONES CLAVE EN EL PROYECTO

### 1. Control Digital Avanzado:

- ▶ Sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real optimizan la eficiencia energética y garantizan el cumplimiento de los estándares de calidad.

### 2. Integración con Energías Renovables:

- ▶ La electricidad generada por el parque eólico se conecta directamente con los sistemas de electrólisis, eliminando intermediarios y maximizando la sostenibilidad. El diseño del proyecto considera una operación off grid, en la cual la energía utilizada en la operación, renovable en su totalidad, es enteramente producida por el mismo proyecto.

### 3. Cumplimiento Normativo:

- ▶ El proyecto está propuesto sobre la base del cumplimiento de los más altos estándares de calidad y normas internacionales, facilitando la aceptación en mercados regulados. Como nueva industria, en forma paralela los distintos mercados están desarrollando normativa específica para el amoníaco verde, la cual está siendo considerada y adoptada en el desarrollo del proyecto.

## 5. PROPUESTA DE VALOR

---

El proyecto HNH Energy contribuye en forma directa a posicionar a Chile como un líder mundial en la descarbonización de la industria química, al ofrecer amoníaco verde que reduce en un 90 % las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción convencional de este compuesto. Este proyecto no solo contribuye a los objetivos globales de reducción de emisiones establecidos por el Acuerdo de París, sino que también satisface la creciente demanda internacional de insumos químicos sostenibles, particularmente en Europa y Asia, donde las regulaciones ambientales son estrictas [3], [4].

Además, el proyecto busca fomentar el desarrollo económico regional al generar aproximadamente 4.000 empleos directos durante su etapa de construcción y cerca de 1.000 durante la operación. La integración de energía eólica local garantiza costos competitivos a largo plazo, fortaleciendo la competitividad de Chile como exportador de productos sostenibles. Finalmente, la infraestructura modular permite una escalabilidad eficiente, asegurando que el proyecto pueda crecer para satisfacer la demanda futura del mercado global [1], [2].

## 6. PROYECTOS SIMILARES EN AMÉRICA LATINA Y ADAPTACIÓN REGIONAL

El proyecto HNH Energy es un ejemplo emblemático de la capacidad de América Latina para desarrollar proyectos de amoníaco verde a gran escala, aprovechando recursos renovables abundantes y condiciones geográficas favorables. Sin embargo, este no es un caso aislado. Varios países de la región han comenzado a explorar y desarrollar iniciativas similares, ajustadas a sus respectivos mercados y realidades económicas.

Uno de los casos más destacados es el proyecto Marengo I en México, desarrollado por Hy2gen en conjunto con MexCo y el programa H2-Uppp de la GIZ. Con una inversión estimada de 1,100 millones de dólares, este proyecto planea producir 170,000 toneladas de amoníaco verde al año utilizando energía eólica y solar en el estado de Campeche. A diferencia del modelo chileno, que se enfoca en la exportación a mercados asiáticos y europeos, Marengo I tiene el potencial de abastecer la industria mexicana de fertilizantes, reduciendo la dependencia del país en importaciones de insumos agrícolas [5].

En Colombia, el Distrito de Barranquilla y la empresa Monómeros han establecido una alianza para producir amoníaco verde con el objetivo de descarbonizar la producción de fertilizantes y fortalecer el sector agrícola. Si bien el proyecto se encuentra en una etapa preliminar, resalta la creciente demanda de soluciones sostenibles dentro del mercado latinoamericano [6].

Chile, además del proyecto HNH Energy, alberga otros desarrollos que refuerzan su posicionamiento en el sector del hidrógeno y el amoníaco verde a gran escala. El proyecto de hidrógeno y amoníaco verde de MAE y la alianza entre Glenfarne Energy Transition y Samsung Engineering son iniciativas que buscan consolidar a Chile como un proveedor clave de combustibles y químicos sostenibles. Asimismo, la empresa Statkraft Chile ha obtenido cofinanciamiento para estudios de hidrógeno y amoníaco verde, demostrando que el país sigue avanzando en su estrategia de descarbonización [1].

