



# Hubs industriales adyacentes al H2V y derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena

Marzo de 2025



Edición:  
Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40  
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:  
Team Europe Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Marchant Pereira 150  
7500654 Providencia  
Santiago • Chile  
T +56 22 30 68 600  
I www.giz.de

Responsable:  
George Cristodorescu

En coordinación:  
Ministerio de Energía de Chile  
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II  
Santiago de Chile  
T +56 22 367 3000  
I www.energia.gob.cl

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción:  
ISBN: 978-956-8066-66-6. Primera edición digital: marzo 2025  
Cita:

Título: Hubs industriales adyacentes al H2V y derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena  
Autor(es): GIZ, Grupo Singular SpA  
Revisión y modificación: Patricia Calisto, Rowena Moreno (CORFO), Rodrigo Carreño, Belén Pílares (GIZ).  
Edición: Rodrigo Carreño (GIZ).  
Santiago de Chile, 2025.  
199 páginas  
Hidrógeno –Hubs Industriales – Energías renovables - Magallanes



Aclaración:  
Esta publicación ha sido preparada por encargo del Proyecto “Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile”, el cual es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK). La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH es una de las agencias implementadoras de la presente iniciativa y el Ministerio de Energía de Chile es la institución contraparte. Sin perjuicio de lo anterior, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWK.  
Santiago de Chile, 21 de abril de 2021.

## **Resumen ejecutivo**

### **Introducción y contexto**

El presente estudio se enmarca en el contexto global y nacional de la transición energética, un proceso acelerado por la necesidad de descarbonizar las matrices energéticas y productivas, y de impulsar un desarrollo socioeconómico sostenible. Chile, comprometido con la carbono neutralidad al 2050, ha establecido una serie de políticas y estrategias para fomentar el uso de energías renovables, entre las cuales destaca el desarrollo de la industria del hidrógeno verde (H2V) y sus derivados. Este sector no solo promete reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino también transformar la economía nacional, especialmente en regiones con ventajas comparativas como Magallanes.

La región de Magallanes, con su vasto potencial eólico y condiciones geográficas únicas, se posiciona como un polo estratégico para la producción de H2V. Este estudio, financiado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania, busca evaluar la viabilidad de implementar un Hub industrial adyacente a los Hubs o valles de H2V en Magallanes, atrayendo o relocalizando industrias que utilicen energía renovable y derivados del H2V, y promoviendo un desarrollo económico sostenible y descentralizado.

### **Objetivos del estudio**

El objetivo general del estudio es evaluar la viabilidad conceptual de implementar un Hub industrial en Magallanes, adyacente a los proyectos de H2V y sus derivados, con el fin de diversificar la economía regional y aprovechar las ventajas competitivas de la zona. Los objetivos específicos incluyen actualizar el diagnóstico del contexto socioeconómico, demográfico e industrial de Magallanes; caracterizar industrias con potencial de adoptar energía renovable y H2V, identificando aquellas con mayor viabilidad para relocalizarse en el Hub; evaluar la viabilidad técnica y económica de casos concretos de industrias con potencial de instalarse en el Hub; y proponer recomendaciones para la promoción de Hubs industriales en la región, basadas en el uso de energía renovable y H2V.

### **Metodología**

El estudio se desarrolló a través de la revisión documental de políticas, estrategias y estudios previos sobre transición energética, H2V y desarrollo regional; el levantamiento de información primaria a través de más de 40 entrevistas con actores clave del sector público, privado, academia y sociedad civil; la identificación de oportunidades en sectores con potencial de integración en el Hub, como transporte marítimo, generación de energía, agricultura y servicios tecnológicos; la construcción de tres escenarios prospectivos (inicial, intermedio y avanzado) para proyectar la disponibilidad de insumos y demanda potencial; la validación con expertos mediante metodología Delphi para priorizar sectores estratégicos; el análisis de experiencias exitosas en países como Nueva Zelanda, Irlanda, Singapur

e Islandia; y el diseño de medidas para fortalecer la competitividad regional y facilitar la materialización de inversiones.

### **Principales hallazgos y oportunidades**

La región de Magallanes cuenta con condiciones naturales excepcionales para la producción de energía eólica, clave para la generación de H2V. Se han identificado más de 14 proyectos de H2V en la región, con una inversión estimada de 60 billones de dólares y una capacidad eólica de 30 GW. El Estrecho de Magallanes ofrece ventajas logísticas únicas para el transporte marítimo internacional, reduciendo tiempos y costos en comparación con rutas alternativas.

El amoníaco y el metanol verdes emergen como combustibles indispensables para la descarbonización del transporte marítimo, con reducciones de emisiones de entre un 90% y un 100%. Magallanes podría posicionarse como un hub estratégico para el bunkering de combustibles limpios, aprovechando su ubicación geográfica y recursos energéticos.

La disponibilidad de energía renovable a bajo costo (US\$33-40/MWh) convierte a Magallanes en una región altamente competitiva para la instalación de data centers. Sin embargo, se requiere mejorar la redundancia de la conectividad de fibra óptica para garantizar la estabilidad del servicio.

Los beneficios de la Zona Franca Remota, como la exención del IVA y del impuesto a la primera categoría, pueden reducir forma relevante los costos de producción y operación. Es necesario modernizar y extender los incentivos tributarios actuales para atraer inversiones a largo plazo.

### **Conclusiones, recomendaciones y propuestas para el desarrollo productivo**

La industria del H2V y sus derivados representa una oportunidad histórica para transformar la economía de Magallanes, una región que actualmente contribuye con solo el 0,8% del PIB nacional. Sin embargo, para materializar este potencial, es esencial abordar desafíos críticos en infraestructura y regulación. A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones, junto con propuestas concretas para impulsar el desarrollo socio-productivo de la región:

1. Fortalecimiento y desarrollo de infraestructura habilitante: Magallanes requiere un sistema portuario de clase mundial que permita la recalada de buques de gran envergadura y facilite la exportación de H2V y derivados. Además, es prioritario mejorar la conectividad digital mediante la instalación de un segundo y tercer cable de fibra óptica, garantizando redundancia y estabilidad en el servicio. Estas inversiones no solo apoyarán la industria del H2V, sino que también atraerán sectores complementarios, como data centers y transporte marítimo.

2. Modernización del marco regulatorio: Para atraer inversiones a largo plazo, es fundamental simplificar y agilizar los procesos de evaluación ambiental y permisos sectoriales. Además, se deben extender y alinear los incentivos tributarios, como la

Zona Franca Remota, la Ley Austral u otras, para ofrecer un entorno atractivo y predecible a los inversionistas. Un marco regulatorio moderno y eficiente es clave para reducir los costos y plazos asociados a la implementación de proyectos.

3. Gobernanza y participación comunitaria: El éxito de la transición energética en Magallanes depende de una gobernanza inclusiva y participativa. Fortalecer iniciativas como el Pacto de Magallanes y el programa Transforma H2V, promoviendo la participación temprana de las comunidades locales, seguirá siendo fundamental para asegurar un desarrollo armónico y sostenible. La creación de un Consejo Regional para el Desarrollo Productivo Sostenible, que articule los intereses públicos, privados y comunitarios, puede ser un paso relevante en esta dirección.

4. Diversificación productiva y formación de capital humano: La atracción de industrias complementarias, como data centers y transporte marítimo, puede crear un ecosistema industrial integrado que maximice los beneficios de la industria del H2V. Paralelamente, es crucial fomentar la formación de capital humano y la innovación tecnológica en sectores estratégicos, asegurando que la población local esté preparada para los empleos del futuro.

5. Descentralización y autonomía regional: Agilizar la discusión y promulgación de la Ley de Rentas Regionales es fundamental para fortalecer la autonomía fiscal de Magallanes. Además, la creación de un Servicio Regional de Energía, que actúe como ventanilla única para los inversionistas, puede agilizar la implementación de proyectos y mejorar la coordinación entre los actores involucrados.

6. Integración portuaria y logística: Un plan de manejo marítimo-portuario que optimice el uso de los puertos y fomente la especialización en combustibles limpios es esencial para consolidar a Magallanes como un nodo logístico estratégico. Este plan debe considerar la aglomeración de proyectos y la colaboración público-privada para maximizar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones.

7. Incentivos fiscales y tributarios: Para aprovechar al máximo los beneficios de las leyes especiales, es necesario modernizar y extender la proyección de los incentivos tributarios actuales. Esto incluye la unificación de criterios, la ampliación de la superficie beneficiada y la extensión de la vigencia de normativas como la Ley Austral y la Ley Navarino. Estas medidas pueden atraer inversiones cuantiosas y consolidar a Magallanes como un destino atractivo para la industria del H2V y sectores complementarios.

Magallanes enfrenta una oportunidad única para posicionarse como un líder global en la producción de H2V y derivados, pero este potencial solo se materializará si se superan los desafíos críticos en infraestructura, regulación e incentivos para la atracción de inversiones.

La ubicación extrema de la región a menudo vista como un obstáculo, debe ser reinterpretada como una ventaja estratégica. Su posición geográfica le permite ofrecer soluciones logísticas diferenciadas en el transporte marítimo internacional,

además de contar con condiciones óptimas para la producción de energía renovable a bajo costo.

Si Magallanes quiere consolidarse como un referente global en la transición energética, no puede depender solo de sus ventajas naturales. Se requiere una acción estratégica, coordinada y ambiciosa. Este estudio representa una oportunidad que incorpora medidas concretas para asegurar que la región no solo aproveche su potencial, sino que logre convertirlo en un polo de desarrollo económico, diversificado y sostenible con impacto a nivel nacional e internacional.

## Tabla de contenido

1.	<i>Antecedentes de contexto</i>	13
1.1.	La transición energética y socio ecológica justa	13
1.2.	La industria del hidrógeno verde y sus derivados	14
1.3.	Iniciativas y esfuerzos para la implementación de la industria	14
2.	<i>Objetivos y Metodología del estudio</i>	17
2.1.	Objetivos	18
2.2.	Metodología del estudio	18
2.2.1.	Revisión y sistematización de antecedentes	19
2.2.2.	Levantamiento de información primaria	19
2.2.3.	Identificación de oportunidades sectoriales	19
2.2.4.	Construcción de escenarios de disponibilidad de insumos	20
2.2.5.	Validación con panel de expertos	20
2.2.6.	Estudios de casos y benchmark internacional	20
2.2.7.	Diseño de medidas estratégicas	20
3.	<i>Antecedentes de la actividad productiva</i>	21
3.1.	Nivel nacional	21
3.2.	Región de Magallanes y de la Antártica Chilena	24
3.2.1.	Antecedentes socio económicos	25
3.2.2.	Incentivos y leyes de exención tributaria	35
3.2.3.	Análisis de infraestructura existente y proyectada en el territorio	36
4.	<i>Proceso productivo del H2V e insumos potencialmente disponibles</i>	40
5.	<i>Usos finales del hidrógeno verde y sus derivados</i>	42
5.1.	Áreas de mayor competitividad y probabilidad de adopción temprana del H2V	44
5.2.	Usos finales por tipo de sector	49
5.2.1.	Usos o aplicaciones en el sector industrial	49
5.2.2.	Usos o aplicaciones en transporte:	56
5.2.3.	Usos o aplicaciones para la generación de energía	64
5.2.4.	Usos o aplicaciones en el sector agrícola	66
5.2.5.	Usos o aplicaciones en servicios tecnológicos.	69
6.	<i>Sistematización de entrevistas realizadas</i>	69
6.1.	Estado actual de la industria	70
6.2.	Desafíos tecnológicos y de competitividad	71
6.3.	H2 gris aún con alta demanda y H2 azul como el combustible de transición más próximo.	72
6.4.	Mercados regulados y mercados voluntarios: Oportunidades para el H2V	73
6.5.	Oportunidades que se visualizan para el desarrollo regional y la transformación productiva en el territorio.	74

<b>7. <i>Análisis de oportunidades de desarrollo para hubs industriales adyacentes al H2V.</i></b> .....	<b>76</b>
7.1.    Fabricación de explosivos.....	76
7.2.    Producción de fertilizantes .....	77
7.3.    Uso de oxígeno industrial.....	77
7.4.    Producción de acero .....	78
7.5.    Data centers .....	79
7.6.    Refinerías y transformación de hidrocarburos .....	80
7.7.    Producción y distribución de gas y e-GL .....	80
7.8.    Producción de cemento y hormigón .....	81
7.9.    Ganadería ovina .....	82
7.10.    Agricultura .....	82
7.11.    Servicios de bunkering.....	83
7.12.    Transporte de pasajeros .....	84
7.13.    Salmonicultura.....	84
7.14.    Captura de carbono a través de biomasa y recuperación de bosques.....	85
<b>8. <i>Proyección de insumos producidos por la industria</i></b> .....	<b>86</b>
8.1.    Generación eléctrica .....	87
8.2.    Producción de hidrógeno verde.....	88
8.3.    Producción de agua.....	89
8.4.    Producción de amoníaco verde.....	90
8.5.    Producción de combustibles sintéticos .....	91
<b>9. <i>Selección de los sectores de interés</i></b> .....	<b>91</b>
<b>10. <i>Transporte marítimo y bunkering como hub potencial de desarrollo</i></b> .....	<b>92</b>
10.1.    Determinación de la ruta logística.....	93
10.2.    Pasos estratégicos y corredores verdes.....	94
10.3.    Chile y el Estrecho de Magallanes  .....	95
10.4.    Magallanes como región turística y de acceso a la Antártica .....	98
10.5.    Puertos de Magallanes y nuevas infraestructuras proyectadas.....	103
10.6.    El abastecimiento de combustibles para buques o bunkering .....	105
10.7.    Bunkering en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena .....	111
10.8.    Análisis de modelos de suministro considerando tasa de transferencia .....	113
10.9.    Equipamiento requerido para diferentes modelos de bunkering .....	114



10.10.	Implicancias de abastecer combustibles para buques en el territorio .....	116
10.11.	Servicios adicionales al bunkering .....	119
10.12.	Consideraciones de seguridad según tipo de combustible .....	120
11.	<i>Data centers como hub potencial de desarrollo</i> .....	120
11.1.	Contextualización internacional.....	121
11.2.	Contextualización nacional .....	122
11.3.	Factores que determinan la instalación de data centers .....	124
11.4.	Atributos de Magallanes para la recepción de estas instalaciones .....	125
11.5.	Proyección de costo de electricidad de un data center en Magallanes.....	128
11.6.	Implicancias adicionales de establecer data centers en el territorio .....	130
12.	<i>Hubs industriales a nivel internacional: Casos de éxito y buenas prácticas</i> .	132
12.1.	El caso de Nueva Zelanda .....	132
12.2.	El caso de Singapur .....	134
12.3.	El caso de Irlanda .....	135
12.4.	El caso de Islandia.....	137
12.5.	Rankings de países analizados en el contexto internacional.....	138
13.	<i>Desafíos y oportunidades para la implementación de los hubs industriales adyacentes al H2V en Magallanes</i> .....	140
14.	<i>Propuestas para el desarrollo productivo y la conformación de hubs industriales</i> .....	143
15.	<i>Referencias</i> .....	152
16.	<i>Anexos</i> .....	164
16.1.	Anexo 1: Detalle antecedentes económicos por cada región.....	164
16.2.	Anexo 2: Incentivos y leyes de exención tributaria .....	193
16.3.	Anexo 3: Lista de personas entrevistadas .....	197
16.4.	Anexo 4: Panel de personas expertas .....	198