Estos ejemplos muestran que el desarrollo de amoníaco verde en América Latina no está limitado a grandes proyectos de exportación como HNH Energy. Existen oportunidades para adaptar estos modelos a diferentes escalas, desde iniciativas masivas orientadas a la exportación hasta desarrollos locales más pequeños que pueden abastecer industrias nacionales o regionales, especialmente en el sector agrícola, de energía u otros.





En países como Honduras o El Salvador, donde la infraestructura energética y la capacidad de inversión son menores, un enfoque viable podría ser la creación de plantas modulares de producción de hidrógeno y amoníaco verde, escalables en función de la demanda local. Este tipo de proyectos podría ser respaldado por incentivos gubernamentales y financiamiento internacional, similar a los esquemas implementados en Chile y México.

***El análisis de estos proyectos en América Latina permite identificar oportunidades para la replicabilidad y escalabilidad del modelo de HNH Energy, promoviendo el hidrógeno verde como una alternativa viable para la industria química y agrícola, y de generación de energía en la región. Al mismo tiempo, resalta la necesidad de adaptar estos desarrollos a las realidades económicas, energéticas y logísticas de cada país, garantizando su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.***

## 7. SEGMENTO DE MERCADO

---

El mercado objetivo del proyecto HNH Energy incluye una combinación de clientes locales e internacionales, centrados en sectores clave que requieren amoníaco verde para descarbonizar sus operaciones. A continuación, se describen los principales segmentos de mercado:

### 1. Industrias Químicas:

- ▶ Europa y Asia representan los principales mercados internacionales debido a su alta demanda de productos químicos sostenibles, como fertilizantes y precursores químicos para la industria agrícola y manufacturera.
- ▶ Empresas que buscan alternativas bajas en carbono para cumplir con estrictas regulaciones ambientales, como el mecanismo de ajuste de carbono en frontera de la Unión Europea, son clientes prioritarios [3], [4].

### 2. Agricultura:

- ▶ El amoníaco verde es un insumo clave para la producción de fertilizantes sostenibles, altamente demandados en mercados agrícolas de Europa, Asia y América del Norte.
- ▶ A nivel local, el proyecto puede abastecer a empresas agroindustriales chilenas, fomentando prácticas agrícolas sostenibles y reduciendo la huella ambiental del sector agrícola nacional.

### 3. Sector Minero en Chile:

- ▶ Las empresas mineras locales, que representan un sector prioritario para la descarbonización, podrían beneficiarse del uso de amoníaco verde y otros derivados del hidrógeno para reducir su huella de carbono.
- ▶ Sin embargo, la ubicación del proyecto HNH Energy en Magallanes plantea desafíos logísticos para abastecer a la zona minera de Antofagasta, una región donde se concentra la mayor parte de la actividad minera de Chile. Esta distancia supone un costo adicional en transporte y almacenamiento en comparación con productores de hidrógeno verde que puedan establecerse más cerca de las operaciones mineras en el norte del país.

### 4. Certificados de Carbono:

- ▶ Además de la venta directa de amoníaco verde, el proyecto generará ingresos adicionales mediante la comercialización de certificados de carbono en mercados internacionales, particularmente en Europa, donde los precios del carbono están en constante alza [4].

### 5. Diversificación de Usos del Amoníaco Verde:

- ▶ A mediano plazo, el amoníaco verde producido por el proyecto también podría ser empleado como combustible marítimo en buques de carga. Este mercado emergente tiene el potencial de reducir significativamente las emisiones en el sector del transporte marítimo, consolidando aún más la relevancia global de Magallanes como un hub de energía verde.