## Índice de figuras

Figura 1. Producto interno bruto de Chile. Referencia 2018, PIB a precios corrientes.....	21
Figura 2. Cantidad de empresas por rubro económico año 2022 - Chile .....	22
Figura 3. Ventas por rubro económico año 2022 - Chile .....	22
Figura 4. Distribución de empleo por rubro económico y por sexo año 2022 - Chile .....	23
Figura 5. Exportaciones no cobre - no litio, año 2023 - Chile .....	23
Figura 6. Evolución Producto Interno Bruto de Magallanes (precios corrientes, series empalmadas, referencia 2018).....	26
Figura 7. Evolución PIB en regiones sin Metropolitana .....	27
Figura 8. Evolución PIB de Magallanes por actividades económicas (precios corrientes, series empalmadas, referencia 2018).....	28
Figura 9. Evolución de cantidad de empresas por tamaño .....	28
Figura 10. Evolución de ventas según tamaño de empresa .....	29
Figura 11. Cantidad de empresas por sector económico al año 2023.....	30
Figura 12. Ventas en UF por rubros económicos al año 2023 .....	31
Figura 13. Evolución exportaciones 2010 - 2024.....	31
Figura 14. Distribución de empleo por sexo y sector al año 2022.....	32
Figura 15. Cantidad de trabajadores de los principales sectores al trimestre septiembre, octubre y noviembre de 2024 .....	33
Figura 16. Evolución trimestral del empleo en Magallanes.....	34
Figura 17. Evolución ocupados e informales .....	34
Figura 18. Niveles de pavimentación por región al año 2022 .....	39
Figura 19. Proceso productivo para la obtención de hidrógeno verde y sus derivados.....	41
Figura 20. Proyección de demanda global de hidrógeno y combustibles basados en hidrógeno, según tipos de usos, para la carbono neutralidad al 2050 .....	43
Figura 21. Prioridad de utilización de hidrógeno v/s electrificación directa .....	44
Figura 22. Proyección sobre el uso del H2V y derivados por sectores al 2050 .....	45
Figura 23. Proyecciones comparadas de demanda del hidrógeno al 2050 .....	46
Figura 24. Áreas de competencia del hidrógeno verde y derivados con otras tecnologías ....	46
Figura 25. Costo nivelado de producción de H2 según tecnología al 2021, 2022 y en el escenario de Emisiones Netas Zero (NZE) al 2050. ....	47
Figura 26. Curva de costos para la producción de hidrógeno en todos los segmentos .....	48
Figura 27. Centros portuarios de energía limpia .....	49
Figura 28. Producción mundial de amoníaco y urea entre 2009 y 2020 .....	50
Figura 29. Representación porcentual de vehículos con celdas de combustible respecto del total a nivel mundial.....	58
Figura 30. Categorización de camiones según los tipos de licencias de conducir .....	60
Figura 31. Esquema de los movimientos de carga de un puerto, las zonas de actividad y el equipo típico de manipulación de carga. ....	62
Figura 32. Esquema de la calefacción domiciliar impulsada por electricidad o hidrógeno. 65	
Figura 33. Suministro anual global de energía a redes de calefacción urbana.....	66
Figura 34. Valor de la industria de los fertilizantes en cuanto a consumo .....	67
Figura 35. Valor de la industria de los fertilizantes en cuanto a producción. ....	67
Figura 36. Capacidad eólica instalada proyectada .....	87
Figura 37. Estimación proyectada de generación eléctrica .....	88
Figura 38. Proyección de producción de hidrógeno verde .....	88
Figura 39. Proyección de demanda de agua extraída .....	89
Figura 40. Proyección de demanda de agua desalinizada .....	90

Figura 41. Proyección estimada de producción de amoníaco verde .....	90
Figura 42. Acuerdo de países para el comercio del transpacífico .....	96
Figura 43. Tránsito total interoceánico de naves mayores por el Estrecho de Magallanes ....	97
Figura 44. Principales rutas y puertos más importantes a nivel global .....	97
Figura 45. Comparativa ruta de navegación desde el Sur de Brasil a Shanghai.....	98
Figura 46. Evolución de recaladas de cruceros en puertos chilenos.....	99
Figura 47. Evolución de cantidad de cruceristas en puertos chilenos.....	100
Figura 48. Comparativa cantidad de recaladas de cruceros en Patagonia .....	100
Figura 49. Comparativa cantidad de cruceristas en Patagonia .....	101
Figura 50. Evolución de la población en la Patagonia Chilena y Argentina.....	102
Figura 51. Consumo de energía en el transporte marítimo internacional por tipo de combustible en el escenario de Cero Emisiones Netas, 2010-2030 .....	107
Figura 52. Proyección de costos de e-fuels y biodiesel considerando cargos por emisiones .....	109
Figura 53. Proyección de costos de amoníaco considerando cargos por emisiones .....	109
Figura 54. Proyección de precios de combustibles por 1.000 GJ .....	117
Figura 55. Mapa de fibra óptica de Chile .....	123
Figura 56. Evolución PIB por sectores región de Arica Parinacota.....	164
Figura 57. Exportaciones región de Arica Parinacota .....	165
Figura 58. Evolución PIB por sectores región de Tarapacá .....	166
Figura 59. Exportaciones región de Tarapacá .....	167
Figura 60. Evolución PIB por sectores región de Antofagasta .....	168
Figura 61. Exportaciones región de Antofagasta .....	169
Figura 62. Evolución PIB por sectores región de Atacama .....	170
Figura 63. Exportaciones región de Atacama.....	171
Figura 64. Evolución PIB por sectores región de Coquimbo.....	172
Figura 65. Exportaciones región de Coquimbo .....	173
Figura 66. Evolución PIB por sectores región de Valparaíso .....	174
Figura 67. Exportaciones región de Valparaíso .....	175
Figura 68. Evolución PIB por sectores región Metropolitana.....	176
Figura 69. Exportaciones región Metropolitana.....	177
Figura 70. Evolución PIB por sectores región de O'Higgins .....	178
Figura 71. Exportaciones región de O'Higgins.....	179
Figura 72. Evolución PIB por sectores región del Maule .....	180
Figura 73. Exportaciones región del Maule .....	181
Figura 74. Evolución PIB por sectores región de Ñuble .....	182
Figura 75. Exportaciones región del Ñuble .....	183
Figura 76. Evolución PIB por sectores región del Biobío .....	184
Figura 77. Exportaciones región del Biobío .....	185
Figura 78. Evolución PIB por sectores región de la Araucanía.....	186
Figura 79. Exportaciones región de la Araucanía .....	187
Figura 80. Evolución PIB por sectores región de Los Ríos .....	188
Figura 81. Exportaciones región de Los Ríos.....	189
Figura 82. Evolución PIB por sectores región de Los Lagos .....	190
Figura 83. Exportaciones región de Los Lagos .....	191
Figura 84. Evolución PIB por sectores región de Aysén .....	192
Figura 85. Exportaciones región de Aysén .....	193

## Índice de tablas

Tabla 1. Población de Magallanes por comunas.....	25
Tabla 2. PIB por regiones y per cápita año 2023.....	26
Tabla 3. Resumen incentivos especiales región de Magallanes.....	35
Tabla 4. Infraestructura marítima existente.....	37
Tabla 5. Infraestructura aeroportuaria existente.....	38
Tabla 6. Infraestructura portuaria proyectada para la industria del H2V.....	39
Tabla 7. Concentraciones de CO2, presión total y principales contaminantes de la corriente, para distintas fuentes puntuales de emisión.....	54
Tabla 8. Comparación entre vehículos HFCV más vendidos.....	58
Tabla 9. Escenarios proyectados.....	86
Tabla 10. Costos de recalada de un buque tipo en puertos de Punta Arenas.....	101
Tabla 11. Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco y metanol.....	110
Tabla 12. Suministro de combustibles Truck-To-Ship EPAustral.....	111
Tabla 13. Cantidad anual de metanol producido por Methanex en Magallanes.....	112
Tabla 14. Tasa de transferencia según modelo de suministro en Magallanes.....	113
Tabla 15. Estructura de costos Ship-To-Ship.....	115
Tabla 16. Estructura de costos Truck-To-Ship.....	116
Tabla 17. Proyección de precios de combustibles en euros por Gigajoules (€/GJ) con y sin beneficios arancelarios de Zona Franca remota.....	117
Tabla 18. Beneficio exención impuesto de 1era categoría combustibles.....	118
Tabla 19. Comparación de características energéticas de combustibles marítimos.....	118
Tabla 20. Factores que determinan el emplazamiento de un data center.....	124
Tabla 21. Conceptos relevantes en electricidad.....	126
Tabla 22. Proyección de coste anual acumulado según tipo de energía.....	129
Tabla 23. Proyección de valor anual acumulado de energía provista con franquicia ZF.....	129
Tabla 24. Beneficio exención impuesto de 1era categoría electricidad.....	129
Tabla 25. Áreas de empleo más demandadas por empresas de data centers.....	130
Tabla 26. Nivel educativo demandado por Data Centers vs promedio Estados Unidos.....	131
Tabla 27. Comparativo entre Irlanda, Singapur y Corea del Sur sobre complejidad económica y PIB per cápita.....	137
Tabla 28. Comparativo de rankings e indicadores globales entre países analizados.....	139
Tabla 29. Cuadro resumen de las propuestas.....	150
Tabla 30. Cantidad de empresas por rubro 2022 Arica Parinacota.....	164
Tabla 31. Ventas por rubro en UF 2022 Arica Parinacota.....	164
Tabla 32. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Arica Parinacota.....	165
Tabla 33. Cantidad de empresas por rubro 2022 Tarapacá.....	166
Tabla 34. Ventas por rubro en UF 2022 Tarapacá.....	166
Tabla 35. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Tarapacá.....	167
Tabla 36. Cantidad de empresas por rubro 2022 Antofagasta.....	168
Tabla 37. Ventas por rubro en UF 2022 Antofagasta.....	168
Tabla 38. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Antofagasta.....	168
Tabla 39. Cantidad de empresas por rubro 2022 Atacama.....	170
Tabla 40. Ventas por rubro en UF 2022 Atacama.....	170
Tabla 41. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Atacama.....	170
Tabla 42. Cantidad de empresas por rubro 2022 Coquimbo.....	172
Tabla 43. Ventas por rubro en UF 2022 Coquimbo.....	172
Tabla 44. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Coquimbo.....	172

Tabla 45. Cantidad de empresas por rubro 2022 Valparaíso .....	174
Tabla 54. Ventas por rubro en UF 2022 Valparaíso.....	174
Tabla 55. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Valparaíso .....	174
Tabla 48. Cantidad de empresas por rubro 2022 región Metropolitana .....	176
Tabla 49. Ventas por rubro en UF 2022 región Metropolitana .....	176
Tabla 50. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región Metropolitana.....	176
Tabla 51. Cantidad de empresas por rubro 2022 región O'higgins .....	178
Tabla 52. Ventas por rubro en UF 2022 región O'Higgins .....	178
Tabla 53. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región O'Higgins .....	178
Tabla 54. Cantidad de empresas por rubro 2022 región del Maule .....	180
Tabla 55. Ventas por rubro en UF 2022 región del Maule .....	180
Tabla 56. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región del Maule .....	180
Tabla 57. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Ñuble.....	182
Tabla 58. Ventas por rubro en UF 2022 región de Ñuble .....	182
Tabla 59. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Ñuble .....	182
Tabla 60. Cantidad de empresas por rubro 2022 región del Biobío .....	184
Tabla 61. Ventas por rubro en UF 2022 región del Biobío.....	184
Tabla 62. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región del Biobío .....	184
Tabla 63. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de la Araucanía.....	186
Tabla 64. Ventas por rubro en UF 2022 región de la Araucanía .....	186
Tabla 65. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de la Araucanía.....	186
Tabla 66. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Los Ríos .....	188
Tabla 67. Ventas por rubro en UF 2022 región de Los Ríos .....	188
Tabla 68. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Los Ríos.....	188
Tabla 69. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Los Lagos.....	190
Tabla 70. Ventas por rubro en UF 2022 región de Los Lagos .....	190
Tabla 71. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Los Lagos .....	190
Tabla 72. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Aysén.....	192
Tabla 73. Ventas por rubro en UF 2022 región de Aysén .....	192
Tabla 74. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Aysén .....	192
Tabla 75. Ley Navarino .....	193
Tabla 76. Ley Tierra del Fuego.....	194
Tabla 77. Ley Austral.....	194
Tabla 78. Ley Zona Franca .....	195
Tabla 79. DFL 15 .....	196
Tabla 80. Bonificación a la mano de obra .....	196
Tabla 81. DL 889 .....	197
Tabla 82. Lista de entrevistados .....	197
Tabla 83. Integrantes panel de expertos.....	198
Tabla 84. Modelo para evaluación de oportunidades.....	199

## **1. Antecedentes de contexto**

El estudio que se presenta a continuación se enmarca en el contexto de la transición energética y la demanda acelerada de producción y consumo de energías renovables que vive el país y el mundo. Para esto se han desplegado esfuerzos transversales, tanto del Estado de Chile como de otras naciones y de entidades internacionales, que buscan no solo descarbonizar las matrices energéticas y productivas, sino que articular estos esfuerzos para que ello implique instaurar un motor de desarrollo socioeconómico que particularmente beneficie a los territorios donde se asienten las industrias productoras (Ministerio de Energía, 2020).

### **1.1. La transición energética y socio ecológica justa**

De acuerdo con la Política Energética Nacional de Chile, “la transición energética es una realidad global marcada por el crecimiento de las energías limpias y el desafío de frenar la crisis climática, donde la innovación tecnológica y las políticas públicas producen una interacción virtuosa de beneficios y oportunidades” (Ministerio de Energía, 2021). De esta manera, a través de la Ley Marco de Cambio Climático n° 21.455, Chile se comprometió con la meta de alcanzar la carbono neutralidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), junto con una mayor resiliencia, al año 2050 mediante la actualización de su Contribución Nacionalmente Determinada (conocida como NDC por su sigla en inglés National Determined Contribution) actualizada el año 2020 (Gobierno de Chile, 2020) y reforzada el año 2022 a través de un anexo que el país incorporó en materia de emisiones de metano (Ministerio del Medio Ambiente, 2022). Entre estos documentos que orienta la acción y se identifican al menos tres directrices en torno a la transición energética y socioecológica justa (concepto definido como el proceso que, a través del diálogo social y el empoderamiento colectivo, busca la transformación de la sociedad en una resiliente y equitativa, que pueda hacer frente a la crisis social, ecológica y climática):

- La transición requiere que en los territorios los sectores productivos sean innovadores y sustentables.
- La transición se debe llevar adelante asegurando trabajo decente, la igualdad de género y la equidad territorial e intergeneracional, la resiliencia climática y la justicia social y ambiental.
- La meta de la transición es el equilibrio ecológico y el bienestar físico, mental y social de las personas.

## **1.2. La industria del hidrógeno verde y sus derivados**

La transición energética se logrará a través de múltiples esfuerzos que combinados permitan alcanzar la meta de la carbono neutralidad. Entre estas acciones a implementar, una que puede jugar un rol significativo es la de la industria del hidrógeno verde (H2V) y sus derivados. En específico, se estima que este sector productivo podría disminuir las emisiones de GEI del país en alrededor de un 21% al año 2050, esto considerando además que el sector energético, al año 2020, es el principal emisor del país con un 51% (SNI Chile, 2024). Adicionalmente, el H2V tiene el potencial, con las condiciones marco adecuadas, de desarrollar nuevos sistemas industriales para luego atraer nuevos sectores intensivos en energía. De esta manera puede contribuir al desarrollo industrial inclusivo y sostenible, puede apoyar el desarrollo de nuevos clústeres de producción e incentivar la integración de procesos productivos bajos en carbono (UNIDO, 2023).

Otro elemento clave a la hora de identificar al sector del H2V y derivados como un área de alto potencial para el desarrollo, son las condiciones naturales con las que cuenta el país y que favorecen la producción de energías renovables. Específicamente, son dos polos los que se posicionan con mayor potencial, en el norte la región de Antofagasta, a través de la energía solar fotovoltaica, y en el extremo sur la región de Magallanes y de la Antártica Chilena por medio de la energía eólica debido a sus fuertes y constantes vientos. En particular, los elementos diferenciadores que presenta la región austral y que la ubican como un polo de potencial global son su factor de planta producto de sus recursos eólicos abundantes; la disponibilidad del recurso hídrico para desalinización, elemento clave en el proceso productivo; su posición estratégica en el Estrecho de Magallanes lo que le permite conectar con rutas marítimas globales hacia los océanos Pacífico y Atlántico; grandes extensiones de terreno considerando que es la región más grande del país y que cuenta con una densidad poblacional de 1,26 habitantes por km<sup>2</sup>; su histórica vocación productiva vinculada a la energía que permitió generar experiencia e infraestructura productiva (plantas químicas, ductos, terminales y muelles) en torno a los hidrocarburos y que impulsó la creación y desarrollo de la Universidad de Magallanes, entidad gravitante en la evolución regional; y las bonificaciones e incentivos tributarios que ostenta el territorio al ser calificado como una zona extrema que demanda regímenes especiales (GIZ, 2023).

## **1.3. Iniciativas y esfuerzos para la implementación de la industria**

Chile ha asumido una serie de compromisos, tanto a nivel nacional como internacional, para impulsar el desarrollo de la industria del H2V y sus derivados. La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde es un plan integral desarrollado por el Estado de Chile con el objetivo de posicionar al país como un líder global en la

producción, exportación y uso de hidrógeno verde. Esta estrategia busca aprovechar las abundantes fuentes de energía renovable que tiene el país, como la solar y la eólica, para producir hidrógeno verde de manera sostenible y competitiva. Esta estrategia tiene como objetivos principales producir el hidrógeno verde más barato del planeta para 2030, estar entre los 3 principales exportadores para 2040 y contar con 5 GW de capacidad de electrólisis en desarrollo al 2025. En cuanto a los pilares que la sustentan se encuentran: Política orientada por misión; Uso equilibrado de recursos y territorio; Nueva economía de exportación limpia; Apertura internacional; Ruta eficiente a un país cero emisiones; Hidrógeno verde como motor de desarrollo local. Cabe destacar la visión particular que la estrategia otorga al desarrollo social y territorial al alero de esta nueva industria, promoviendo un crecimiento descentralizado con atención a las características particulares de cada zona y de sus comunidades, asegurando participación temprana y continua, promoviendo el uso de energías renovables para complementar o reemplazar energías de origen fósil y evaluando las oportunidades y desafíos para el ordenamiento del territorial (Ministerio de Energía, 2020).

Para consolidar la industria del H2V como una política de Estado, se convocó un comité integrado por referentes de diversos sectores quienes pudieran brindar una visión transversal y que trascienda en el tiempo. Este organismo tuvo como propósito discutir y acordar imágenes objetivo en cinco dimensiones claves: ambiental; internacional; económica; capital humano y desarrollo tecnológico; y ciudadanía, los cuales sirven de marco estratégico-político para la elaboración del Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030 (Ministerio de Energía, 2023).

Este instrumento, elaborado con la ejecución de múltiples talleres participativos a lo largo del país, define la hoja de ruta para el despliegue de la industria buscando conciliar el desarrollo económico con el respeto por el medio ambiente, el territorio y las comunidades. La construcción de este plan busca contribuir con la descarbonización energética nacional para alcanzar las metas de carbono neutralidad y resiliencia climática antes del 2050. Junto con ello, y considerando la extensa cadena de valor del hidrógeno, se busca industrializar la economía nacional mediante una reconversión productiva, en el contexto de una transición energética acelerada y justa, acompañando el recambio de industrias contaminantes hacia industrias sostenibles teniendo prioridad, por ejemplo, por la generación de oportunidades con foco en equidad de género. El plan incluye 81 medidas a implementar hasta el 2030 con especial énfasis en la materialización de los proyectos, relevar la posición de Chile como uno de los principales exportadores a nivel global y consolidar su competitividad (Ministerio de Energía, 2024).



Uno de los avances en esta materia es el Pacto de Magallanes, un acuerdo de trabajo conjunto que involucra los Ministerios de Energía, Economía, Obras Públicas, Corfo, el Gobierno Regional de Magallanes y de la Antártica Chilena y a la Asociación gremial de Productores de Hidrógeno Verde y sus Derivados de Magallanes (H2V Magallanes AG), se encuentra relacionado con el Plan de Acción del H2V y tiene como objetivo general acordar un plan de trabajo para el desarrollo de la industria del H2V en la región de Magallanes que contribuya a la política de desarrollo sostenible a través de inversiones con altos estándares sociales y medio ambientales. El protocolo toma como punto de partida la hoja de ruta desarrollada en el marco del Programa Transforma Regional Hidrógeno Verde Magallanes y organiza los compromisos en cinco áreas de trabajo: Capacidades humanas; Encadenamientos productivos; Innovación tecnológica; Infraestructura común y; Desarrollo armónico de la región (Prensa Presidencia, 2023).

En este mismo contexto, el Programa Transforma H2V Magallanes, Iniciativa público-privada que inició el año 2021 y que es impulsada y cofinanciada entre Corfo y el Gobierno Regional de Magallanes, tiene como propósito articular y ser una plataforma colaborativa de actores públicos, privados, de la academia y la sociedad civil para velar porque el desarrollo de esta nueva industria se concrete de manera armónica con el entorno social, ambiental y económico, promoviendo la producción del H2V y sus derivados como también la demanda local, los encadenamientos y la transformación productiva, la formación de talento y el cuidado del medioambiente, entre otros. El programa cuenta con 5 ejes estratégicos: Gobernanza, acuerdos y alianzas público-privadas y financiamiento; Desarrollo social, económico y ambiental de la comunidad; Capital humano, innovación y desarrollo; Infraestructura habilitante; Regulación, permisos y estandarización (Corfo, 2024).

Con el objetivo de promover inversiones privadas, el Gobierno de Chile ha creado un *Facility* financiero administrado por Corfo, el cual busca apoyar el desarrollo de la demanda local para la creación de un mercado de consumo interno, además de generar las capacidades de producción nacional para convertir al país en un exportador de H2V. Este fondo dispondrá, inicialmente, de US\$1.000 millones contando con US\$400 millones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), US\$150 millones del Banco Mundial, US\$100 millones del Banco de Desarrollo Alemana (KfW) y otros US\$109,67 millones desde el Banco Europeo de Inversiones (BEI). Por su parte, el Estado de Chile aporta con US\$250 millones. La iniciativa busca apalancar inversiones por US\$12.500 millones en las distintas dimensiones de esta industria (Ministerio de Economía, 2023).

En paralelo, el Plan de Desarrollo Logístico (PDL) de Magallanes para el H2V, siendo una iniciativa interministerial impulsada por el Ministerio de Energía, el

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, y el Ministerio de Obras Públicas, ejecutado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) con colaboración de la Universidad de Magallanes (UMAG). Su objetivo es desarrollar infraestructura logística y portuaria estratégica para apoyar el crecimiento de la industria del H2V en la región. El plan busca coordinar esfuerzos entre el sector público, la academia y las empresas estatales como Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y la Empresa Portuaria Austral (EPA) para crear una base sólida que habilite la implementación de proyectos de H2V de manera sostenible y eficiente. Los resultados del estudio fueron publicados en diciembre de 2024 (Subsecretaría de Transportes, 2024).

Estos esfuerzos de colaboración público-privada, considerando el desafío de la descarbonización y la transición energética, las condiciones naturales favorecedoras para la producción de esta nueva industria en la región austral, más la iniciativa empresarial que resulta clave, ha permitido que en la actualidad se identifiquen más de 14 proyectos de H2V y derivados con potencial de desarrollo en Magallanes, esto equivalente a cerca de 30 GW de capacidad eólica instalada con una inversión de 60 billones de dólares en una escala de tiempo de entre 8 y 15 años (Diario Financiero, 2023).

## **2. Objetivos y Metodología del estudio**

El proyecto *Team Europe* para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile, co-financiado por la Unión Europea (UE) y el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania (BMWK) es el vehículo principal para fomentar el desarrollo de esta nueva industria en el país sudamericano. A través del proyecto se busca fortalecer el entorno para la economía del hidrógeno renovable; el desarrollo de capacidades y transferencia de conocimientos; el desarrollo tecnológico; las evaluaciones de impacto sobre infraestructura y sostenibilidad; así como el desarrollo de proyectos y cooperación empresarial y financiación. Por su parte, la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH por encargo de la UE y el BMWK, es una de las agencias implementadoras de la presente iniciativa a través del Clúster de Energía. Adicionalmente, el Plan de Acción 2023-2030 para el H2V que desarrolla el Ministerio de Energía de Chile ha definido medidas que favorecerán el desarrollo de la industria y, en relación con ello, el programa Transforma H2V Magallanes, con el fin de promover un aterrizaje armónico y sostenible de la industria en el territorio, busca promover la diversificación productiva a partir del uso de energía renovable, H2V y/o de la prestación de servicios para la industria.

En este marco es que la presente iniciativa busca identificar oportunidades potenciales para el desarrollo de Hubs regionales, considerando los beneficios de

proyectos a gran escala para comunidades adyacentes, incluyendo aplicaciones para el uso local (hidrógeno, energía renovable, recurso hídrico, etc.), así como puestos de trabajos en las instalaciones, formación técnica y creación de nuevos servicios/productos, entre otras.

## **2.1. Objetivos**

El objetivo general del estudio es evaluar la viabilidad a nivel conceptual de implementar un Hub industrial adyacente a Hubs o Valles de H2V y sus derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena, atrayendo industrias que incorporen en sus procesos el uso de energía renovable, H2V, derivados y/o de la prestación de servicios para el sector industrial regional.

Los objetivos específicos son:

- Actualizar diagnóstico de contexto actual y futuro, incluyendo la situación demográfica, socioeconómica, infraestructura y de actividad industrial, de la región de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- Caracterizar industrias de demanda agregada, y de adopción temprana de energía renovable, H2 y sus derivados a nivel nacional y regional, con potencial de localizar o relocalizarse estratégicamente en un Hub industrial adyacente a Hubs o Valles de H2V y sus derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica, a nivel conceptual, a través de estudios de casos concretos de industria con mayor potencial de localizar o relocalizarse estratégicamente en un Hub industrial adyacente a Hubs de H2V y sus derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- Proponer recomendaciones y conclusiones generales, que aporte insumos para una estrategia e instrumentos de promoción de Hubs industriales adyacente a Hubs de H2V y sus derivados en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena, a partir del uso de energía renovable, H2V, derivados y/o de la prestación de servicios para la industria regional.

## **2.2. Metodología del estudio**

El presente estudio se desarrolló a través de un análisis documental, la recopilación de datos primarios y secundarios, la construcción de escenarios, validación con expertos y evaluación de casos de referencia.

### 2.2.1. Revisión y sistematización de antecedentes

Como punto de partida, se realizó un levantamiento exhaustivo de información con fuentes oficiales y literatura relevante a nivel nacional e internacional, considerando:

- Políticas y estrategias sobre transición energética, descarbonización y el desarrollo del H2V y sus derivados, incluyendo marcos regulatorios, incentivos y programas gubernamentales en Chile y otros países.
- Estudios previos sobre usos y aplicaciones del H2V y sus derivados, evaluando sectores con mayor viabilidad y competitividad.
- Caracterización socioeconómica de Magallanes y otras regiones de Chile, utilizando información de fuentes como el Banco Central, SII, INE y ProChile.
- Revisión de leyes de excepción vigentes en Magallanes, considerando su impacto en la competitividad territorial.
- Elaboración de un mapa de actores, identificando instituciones públicas, empresas, academia y sociedad civil con relevancia en la industria del hidrógeno y sectores complementarios.

### 2.2.2. Levantamiento de información primaria

Para complementar el análisis documental, se realizaron 43 entrevistas semiestructuradas, de manera presencial y remota, con actores clave de la industria, la academia, el sector público y la sociedad civil. Estas entrevistas permitieron recoger percepciones sobre el estado de la industria, capacidades disponibles y condiciones para la integración de nuevos sectores productivos.

### 2.2.3. Identificación de oportunidades sectoriales

A través de literatura internacional se efectuó el análisis de insumos producidos o demandados por la industria (agua, oxígeno, generación eléctrica, hidrógeno verde, amoníaco verde, metanol verde y captura de CO<sub>2</sub>). Estas oportunidades se estructuraron en cinco áreas relevantes:

- Industria (refinerías, química, acero, cemento, vidrio, entre otros).
- Transporte (bunkering, transporte marítimo, terrestre y aéreo).
- Generación de energía (hidrógeno como gas, generación de calor, soporte para sistemas eléctricos, district heating).
- Agricultura (uso de fertilizantes, abastecimiento hídrico, maquinaria, almacenamiento de energía).
- Servicios tecnológicos (data centers y telecomunicaciones).

Con esta información, junto con la caracterización socioeconómica, los insumos proyectados por la industria y los resultados de las entrevistas, se identificaron 14 oportunidades potenciales de desarrollo que presentaban una mayor vinculación con las características de Magallanes.

#### 2.2.4. Construcción de escenarios de disponibilidad de insumos

Para proyectar la disponibilidad de los principales insumos generados por la industria y demanda potencial, se diseñaron tres escenarios prospectivos:

- Escenario inicial: Considera proyectos con mayor certeza de ejecución en el corto plazo.
- Escenario intermedio: Incluye aproximadamente el 50% de las iniciativas identificadas en la investigación.
- Escenario avanzado: Representa el máximo potencial de desarrollo para los proyectos identificados en la investigación.