## 8. ACTIVIDADES CLAVE

---

El éxito del proyecto HNH Energy se basa en la planificación estratégica y la ejecución de actividades clave que abarcan desde estudios preliminares de ingeniería, desarrollo de robustas líneas base medioambientales, hasta la implementación de infraestructura y la optimización operativa. Además, el proyecto ya obtuvo la aprobación de las concesiones marítimas necesarias para el puerto de importación y exportación y la planta desaladora. Sin embargo, uno de los mayores desafíos que enfrenta el proyecto es el proceso de aprobación ambiental. A continuación, se detallan las actividades y fases del proyecto, incluyendo estas consideraciones críticas.

## FASE 1: ESTUDIOS DE VIABILIDAD Y PLANIFICACIÓN (2020-2024)

### 1. Estudios de Impacto Ambiental (EIA):

- ▶ El proyecto presentó su EIA en Julio de 2024, y recibió 1.700 cuestionamientos por parte de la autoridad ambiental chilena junto con la ciudadanía. Estos cuestionamientos incluyen la solicitud de aclaraciones e información complementaria sobre el impacto en la biodiversidad local, el uso de recursos hídricos y el efecto en las comunidades cercanas.
- ▶ La empresa está trabajando en resolver estos cuestionamientos mediante la aclaración de los contenidos del EIA, la proposición de medidas adicionales de mitigación y un enfoque de sostenibilidad ambiental más robusto.
- ▶ La ubicación estratégica en Magallanes aprovecha los recursos eólicos de alta calidad, pero también implica desafíos logísticos y ambientales debido a la biodiversidad sensible y la existencia de áreas protegidas cercanas.
- ▶ Se han realizado estudios específicos de línea base ambiental para asegurar que el proyecto no afecte áreas prioritarias para la conservación, ajustando la ubicación de las instalaciones del proyecto y la infraestructura asociada con el fin de compatibilizar y alinear el desarrollo del proyecto con las condiciones ambientales locales [1], [2].

### 2. Análisis Técnico y Económico:

- ▶ Validación de tecnologías como los electrolizadores alcalinos a presión y los reactores Haber-Bosch.
- ▶ El proyecto considera la implementación de su propio puerto con el fin de contar con una solución de exportación de amoníaco en la zona de San Gregorio para HNH y proyectos de terceros [1].

### 3. Construcción de Alianzas Estratégicas:

- ▶ Acuerdos con socios internacionales y locales para garantizar la compra del amoníaco, el financiamiento, la provisión de tecnologías avanzadas y la integración con mercados internacionales.

## FASE 2: CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA (2027-2031)

### 1. Parques Eólicos:

- ▶ Instalación inicial de turbinas con una capacidad total de 1,4 GW, diseñadas específicamente para operar en condiciones extremas de Magallanes.
- ▶ Ajustes en la ubicación de las turbinas basados en los hallazgos de los estudios de impacto ambiental [1].

### 2. Electrolizadores y Planta de Síntesis:

- ▶ Instalación de sistemas de electrólisis con capacidad inicial de 1000 MW.
- ▶ Instalación de reactores para la síntesis de amoníaco, con un diseño que optimiza la eficiencia energética.

### 3. Infraestructura Logística:

- ▶ Desarrollo de terminales portuarias y tanques criogénicos para el almacenamiento seguro de amoníaco y su posterior exportación hacia mercados internacionales.

## FASE 3: PRUEBAS Y OPERACIÓN INICIAL (2031-2032)

### 1. Validación de Sistemas:

- ▶ Pruebas integrales de los sistemas de generación eólica, electrólisis, síntesis de amoníaco y logística de transporte.
- ▶ Ajustes en los procesos operativos para optimizar la eficiencia y garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales.

### 2. Capacitación de Personal:

- ▶ Formación especializada para los operarios y técnicos encargados de la operación y mantenimiento de las tecnologías avanzadas.

## FASE 4: EXPANSIÓN Y ESCALAMIENTO (2032-2036)

### 1. Ampliación de Capacidad:

- ▶ Incremento de la capacidad instalada de electrólisis a 2 GW y la producción de amoníaco verde a 1,3 millones de toneladas anuales.
- ▶ Expansión de los parques eólicos y de la infraestructura logística con el fin de asegurar el suministro de energía al proyecto [2].