Estos escenarios fueron configurados considerando el ingreso de las empresas al SEIA y sus estimaciones de inicio de construcción y operación.

#### 2.2.5. Validación con panel de expertos

Para priorizar los sectores estratégicos con mayor potencial de integración, se conformó un panel de expertos interdisciplinario, utilizando una metodología Delphi adaptada (Universidad de Barcelona, 2016) y estructurada en tres fases:

- Evaluación individual: A través de un formulario online, los expertos calificaron las 14 oportunidades según criterios como impacto económico, encadenamiento productivo, formación de capital humano, sustentabilidad ambiental y alineación con la Estrategia Regional de Desarrollo.
- Análisis colectivo: En una sesión virtual, al inicio se presentaron los resultados agrupados y se dio paso a la discusión donde se presentaron argumentos para la priorización de sectores.
- Reevaluación y priorización final: Tras el intercambio de opiniones, mediante acuerdos consensuados, se logró la selección de dos sectores estratégicos prioritarios.

#### 2.2.6. Estudios de casos y benchmark internacional

Tras la selección de los sectores prioritarios, se realizaron estudios de caso para analizar su viabilidad a nivel conceptual, considerando proyecciones de costos y demanda futura. Además, se llevó a cabo un benchmark de buenas prácticas internacionales, evaluando experiencias en Nueva Zelanda, Singapur, Irlanda e Islandia para identificar estrategias exitosas adaptables a Magallanes.

#### 2.2.7. Diseño de medidas estratégicas

Finalmente, se propusieron medidas y estrategias orientadas a fortalecer la competitividad de la región, facilitar la materialización de inversiones y promover la diversificación productiva. Estas propuestas buscan posicionar a Magallanes como un polo clave en la industria del H2V y las energías renovables, fomentando la innovación y la sostenibilidad como ejes fundamentales de su desarrollo.

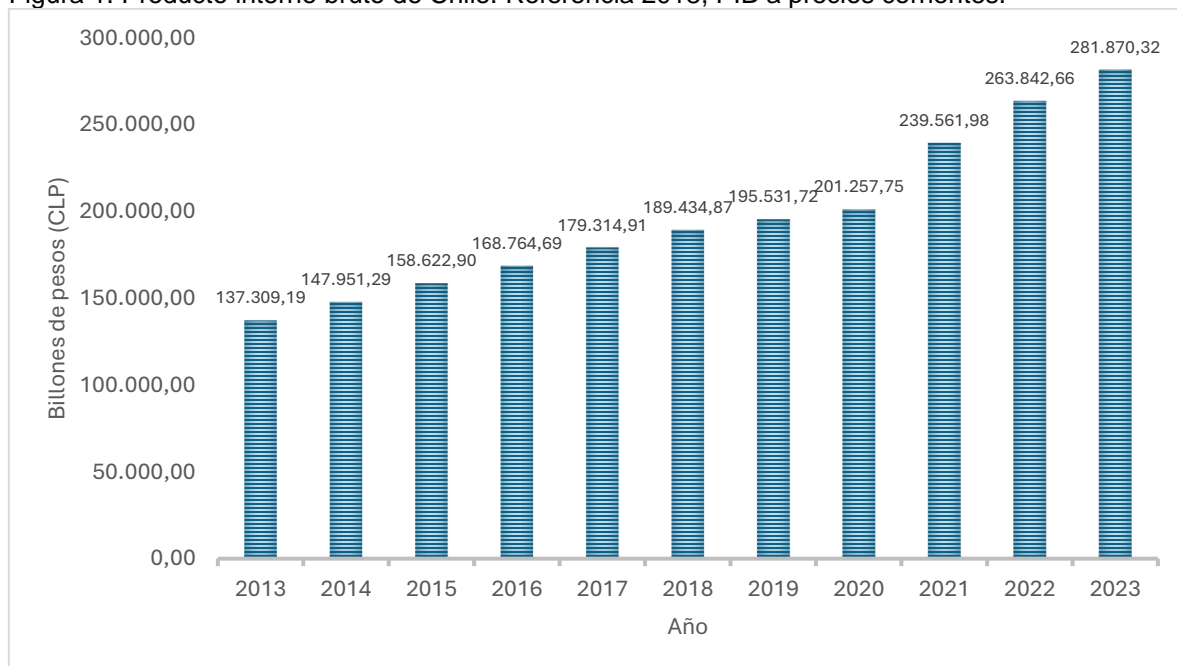
### 3. Antecedentes de la actividad productiva

#### 3.1. Nivel nacional

Esta sección analiza las actividades productivas a nivel nacional, considerando cifras del PIB proporcionadas por el Banco Central de Chile, las cuales reflejan el desempeño económico del país y la contribución de sus distintos sectores. Además, se analizan las actividades productivas que concentran la mayor cantidad de empresas, las ventas y el empleo según el Servicio de Impuestos Internos. Finalmente, se examinan las exportaciones para entender la dinámica comercial y su impacto en la economía nacional.

Al año 2023 Chile alcanzó un Producto Interno Bruto (PIB) de poco más de \$281 billones de pesos (ver Figura 1), o lo que sería su equivalente, poco más de US\$300 mil millones de dólares. La cifra conserva el estándar de los últimos años demostrando una mayor estabilización luego de la contingencia sanitaria mundial del covid-19.

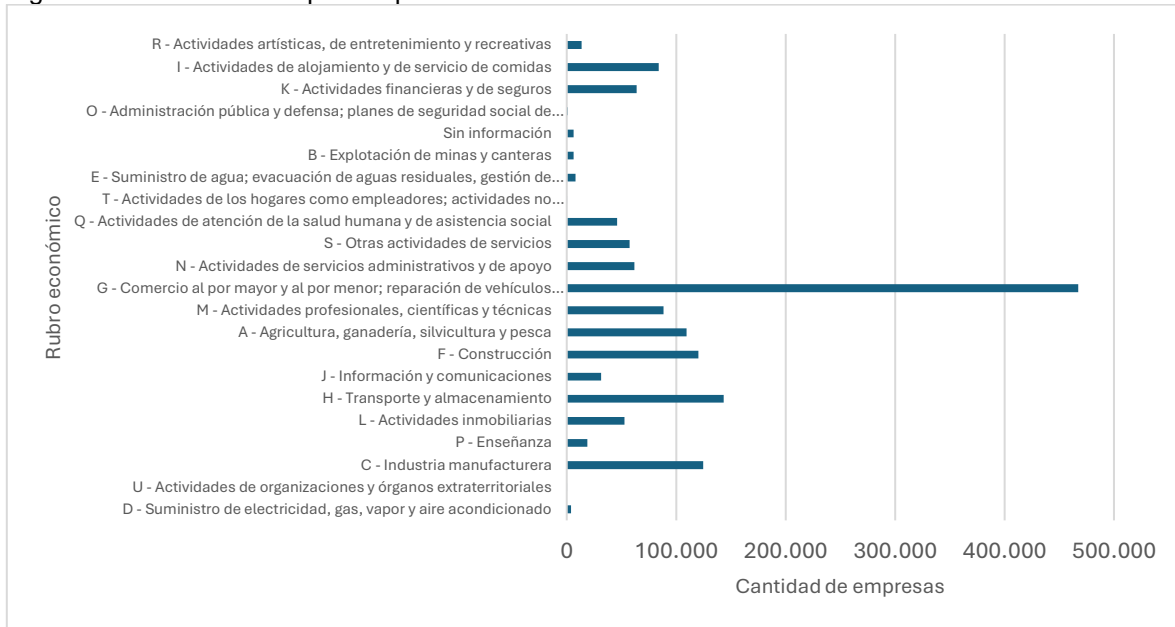
Figura 1. Producto interno bruto de Chile. Referencia 2018, PIB a precios corrientes.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile, 2024.

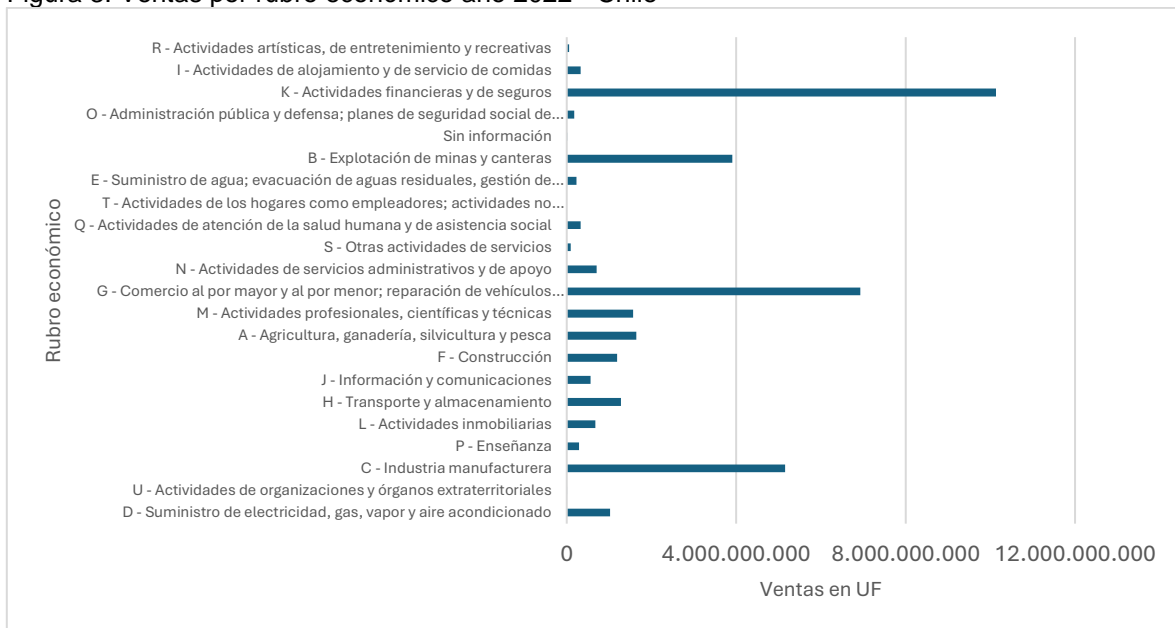
En cuanto a la cantidad de empresas por sector, destaca por amplia diferencia a nivel nacional el comercio, seguido por actividades inmobiliarias e industria manufacturera (ver Figura 2). Respecto de los rubros que concentran las ventas destacan los servicios financieros, el comercio, la industria manufacturera y la explotación de minas y canteras (ver Figura 3).

Figura 2. Cantidad de empresas por rubro económico año 2022 - Chile



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos de Chile.

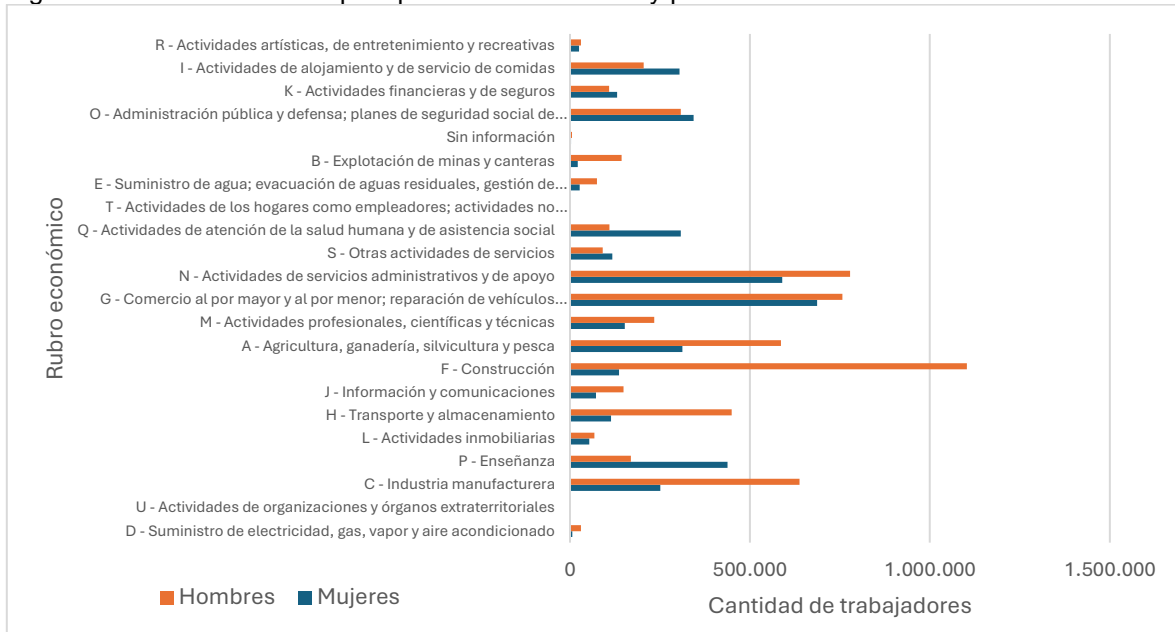
Figura 3. Ventas por rubro económico año 2022 - Chile



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos de Chile.

Como los rubros más intensivos en empleo destaca el Comercio, Actividades de servicios administrativos y Construcción. El sexo femenino demuestra mayor participación en Comercio y Actividades de servicios administrativos, mientras que el sexo masculino prevalece en Construcción y también en Actividades de servicios administrativos (ver Figura 4).

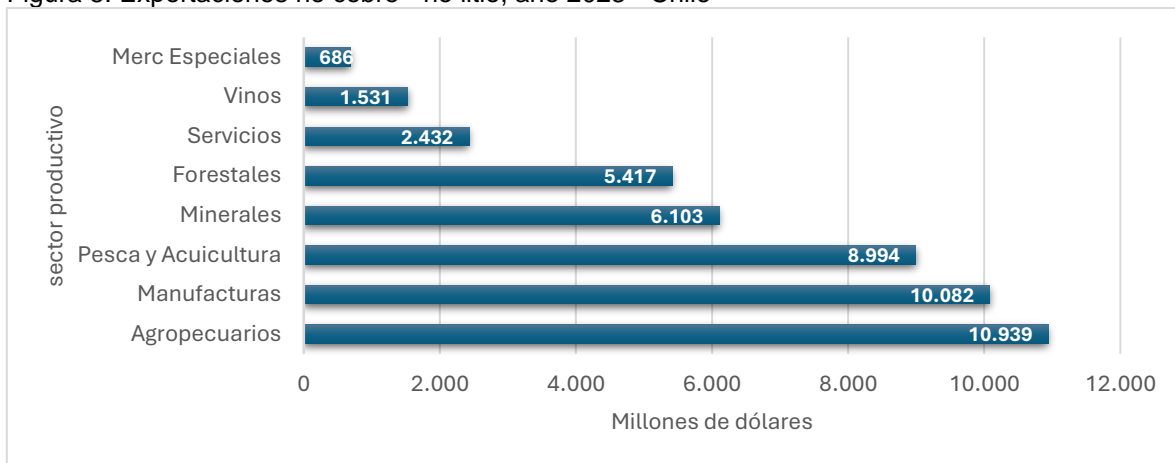
Figura 4. Distribución de empleo por rubro económico y por sexo año 2022 - Chile



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos de Chile.