### 2. Desarrollo de Nuevos Mercados:

- ▶ Diversificación del mercado objetivo, incluyendo aplicaciones del amoníaco verde como combustible marítimo, generación de energía, y en sectores industriales emergentes [4].

## PROCESO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

La aprobación del EIA es uno de los desafíos críticos para el avance del proyecto. Las observaciones realizadas por la autoridad ambiental reflejan la complejidad y sensibilidad del entorno de Magallanes [1], [2]. Entre los principales aspectos señalados están:

- 1. Impacto en la Biodiversidad:** La región alberga ecosistemas únicos que requieren medidas estrictas para minimizar la afectación a especies protegidas.
- 2. Uso de Recursos Hídricos:** La disponibilidad de agua desmineralizada para la electrólisis es un tema prioritario, especialmente en una región con recursos limitados.
- 3. Relación con Comunidades Locales:** Las comunidades cercanas en general han manifestado su apoyo a la instalación de la industria, a la que ven como una oportunidad de crecimiento y desarrollo, junto a la creación de oportunidades para una mejor calidad de vida. Junto con ello, han expresado sus inquietudes sobre el impacto del proyecto en su entorno y modo de vida con el fin de compatibilizar el desarrollo sostenible de los proyectos con su existencia.

Para abordar estas preocupaciones, el proyecto ha adoptado medidas como:

- 1. Ajuste en el Diseño:** definición del proyecto y sus instalaciones y rutas de acceso para evitar áreas sensibles.

**2. Mitigación Ambiental:** Implementación de programas de monitoreo continuo de la fauna local y creación de áreas de conservación ambiental en las cuales se promueva la reproducción de especies vulnerables.

**3. Diálogo Comunitario:** Establecimiento de mesas de trabajo continuas, con comunidades locales para asegurar su participación en el desarrollo del proyecto.

## 9. SOCIOS CLAVE

---

El éxito del proyecto depende de una colaboración estratégica entre diversos actores clave, incluyendo:

**1. Consorcio Europeo:** Liderado por AustriaEnergy, Oekowind, y Copenhagen Infrastructure Partners, responsables del financiamiento y gestión del proyecto [1], [2].

**2. Gobierno de Chile:** Desarrollo de infraestructura habilitante para la implementación de la industria, creación de incentivos fiscales, apoyo regulatorio y facilitación de la integración del proyecto en el marco del Plan Nacional de Hidrógeno Verde [3].

**3. Organismos internacionales:** El BID, instituciones multilaterales de crédito, el Fondo Verde para el Clima y otros actores han ofrecido financiamiento inicial y asistencia técnica [6].

**4. Proveedores tecnológicos:** Empresas proveedoras de equipos y tecnología que proporcionan soluciones avanzadas para la electrólisis y la síntesis de amoníaco entre otros.

**5. Clientes internacionales:** Empresas de generación de energía, transporte marítimo, químicas y agrícolas en Europa y Asia, que aseguren contratos de largo plazo para la compra del amoníaco verde producido [4].





## 10. RESULTADOS Y BENEFICIOS

---

Aunque el proyecto está aún en una etapa temprana de desarrollo, se proyectan resultados e impactos significativos:



### 1. Ambientales:

- ▶ Reducción de 5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales al operar a plena capacidad, contribuyendo directamente a los objetivos de carbono neutralidad [1], [4].
- ▶ Uso exclusivo de energía eólica, eliminando la dependencia de combustibles fósiles.
- ▶ Creación de áreas para la conservación de la biodiversidad [2].



### 2. Económicos:

- ▶ Generación de ingresos anuales estimados en USD 500 millones producto de la exportación de amoníaco verde.
- ▶ Atracción de inversión extranjera directa, con un monto total estimado de USD 11.000 millones [1], [2].
- ▶ Generación de encadenamientos secundarios que promuevan el desarrollo de la industria local de productos y servicios.