Sobre las exportaciones (no cobre / no litio), las que alcanzaron un total de poco más de U\$46 mil millones, destaca el sector agropecuario, el de manufacturas y el de pesca y acuicultura (ver Figura 5).

Figura 5. Exportaciones no cobre - no litio, año 2023 - Chile



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Nacional de Aduanas de Chile



### **3.2. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena**

La región de Magallanes y de la Antártica Chilena se ubica en el extremo austral de Chile, en específico, se localiza en la parte suroccidental del continente aproximadamente desde los 48°36' a los 56°30' de latitud sur y entre los meridianos 66°25' y 75°40' de longitud oeste. Al Norte limita con la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, al Este con Argentina, al Oeste con el océano Pacífico y al Sur con el océano Atlántico y el océano Pacífico, y se extiende hacia el sur hasta el Polo Sur en su parte antártica. En cuanto a su superficie, Magallanes es la región más extensa del país con 132.291,10 km<sup>2</sup> considerando solo su posición continental, con lo que si se suma la reclamación chilena sobre la Antártica (1.250.000 km<sup>2</sup>) alcanza una superficie total de 1.382.291,10 km<sup>2</sup> representando un 68,9% de la superficie nacional (BCN, 2024).

La región de Magallanes presenta condiciones de aislamiento pues carece de una carretera que la conecte directamente con el resto del país. Las vías de acceso al territorio son marítimas, aéreas y terrestres, esta última a través de Argentina. Debido a esto y a otras condiciones, Magallanes posee la categoría de “zona extrema”, lo que en Chile obedece a una clasificación legal promovida para otorgar incentivos exclusivos y especiales, a través de regímenes normativos de excepción, para la inversión en estas zonas cuyas características están dadas por las distancias que las separan del centro del país, a esto se suma un clima muchas veces hostil, dificultades de conectividad y otros elementos que resultan ser factores críticos en la promoción al emprendimiento, la inversión y la generación de empleo, entre otras. En definitiva, “se trata de zonas en las que el dinamismo económico (...) y el acceso a bienes y servicios son menores a los de áreas centrales, con grandes concentraciones de población y donde se sitúa la toma de decisiones políticas, administrativas y económicas” (Soza-Amigo & Correa, 2014).

En cuanto a población, de acuerdo con el censo del año 2017, la región de Magallanes cuenta con 166.533 habitantes lo que la ubica en segundo lugar, entre las menos pobladas, a nivel nacional tras la región de Aysén. Con este indicador y considerando solo la parte continental del territorio regional, Magallanes cuenta con una densidad poblacional de 1,26 habitantes por km<sup>2</sup>, es decir, alrededor de 20 veces menos que el promedio nacional para el mismo periodo (26 habitantes por km<sup>2</sup>) (INE, 2017). La región de Magallanes cuenta con una división político-administrativa que abarca 4 provincias y 11 comunas. La distribución de la población en el territorio se encuentra concentrada en la capital regional de Punta Arenas, la que cuenta con 131.592 habitantes, es decir, el 79% del total. Luego viene la capital provincial de Última Esperanza, Puerto Natales, con 21.477 habitantes (12,9%), y

más atrás la capital de la provincia de Tierra del Fuego, Porvenir, con 6.801 habitantes (4%). Un mayor detalle se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Población de Magallanes por comunas

Provincia	Comuna	Habitantes	% del total
Magallanes	Punta Arenas	131.592	79,02%
	Laguna Blanca	274	0,16%
	Río Verde	617	0,37%
	San Gregorio	799	0,48%
Última Esperanza	Puerto Natales	21.477	12,90%
	Torres del Paine	1.209	0,73%
Tierra del Fuego	Porvenir	6.801	4,08%
	Primavera	1.158	0,70%
	Timaukel	405	0,24%
Antártica	Cabo de Hornos	2.063	1,24%
	Antártica	138	0,08%
Región de Magallanes y de la Antártica Chilena		166.533	100,00%

Fuente: Elaboración propia con datos del censo 2017, Instituto Nacional de Estadísticas

Adicionalmente, la región de Magallanes posee una estructura de género con predominancia masculina, con cinco puntos de diferencia (52,3%) sobre la femenina (47,7%). Aun así, el mayor porcentaje de las familias con déficit habitacional en la zona tiene jefatura femenina, siendo esta este lugar donde la tendencia alcanza su nivel más alto a nivel nacional con un 68,9% (Déficit Cero, 2022).

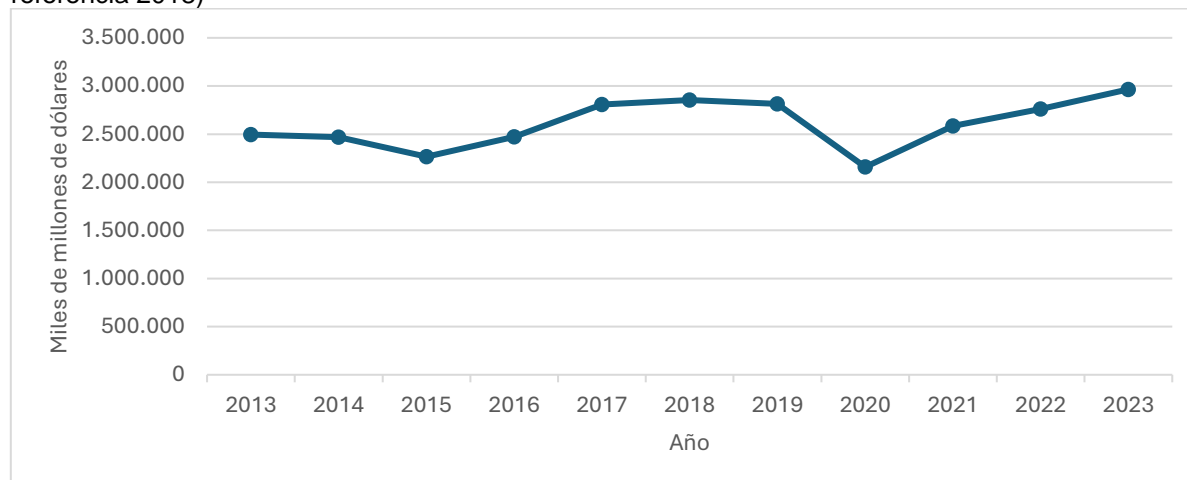
### 3.2.1. Antecedentes socio económicos

Respecto de la caracterización socio económica de la región de Magallanes, de acuerdo con los datos proporcionados por el Banco Central de Chile actualizados al año 2023, esta cuenta con un Producto Interno Bruto (PIB) que bordea los 3 mil millones de dólares demostrando un crecimiento estable desde el año 2020, periodo donde se vio fuertemente afectada la economía local, particularmente comercio, turismo y construcción, debido a los efectos de la crisis sanitaria global del COVID-19. Para más detalles ver Figura 6.

Considerando el valor del PIB de Magallanes alcanzado al año 2023, este representó un 0,88% del PIB a nivel nacional solo superando a las regiones Aysén (0,56%) y Arica Parinacota (0,77%) respectivamente. En cuanto al ingreso per cápita, Chile presenta un promedio de US\$17.456 y la región austral del país se posiciona en el sexto lugar a nivel nacional con US\$16.076 (ver Tabla 2). Adicionalmente, al analizar el desempeño de las regiones del país, excluyendo la Región Metropolitana, se observa que Magallanes se encuentra entre las que

presentan los niveles más bajos de dinamismo económico. Durante más de una década de mediciones, su crecimiento ha sido prácticamente imperceptible. (ver Figura 7). Un detalle sobre los principales antecedentes económicos por cada región se puede encontrar en el anexo 1.

Figura 6. Evolución Producto Interno Bruto de Magallanes (precios corrientes, series empalmadas, referencia 2018)



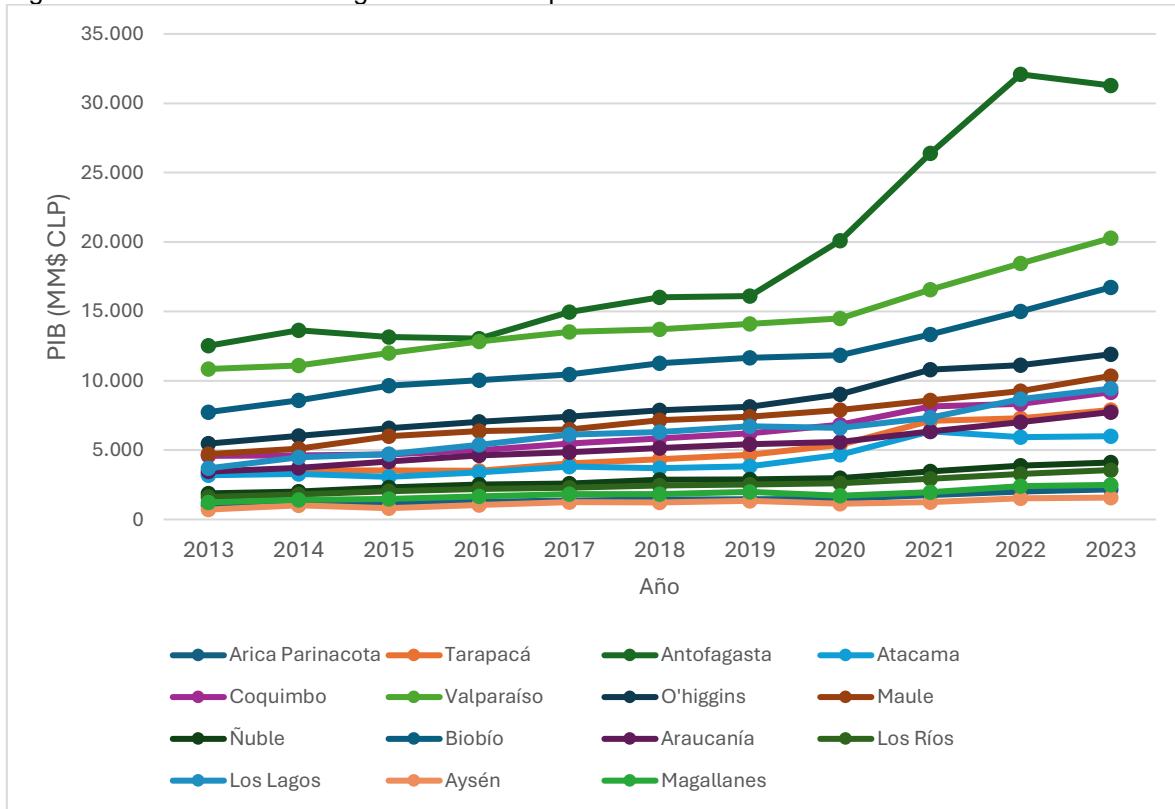
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile, 2024

Tabla 2. PIB por regiones y per cápita año 2023

Región	PIB (US\$)	% del total	Población proyectada (2023)	PIB per cápita (US\$)	Lugar
Antofagasta	36.811.760.000	11,10	640.743 (3,37%)	57.452	1
Tarapacá	9.284.710.000	2,80	367.818 (1,94%)	25.243	2
Atacama	7.063.530.000	2,13	314.709 (1,66%)	22.445	3
Aysén	1.850.590.000	0,56	108.538 (0,57%)	17.050	4
Metropolitana	128.404.710.000	38,72	7.631.234 (40,17%)	16.826	5
<b>Magallanes</b>	<b>2.929.410.000</b>	<b>0,88</b>	<b>182.217 (0,96%)</b>	<b>16.076</b>	<b>6</b>
O'Higgins	14.011.760.000	4,23	1.002.456 (5,28%)	13.977	7
Coquimbo	10.793.880.000	3,26	836.096 (4,40%)	12.910	8
Los Lagos	11.090.590.000	3,34	906.512 (4,77%)	12.234	9
Valparaíso	23.852.940.000	7,19	1.950.112 (10,27%)	12.232	10
Biobío	19.683.530.000	5,94	1.681.430 (8,85%)	11.706	11
Maule	12.174.120.000	3,67	1.150.789 (6,06%)	10.579	12
Arica y Parinacota	2.552.940.000	0,77	252.110 (1,33%)	10.126	13
Los Ríos	4.189.410.000	1,26	422.354 (2,22%)	9.919	14
Ñuble	4.830.590.000	1,46	511.545 (2,69%)	9.443	15
La Araucanía	9.104.710.000	2,75	1.037.890 (5,46%)	8.772	16
Extrarregional	32.974.120.000	9,94	-	-	-
<b>Totales</b>	<b>331.603.300.000</b>	<b>100,00</b>	<b>18.996.717</b>	<b>17.456 (nacional)</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile y proyecciones de población

Figura 7. Evolución PIB en regiones sin Metropolitana



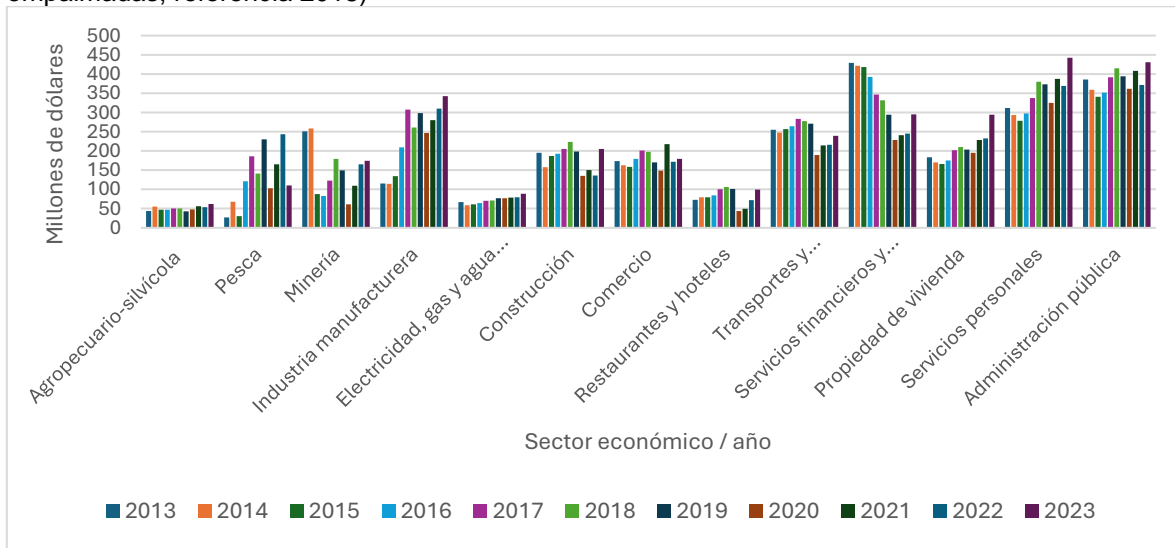
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile, 2024

En cuanto a las actividades económicas que mayor participación tienen en el PIB regional destacan Servicios Personales<sup>1</sup> (14,9%), Administración Pública (14,5%), Industria Manufacturera (11,6%) (incluye la transformación de hidrocarburos y el procesamiento de alimentos provenientes de la pesca, la acuicultura y la ganadería, entre otras), Servicios Financieros y Empresariales<sup>2</sup> (10%) y Propiedad de Vivienda (9,9%). (ver Figura 8).

<sup>1</sup> De acuerdo con el Banco Central considera servicios de salud, educacionales, legales, recreacionales, entre otros.

<sup>2</sup> Servicios de intermediación financiera, asesoría, consultoría, publicidad, recursos humanos y otras.

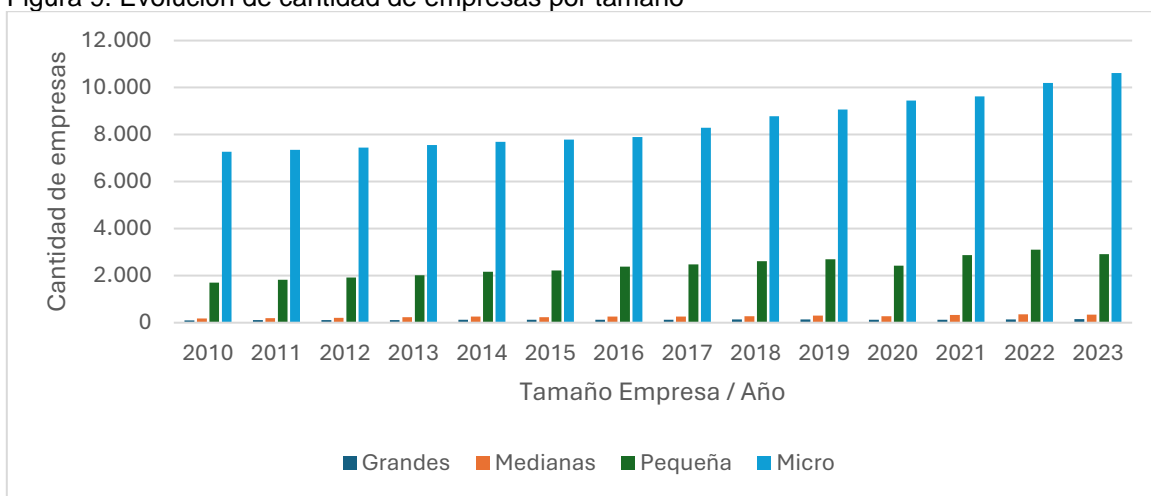
Figura 8. Evolución PIB de Magallanes por actividades económicas (precios corrientes, series empalmadas, referencia 2018)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile, 2024

La cantidad de empresas presentes en la región, de acuerdo con lo informado por el Servicio de Impuestos Internos al año 2023, se contabiliza un total de 16.917 de las cuales 148 (0,87%) son grandes, 336 (1,98%) son medianas, 2.910 (17,20%) son pequeñas, 10.613 (62,73%) son micro y 2.910 (17,20%) no tienen ventas o se encuentran sin información. Adicionalmente, si se observa la evolución de la cantidad de empresas según su tamaño desde 2010 a 2023 como se presenta en la Figura 9, se puede encontrar que, en los últimos 14 años, las grandes empresas pasaron de 98 a 148, las medianas de 174 a 336, las pequeñas de 1.699 a 2.910 y las micro de 7.271 a 10.613 empresas.

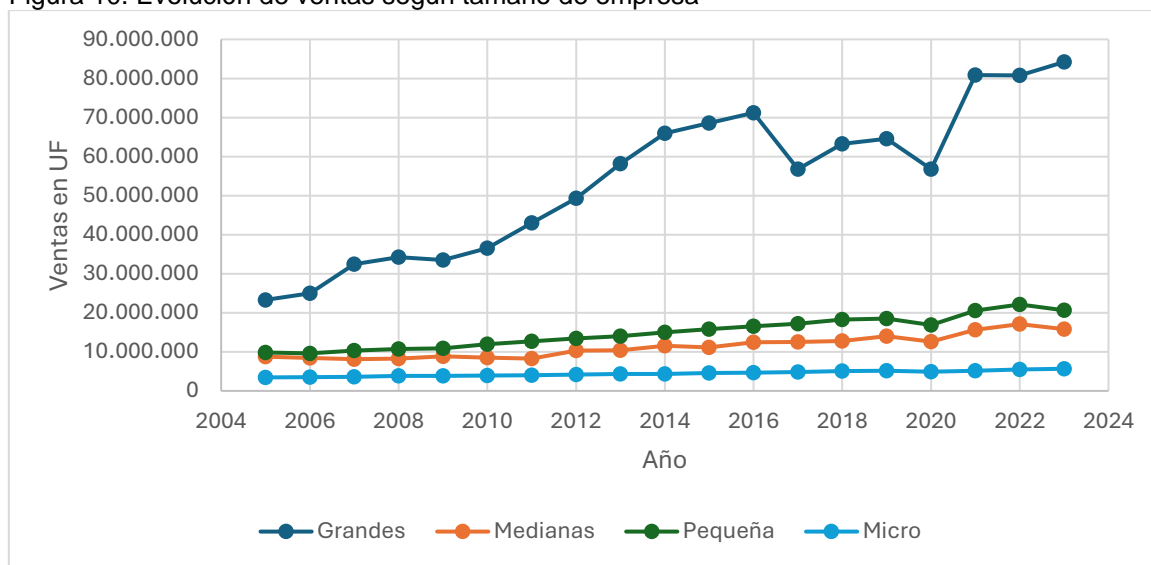
Figura 9. Evolución de cantidad de empresas por tamaño



Fuente: Elaboración propia con datos del SII, 2024

Por otra parte, respecto de las ventas obtenidas según tamaño de empresa, se puede encontrar que, al año 2023, las grandes concentraban el 67%, las medianas el 12%, las pequeñas el 16% y las micro un 4%. En cuanto a la evolución que esto ha tenido desde el año 2010, según se presenta en la Figura 10, se observa que en 14 años las grandes empresas incrementaron su participación en un 7% (de 60% a 67%), las medianas disminuyeron de 14% a 12%, las pequeñas bajaron su participación de 20% a 16% y las microempresas también bajaron de 6% a 4%, lo que refleja un aumento sostenido de la concentración. Así mismo, respecto del crecimiento en ventas que cada segmento obtuvo para el periodo analizado se encuentra que la participación de las grandes empresas creció un 131%, las medianas un 85%, las pequeñas un 73% y las micro un 45%.

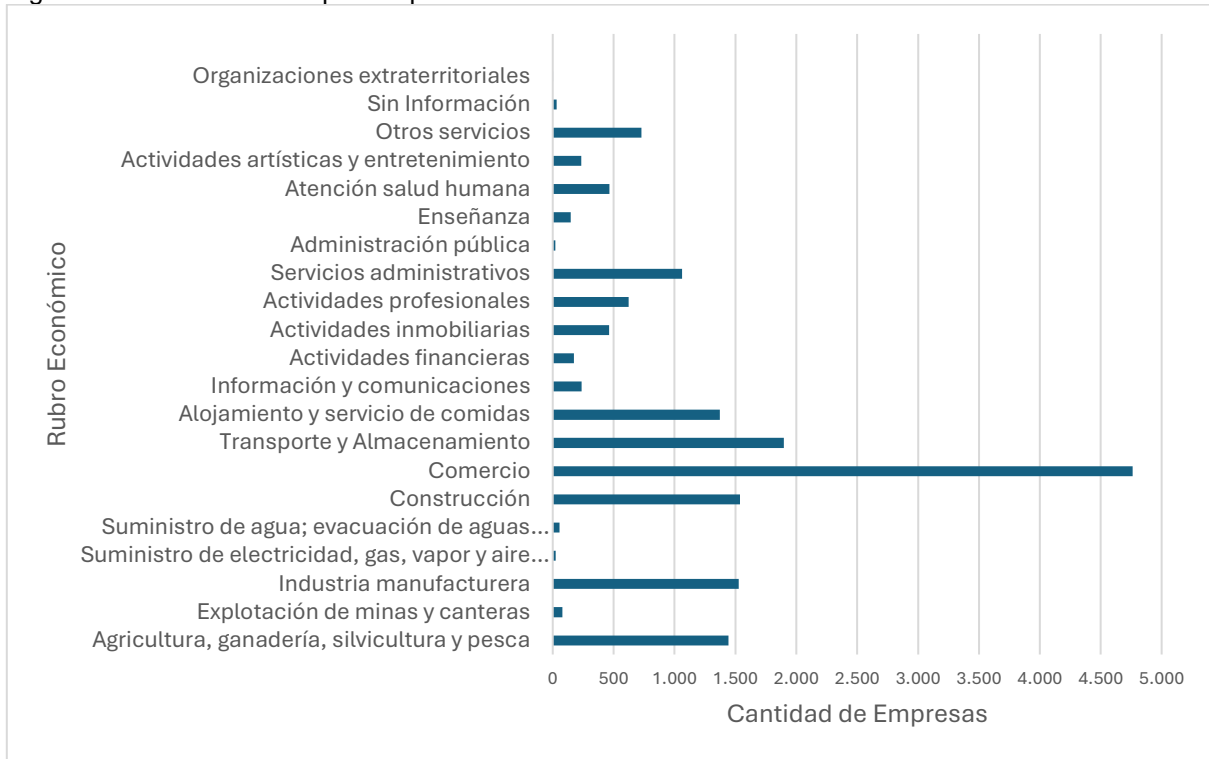
Figura 10. Evolución de ventas según tamaño de empresa



Fuente: Elaboración propia con datos del SII, 2024

Respecto de la cantidad empresas por rubro económico destacan Comercio con 4.761 (28,1%), Transporte y almacenamiento con 1.898 (11,2%), Construcción con 1.537 (9,1%), Industria Manufacturera con 1.526 (9,03%) y Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con 1.442 (8,5%). Para más detalles ver Figura 11

Figura 11. Cantidad de empresas por sector económico al año 2023

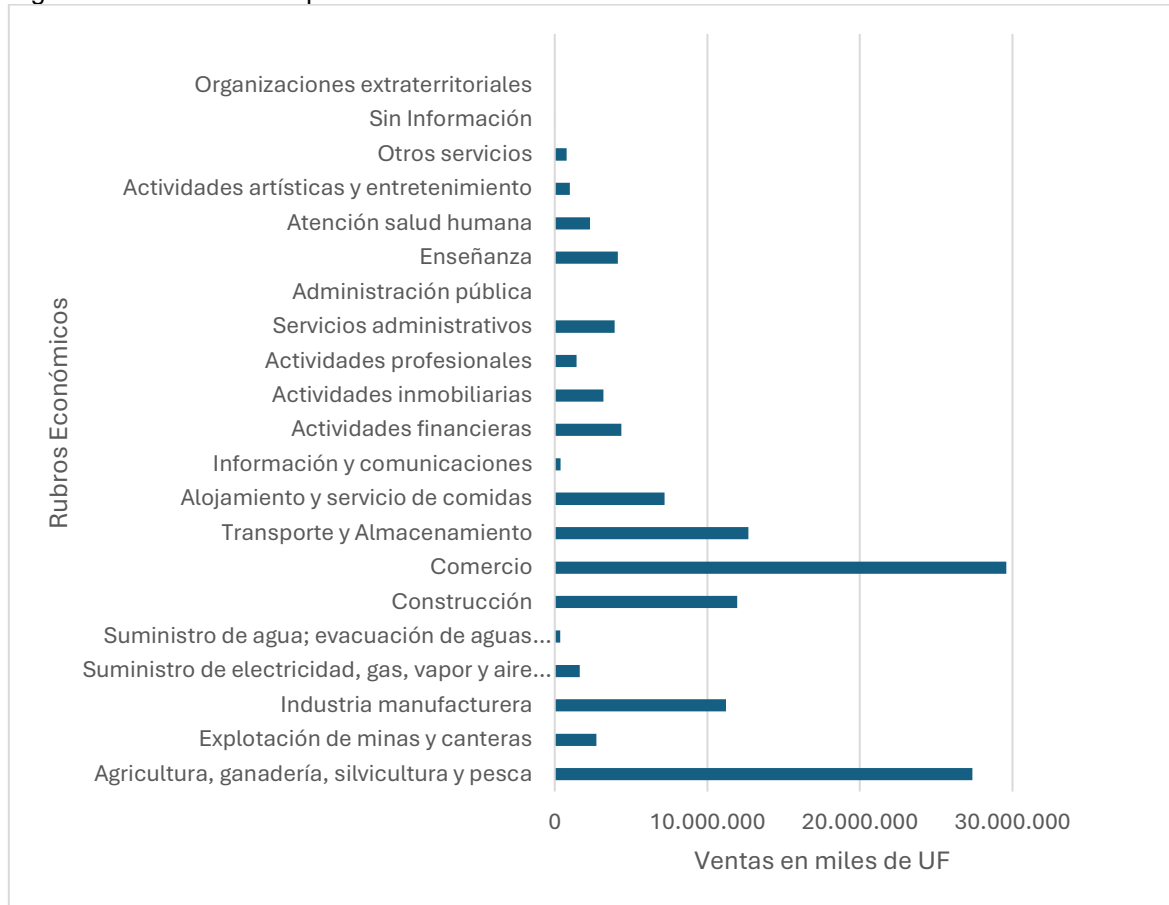


Fuente: Elaboración propia con datos del SII

Sobre los sectores productivos que concentran la mayor parte de los ingresos al año 2023, estos son Comercio con 29.5 millones de UF (23,4%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con poco más de 27.3 millones de UF (21,6%), Transporte y almacenamiento con 12.6 millones de UF (10%), Construcción con 11.9 millones de UF (9,4%) e Industria Manufacturera con 11.2 millones de UF (8,8%). Un mayor detalle se puede observar en la Figura 12.