### 3. Sociales:

- ▶ Creación de 4.000 empleos directos durante la construcción y cerca de 1.000 puestos de trabajo durante la operación [2].
- ▶ Capacitación de la fuerza laboral local en tecnologías avanzadas, aumentando la competitividad de la región.
- ▶ Desarrollo del ecosistema local de empresas proveedoras y apoyo a iniciativas de desarrollo de la comunidad local.

## 11. ESTRUCTURA DE COSTOS

---

El proyecto está siendo desarrollado considerando dos etapas para su implementación, maximizando la eficiencia financiera y operativa, con los siguientes componentes principales:

### INVERSIÓN INICIAL (2027-2031): USD 11.000 MILLONES

1. **Parques eólicos:** destinados a la instalación de turbinas eólicas con una capacidad inicial de 1,4 GW.
2. **Electrolizadores** para la implementación de sistemas de electrólisis de gran escala.
3. **Planta de síntesis de amoníaco:** utilizando reactores Haber-Bosch, unidades separadoras de aire para la producción de nitrógeno, y sistemas de reciclaje de gases.
4. **Infraestructura logística:** terminales portuarias, tanques criogénicos y sistemas de transporte, junto con áreas de almacenamiento general [1], [2].

### PROYECCIÓN DE EXPANSIÓN (2031-2036): USD 2.500 MILLONES

5. **Ampliación de parques eólicos** hasta una capacidad total de 3.5 GW.
6. **Incremento de la capacidad** de producción de amoníaco verde a 1,3 millones de toneladas totales anuales [2].

## 12. ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

---

El modelo financiero combina diversas fuentes para asegurar la estabilidad económica del proyecto:

1. **Inversiones privadas:** Aportadas principalmente por AustriaEnergy, Okowind, y Copenhagen Infrastructure Partners, cubriendo los costos iniciales de desarrollo del proyecto [1], [2].
2. **Financiamiento bancario:** Créditos a largo plazo proporcionados por bancos internacionales y organismos multilaterales, con tasas preferenciales bajo un esquema de Project Financing.

## 13. FUENTES DE INGRESOS

---

El proyecto HNH Energy considera la posibilidad de contar fuentes de ingresos que garanticen la sostenibilidad financiera del proyecto y el servicio de la deuda, considerando que su principal ingreso está dado por la exportación del amoníaco verde. Las principales fuentes de ingresos son las siguientes:

### 1. Exportación de Amoníaco Verde:

- ▶ El amoníaco verde producido está dirigido principalmente a mercados internacionales, con foco en Europa y Asia, donde se proyecta que exista una alta demanda de este insumo [2], [4].

### 2. Ingresos por Servicios Logísticos:

- ▶ La infraestructura logística desarrollada en Magallanes, incluyendo la implementación de terminales portuarias dedicados, permitirá la prestación de servicios de importación y exportación a terceros, generando ingresos complementarios [1].

## 14. LECCIONES APRENDIDAS

---

El desarrollo del proyecto HNH Energy ha puesto de manifiesto importantes lecciones que pueden guiar futuros proyectos de hidrógeno verde a gran escala, tanto en Chile como en otros países. Estas lecciones incluyen:

### 1. Colaboración Público-Privada:

La coordinación entre el proyecto con el gobierno, tanto a nivel nacional como regional, organismos internacionales y socios tecnológicos ha sido clave para identificar desafíos regulatorios, financieros y tecnológicos. La alineación de los objetivos nacionales con los intereses privados ha permitido crear un entorno favorable para la implementación del proyecto [1], [3].

## **2. Importancia del Ordenamiento Territorial:**

La ubicación estratégica en Magallanes aprovecha recursos eólicos excepcionales, pero también enfrenta desafíos ambientales. La necesidad de resolver las observaciones al EIA subraya la importancia de planificar desde el inicio con un enfoque ambiental y socialmente responsable. [2].