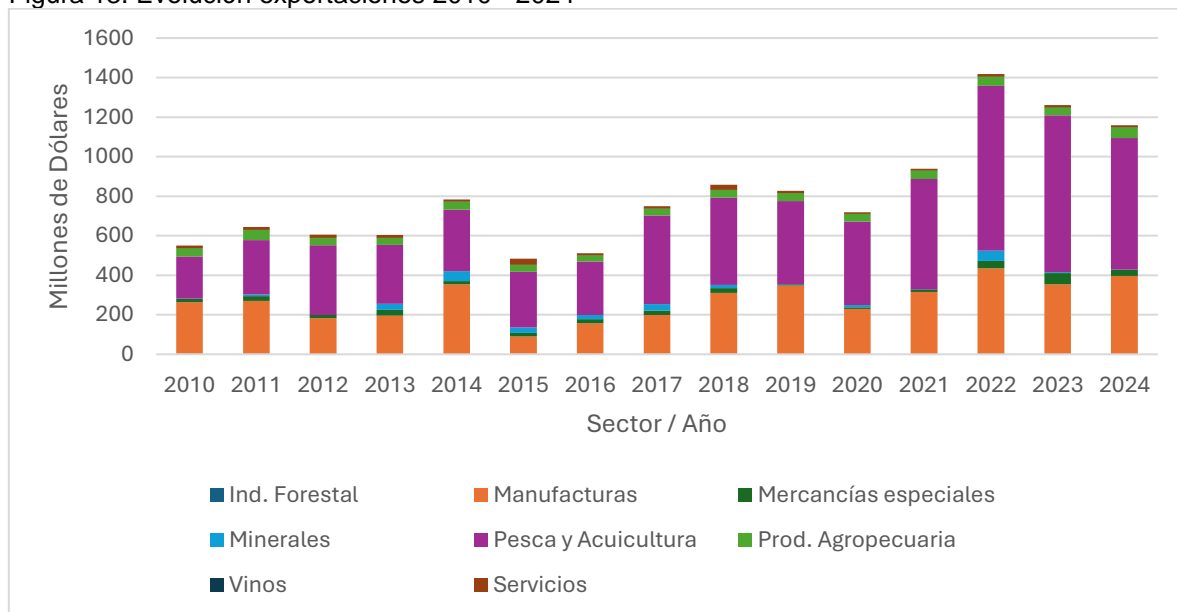
En cuanto a la actividad exportadora que presenta la región de Magallanes, esta se concentra prevalentemente en dos sectores, por un lado, está la pesca y acuicultura, explicado en gran medida por la industria acuícola del salmón y la trucha (que representa alrededor del 75%), además de algunas actividades como la del erizo, la centolla, el bacalao de profundidad y la merluza austral. Y, por otro lado, está el sector de manufacturas, asociado a la industria química con la transformación de hidrocarburos. En tercer lugar, distante de las dos primeras, se encuentra el sector agropecuario donde se concentra la ganadería ovina. En total, al año 2024, la región exportó US\$1.159 millones, un 8% menos respecto del año 2023. Para una revisión más detallada sobre la evolución de la matriz exportadora de la región, ver Figura 13.

Figura 12. Ventas en UF por rubros económicos al año 2023



Fuente: Elaboración propia con datos del SII

Figura 13. Evolución exportaciones 2010 - 2024

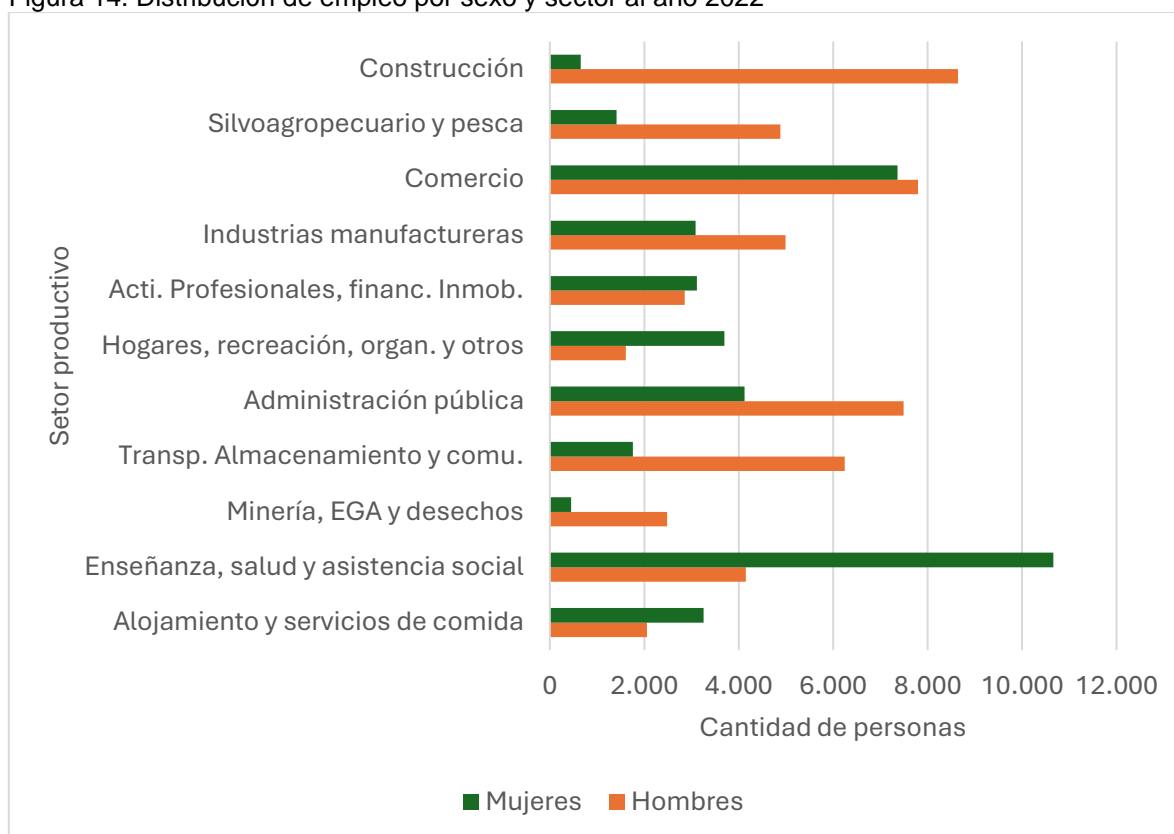


Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Nacional de Aduanas



En cuanto al empleo en Magallanes, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Empleo (ENE) del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) al año 2022, se identifica un total de 92.804 trabajadores de los cuales 53.218 son hombres y 39.586 son mujeres. La distribución del empleo, según se puede observar en la Figura 14, se concentra en tres grandes sectores. Primero Comercio con 15.162 trabajadores, luego Enseñanza, salud y asistencia social con 14.814 y en tercer lugar Administración Pública con 11.616 trabajadores. En cuanto a las áreas donde tienen mayor participación los hombres, estas son Construcción, Comercio, Administración Pública y Transporte, almacenamiento y comunicaciones. Por el lado del sexo femenino, los sectores en los que tienen predominancia son Enseñanza, salud y asistencia social, Comercio, Administración Pública y Hogares, recreación y otros.

Figura 14. Distribución de empleo por sexo y sector al año 2022

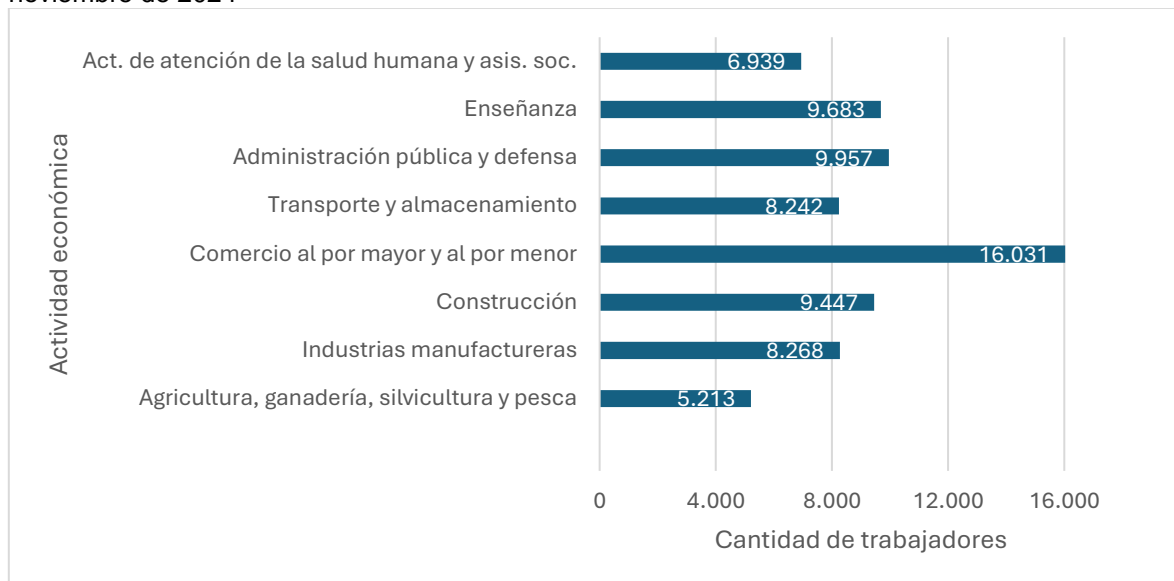


Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional de Empleo del INE

En una de las últimas mediciones del empleo regional, trimestre septiembre – noviembre 2024, lo cual se puede observar en la Figura 15, el sector Comercio es el que se posiciona como el más relevante con poco más de 16 mil trabajadores, esto incluye la actividad de hoteles y restaurantes vinculadas al turismo. En segundo lugar, aparece la administración pública con 9 mil novecientos trabajadores y, en tercer lugar, queda Enseñanza con casi 9 mil seiscientos empleados. En este aspecto resulta fundamental contar con datos actualizados desagregados por sexo,

ya que permiten analizar la evolución de la actividad, identificar brechas con mayor precisión y diseñar medidas que promuevan la equidad de oportunidades.

Figura 15. Cantidad de trabajadores de los principales sectores al trimestre septiembre, octubre y noviembre de 2024



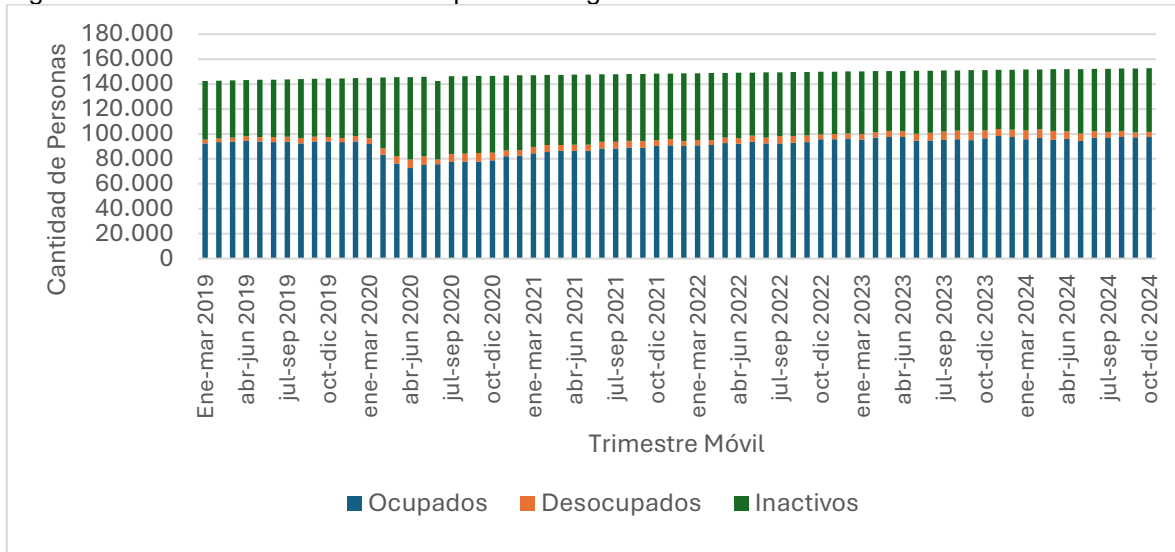
Fuente: Elaboración propia con datos del Termómetro Laboral de Magallanes, 2024.

Respecto del comportamiento que ha tenido la fuerza laboral en la región de Magallanes, considerando las mediciones que van desde enero de 2019 a diciembre de 2024, según se ve reflejado en la Figura 16, se logra observar un aumento de la cantidad de población en edad de trabajar de poco más de 10 mil personas, pasando de 142.583 a 152.642 en la última evaluación de la muestra. Además, para el último trimestre analizado, se observa un total de 97.556 personas ocupadas, 4.071 desocupadas y 51.015 inactivas, esto redonda en un indicador de 4,0% de desocupación en la región, como es habitual en Magallanes, uno de los promedios más bajos a nivel país que contó con un promedio de 8,1% para el mismo periodo.

En cuanto a la población ocupada, un porcentaje significativo corresponde a trabajadores por cuenta propia, también denominados ocupados informales. Entre el período comprendido entre noviembre - enero de 2022 y octubre-diciembre de 2024, esta participación ha aumentado de 18,5% a 21,2% (Figura 17).

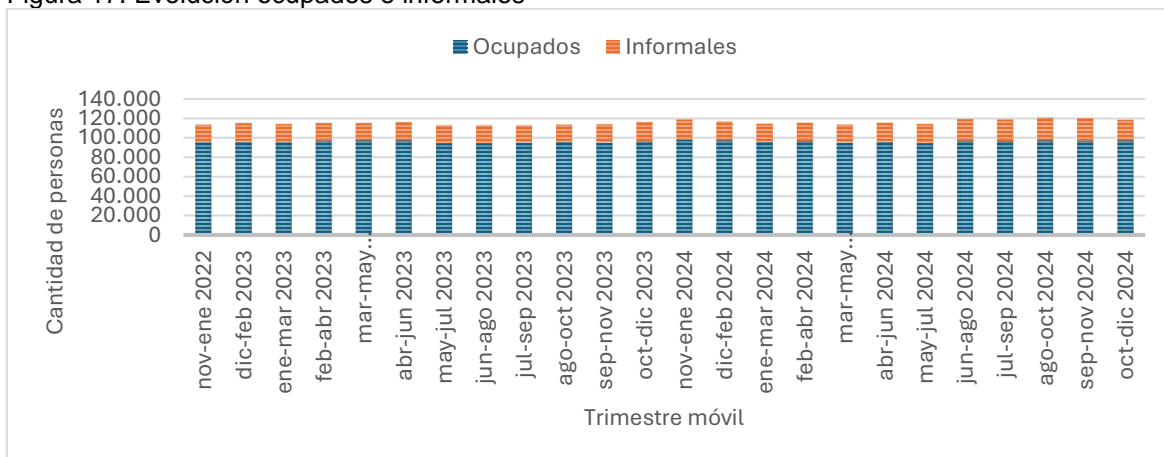
Cabe destacar que la tasa de ocupación informal presenta diferencias de género: en los hombres, se situó en 18,2%, mientras que en las mujeres alcanzó un 25,3%, reflejando una mayor incidencia de informalidad en la población femenina.

Figura 16. Evolución trimestral del empleo en Magallanes



Fuente: Elaboración propia con datos del Termómetro Laboral de Magallanes.

Figura 17. Evolución ocupados e informales



Fuente: Elaboración propia con datos de boletines trimestrales INE, 2024

Finalmente, según la Encuesta Suplementaria de Ingresos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Región de Magallanes se posiciona entre las de mayores ingresos promedios mensuales en Chile, ubicándose solo por detrás de Antofagasta, cuya economía es impulsada principalmente por la minería. En 2022, el ingreso promedio mensual en Magallanes alcanzó los \$890.645, mostrando un crecimiento constante desde 2018 y superando ampliamente el promedio nacional de \$757.752. Una tendencia similar se observa en el ingreso mediano mensual, donde la región también destaca con uno de los valores más altos del país (\$603.124), nuevamente superada solo por Antofagasta (\$636.563) y manteniéndose por encima del promedio nacional (\$502.604). Sin embargo, a diferencia del ingreso promedio, el ingreso mediano no ha demostrado un crecimiento sostenido, registrando una caída en 2021. Este retroceso se asocia

presumiblemente al impacto de la crisis sanitaria del COVID-19, que afectó particularmente a sectores clave de la economía regional, como el turismo y el comercio (GIZ, 2023).