## **3. Capacitación y Desarrollo de Capacidades:**

La inversión en formación de la fuerza laboral local no solo fortalece las operaciones del proyecto, sino que también contribuye al desarrollo regional y crea un modelo replicable para otras regiones. [1].

## **4. Flexibilidad y Adaptación Tecnológica:**

La selección de tecnologías avanzadas como la utilizada en los aerogeneradores, los electrolizadores y los reactores Haber-Bosch, junto con el monitoreo en tiempo real, permite ajustar los sistemas para maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental.

## **5. Desafíos Logísticos y Competitivos:**

La falta de infraestructura logística en la región ha significado que HNH deba considerar sus propias soluciones, entre ellas un puerto de importación y exportación. Además, la distancia desde Magallanes a los distintos mercados de destino plantea costos adicionales que son compensados por los bajos costos de producción del amoníaco gracias a las favorables condiciones locales. Este desafío debe abordarse con una estrategia logística eficiente y acuerdos comerciales sólidos. [1], [2].

## **6. Importancia de los Mercados Internacionales:**

La demanda de insumos sostenibles en mercados como Europa y Asia es un motor clave para la viabilidad del proyecto. Sin embargo, esto también implicará la necesidad de cumplir con estrictas normativas internacionales, lo que requiere obtener certificaciones y mantener estándares de calidad elevados. [4].

## 15. CONCLUSIONES

---

El proyecto HNH Energy representa un avance significativo en la transición energética de Chile y su posicionamiento como líder global en la producción de hidrógeno y amoníaco verde. Este proyecto no solo aprovecha los recursos eólicos excepcionales de Magallanes, sino que también establece un modelo replicable de innovación tecnológica, colaboración público-privada y sostenibilidad financiera. [1], [3].

- 1. Contribución al Medio Ambiente:** Con una reducción proyectada de 5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, el proyecto contribuye directamente a los objetivos climáticos globales y posiciona a Chile como un actor clave en la lucha contra el cambio climático [1], [4].
- 2. Desarrollo Económico:** La inversión de USD 11.000 millones y la creación de hasta 4.000 empleos directos en la etapa de construcción, destacan su impacto positivo en la economía regional y nacional, atrayendo inversiones internacionales y fortaleciendo la infraestructura industrial de Chile. [2]
- 3. Retos y Oportunidades:** A pesar de los desafíos relacionados con el ordenamiento territorial y la logística, el proyecto demuestra cómo una planificación estratégica y el uso de tecnologías avanzadas en etapas tempranas de desarrollo, pueden superar estas barreras. Además, abre la puerta a nuevas oportunidades en mercados internacionales y aplicaciones emergentes del amoníaco verde [2], [4].

***En conclusión, el proyecto HNH Energy sienta las bases para el desarrollo de una economía sostenible basada en el hidrógeno verde, estableciendo un precedente para futuros proyectos en Chile y en todo el mundo.***

## 16. FUENTES

---

[1] AustriaEnergy, “Informe corporativo y avances del proyecto HNH”, 2024. [Online]. Available: <https://www.austriaenergy.com/en/home/>

.....

[2] J. Atchison, “AustriaEnergy: Chilean mega-project nears final approvals”, Ammonia Energy, Aug. 13 2024. [Online]. Available: <https://ammoniaenergy.org/articles/austriaenergy-chilean-mega-project-nears-final-approvals/>

.....

[3] Ministerio de Energía de Chile, “Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde”, 2020. [Online]. Available: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

.....

[4] International Energy Agency, “Global Hydrogen Review 2024”, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>

.....

[5] Hy2gen AG, “Hy2gen announces renewable ammonia plant in Mexico”, Ammonia Energy (Jul. 24 2023). [Online]. Available: <https://ammoniaenergy.org/articles/hy2gen-announces-new-ammonia-project-in-mexico/>

.....

[6] Monómeros, “Alianza para producción de amoníaco verde en Colombia”, 2024. [Online]. Available: <https://www.monmeros.com.co/>

.....