En definitiva, la región de Magallanes presenta indicadores relativamente estables, con una actividad industrial más bien acotada y donde un empleador relevante es la administración pública. En general los niveles de desempleo se mantienen bajos lo cual influye en una demanda que no logra ser cubierta y que tiende a elevar los ingresos promedio aun cuando resultaría relevante poder contar con indicadores asociados al coste de la calidad de vida, particularmente en una región extrema.

### 3.2.2. Incentivos y leyes de exención tributaria

Respecto de las leyes de excepción e incentivos presentes en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena, se pueden identificar al menos 7 instrumentos, los cuales se describen de manera resumida en la Tabla 3. Una descripción detallada se encuentra en el Anexo 2: Incentivos y leyes de exención tributaria

Tabla 3. Resumen incentivos especiales región de Magallanes

<b>Mecanismos de bonificaciones e incentivos tributarios en Magallanes</b>	
Ley Navarino (Ley 18.392) (2035)	Exención de impuesto de primera categoría por utilidades devengadas o percibidas. Territorio correspondiente al sur del Estrecho de Magallanes (TdF, Antártica, pequeña zona de Magallanes).
Ley Tierra del Fuego (Ley 19.149) (2036)	Exención de impuesto de primera categoría por utilidades devengadas o percibidas. Territorio correspondiente a las comunas de Porvenir y Primavera.
Ley Austral (Ley 19.606) (2035)	Crédito tributario respecto de los bienes incorporados a un proyecto de inversión para producción de bienes y servicios. Territorio correspondiente a las regiones de Aysén, Magallanes y Provincia de Palena.
Ley Zona Franca (DFL N° 2 de 2001 del Min. De Hacienda)	Exención de impuesto de primera categoría y exención de pago de IVA por las operaciones dentro los recintos. Territorio correspondiente a recinto franco en Punta Arenas y Zonas Francas de extensión.
DFL 15 (DL N° 3, de 2001, Min. De Hacienda (2025)	Bonifica el 20% del monto destinado a inversiones o reinversiones de pequeños y medianos empresarios. Territorio correspondiente a las regiones de Arica Parinacota, Aysén, Magallanes y Provincias de Chiloé y Palena.
Bonificación a la mano de obra (Ley n° 19.853) (2035)	Bonifica el 17% de las remuneraciones imponibles. En Magallanes y Aysén c/remuneración sobre 20% del mínimo. Territorio correspondiente a las regiones de Magallanes, Aysén y algunas zonas de Los Lagos.
DL 889 de 1975, Min. De Economía	Trabajadores que presten servicios en zonas extremas tienen derecho a rebajar asignación de zona. Territorio correspondiente a las regiones de Arica Parinacota, Aysén, Magallanes y Provincia de Chiloé.

Fuente: Elaboración propia

Otro incentivo es la Ley de Investigación y Desarrollo (I+D), administrada por Corfo, y que es un incentivo tributario disponible a nivel nacional que busca fortalecer la competitividad de las empresas chilenas. Permite rebajar hasta 52,55%

de la inversión en I+D del Impuesto de Primera Categoría, mediante un crédito tributario del 35% sobre el monto invertido y la posibilidad de considerar el 65% restante como gasto necesario para producir la renta, sin importar el giro de la empresa (Corfo, 2024). Esta Ley permite: Aplicar beneficios tributarios por los gastos internos de I+D y/o la contratación de cualquier entidad que ejecute el proyecto I+D; 15.000 UTM Tope anual de crédito tributario (35% del gasto) por contribuyente; Empresas en situación de pérdida tributaria o que no disponen de impuesto suficiente contra el cual aplicar el crédito tributario, pueden aplicarlo en ejercicios siguientes; Complementaria con otros apoyos de financiamiento público, permitiendo aplicar los beneficios sobre el aporte empresarial; Permite presentar proyectos de manera asociativa, aplicando cada empresa beneficios tributarios por el aporte realizado a la ejecución del proyecto.; Reconocimiento de gastos retroactivos en caso de presentar previamente una Manifestación de intención de hacer uso Ley I+D.

### 3.2.3. Análisis de infraestructura existente y proyectada en el territorio

La región de Magallanes y de la Antártica Chilena cuenta en la actualidad con cuatro muelles (1 deshabilitado), once muelles de atraque (1 deshabilitado), un terminal mono boyas, doce rampas de conectividad, un muelle de servicios, un carro de varada y tres muelles para naves menores. Esta infraestructura, de acuerdo con la ley 19.542 y el Reglamento de Concesiones Marítimas del Decreto Supremo N° 9 del año 2018<sup>3</sup>, es definida de la siguiente manera:

- Puerto, terminal marítimo o recinto portuario: Área costera con infraestructura para el atraque, desatraque y permanencia de naves, movilización y almacenamiento de carga, servicios a naves y pasajeros, pesca, transporte marítimo, turismo y construcción o reparación naval.
- Muelle: Estructura que se extiende desde la costa al agua, permitiendo el atraque de naves mayores y la transferencia de carga o pasajeros.
- Terminal marítimo de transferencia de productos líquidos o gaseosos: Fondeadero con instalaciones y cañerías para la carga y descarga de estos productos.
- Rampa: Plano inclinado que conecta tierra con el agua, facilitando la varada de naves y la movilización de carga o pasajeros.

El desglose y caracterización general de la infraestructura existente en el territorio se presenta en la Tabla 4.

---

<sup>3</sup> DS n° 9. Sustituye reglamento sobre concesiones marítimas, fijado por DS n° 2 de 2005, Ministerio de Defensa Nacional. Biblioteca del Congreso Nacional. Acceso a septiembre de 2024. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1116315&idParte=9895535&idVersion=2020-09-01>

Tabla 4. Infraestructura marítima existente

Nombre	Ubicación	Tipo de estructura	Eslora máx. (mts)	Manga máx. (mts)	Calado máx. (mts)	Capacidad transferencia (Tons/año)
Arturo Prat	P. Arenas	Muelle	258,6	18	9	141.061
José Mardones	P. Arenas	Muelle	250	35	14	379.450
Natales	Natales	Muelle	135	11	6,6	411.869
Clarencia	Gente Grande	Muelle	Deshabilitado desde abril de 2012			
Otway	Seno Otway	Muelle atraque	292	45	18	N/A
Pecket	Seno Otway	Muelle atraque	240	36	14,38	N/A
Corbeta Papudo	Puerto Edén	Muelle atraque	185	32,2	9,3	N/A
Skorpios	Puerto Bories	Muelle atraque	210	11	3,65	N/A
Puerto Bories	Puerto Bories	Muelle atraque	26,4	8,2	1,8	N/A
Bahía Laredo	Laredo	Muelle atraque	120	22,86	2,5	N/A
Puerto Toro	Puerto Toro	Muelle atraque	32	6,7	2,1	N/A
Guardián Brito	P. Williams	Muelle atraque	164,5	23,4	6,02	N/A
Multipropósito P. Williams	P. Williams	Muelle atraque	240	S/I	9	S/I
Cabo Negro	Cabo Negro	Muelle atraque	241	42	14,2	N/A
Percy	Gente Grande	Muelle atraque	Deshabilitado desde diciembre de 2007			
Gregorio	San Gregorio	Mono boyas	250	43	14,9	N/A
B. Catalina	B. Catalina	Rampa	95,9	16	2,7	1.503 TRG
Natales	Natales	Rampa	69,02	14,6	1,9	690 TRG
Puerto Edén	P. Edén	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Puerto Nuevo	P. Nuevo	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Punta Delgada	P. Delgada	Rampa	89,1	20,9	2,6	2.560 TRG
Bahía Azul	San Gregorio	Rampa	89,1	20,9	2,6	2.560 TRG
Transborda. P. Williams	P. Williams	Rampa	70,6	15,8	1,9	1.300 TRG
Punta Daroch	P. Daroch	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Isla Riesco	Isla Riesco	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Río Verde	Río Verde	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Yendegaia	Yendegaia	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Bahía Chilota	Porvenir	Rampa	S/I	S/I	S/I	S/I
Cap. Juan Williams	Punta Arenas	Muelle servicio	158,7	19,1	6,1	S/I
Astillero Asmar	Punta Arenas	Carro Varada	99,9	23	5,6	S/I
Cabeza del Mar	Laguna Cabeza del Mar	Muelle menor	8	S/I	0,5	S/I
Puerto Edén	P. Edén	Muelle menor	S/I	S/I	S/I	S/I
Glaciar Serrano	P. Toro	Muelle menor	S/I	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia con información del Sistema de Visualización de Instalaciones Portuarias (SVIP).

La región de Magallanes cuenta con una red aeroportuaria compuesta por un sistema de red primaria, cuatro aeródromos de red secundaria y cuatro de red de pequeños aeródromos, definidos por la Dirección de Aeropuertos del MOP como:

- Red primaria: Aeropuertos y aeródromos clave, ubicados en capitales regionales o ciudades estratégicas, que permiten conectividad nacional e internacional.
- Red secundaria: Complementa la red primaria, conectando regiones y pequeños aeródromos. Opera vuelos comerciales de menor escala, además de aviación militar, corporativa y general.
- Red de pequeños aeródromos: Garantiza conectividad y acceso a servicios públicos en zonas aisladas, facilitando operaciones no regulares de pasajeros y carga, aviación militar de menor escala y desarrollo local.

La identificación de cada una de estas infraestructuras aéreas se presenta en la Tabla 5.

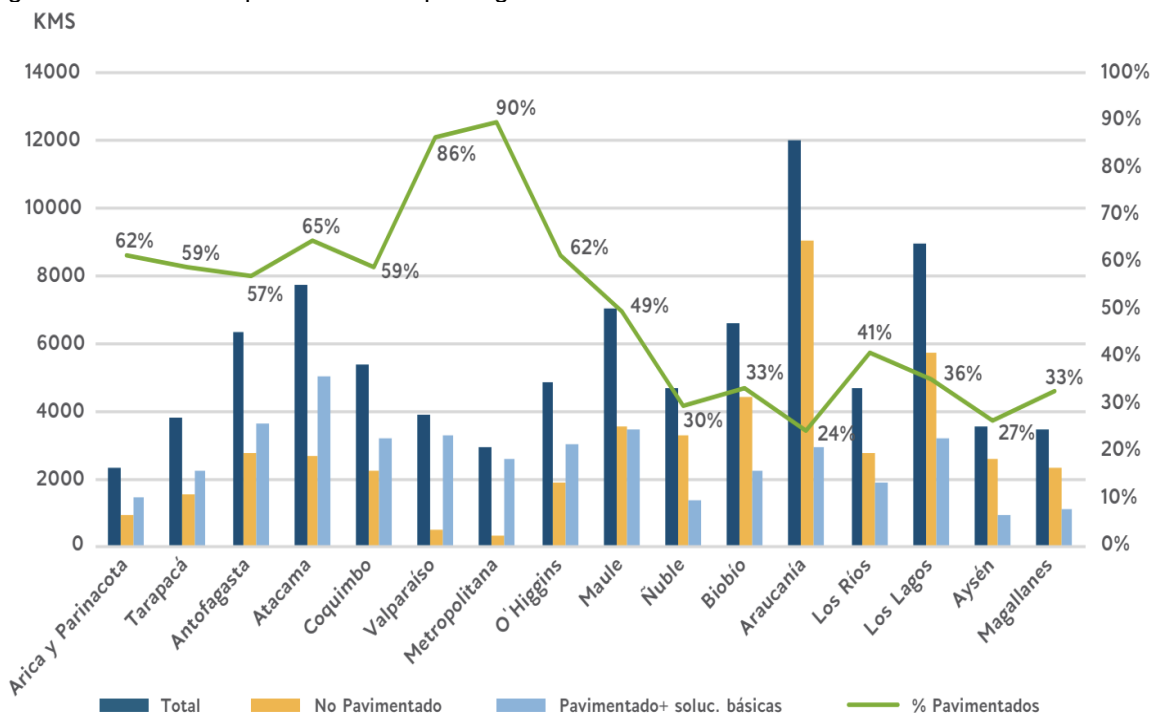
Tabla 5. Infraestructura aeroportuaria existente

Aeropuerto	Ubicación	Tipo Red	Pistas	Longitud pistas (mts)	Ancho pista (mts)
Carlos Ibáñez	P. Arenas	Primaria	3	1.677 a 2.790	45
Julio Gallardo	Natales	Secundaria	1	2.000	45
Capitán Fuentes	Porvenir	Secundaria	2	960 y 2.500	30
Guardiamarina Zañartu	P. Williams	Secundaria	1	1.440	29
Rodolfo Marsh	Antártica	Secundaria	1	1.292	39
Unión Glaciar	Antártica	P. Aero.	1	3.000	50
Pampa Guanaco	B. Inútil	P. Aero.	1	800	20
San Sebastián	S. Sebas.	P. Aero.	1	1.100	24
Cerro Guido	T. d. Paine	P. Aero	1	1.170	30

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas

Finalmente, en cuanto a rutas viales, es necesario considerar que la concentración de la inversión privada en territorios más desarrollados se ve favorecida por las economías de aglomeración, lo que provoca que el gasto público tiende a seguir esta misma lógica, destinándose en mayor medida a estos territorios más prósperos y densamente poblados. Por otro lado, los sistemas de incentivos, como las metodologías de evaluación costo/beneficio y las estimaciones de demanda potencial, suelen dejar en segundo plano los proyectos de infraestructura que son cruciales para impulsar el desarrollo en regiones menos favorecidas. Esto implica que las regiones, en particular en el caso de las zonas extremas, cuenten con menor desarrollo de infraestructura quedando relegadas respecto del resto del país (CPI, 2024). Una evidencia de esto es lo que se refleja en el Figura 18.

Figura 18. Niveles de pavimentación por región al año 2022



Fuente: Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI) con datos del Observatorio Logístico

De acuerdo con lo expresado en la Figura 18, al año 2022, Magallanes cuenta con un total de 3.460 kilómetros de caminos. De estos, 1.141 se encuentran pavimentados representando un 33% del total. Con este factor se supera, en promedio, a las regiones de la Araucanía (24%), Aysén (27%), Ñuble (30%) y se iguala con el Biobío (33%).

Respecto de la infraestructura proyectada, en particular la vinculada al sistema portuario de la región para la industria del H2V y sus derivados, se han identificado 15 iniciativas anunciadas, incluyendo ampliaciones, remodelaciones y nuevas construcciones, con distintos niveles de avance y planificación. Estas iniciativas buscan fortalecer la capacidad logística y operativa, facilitando el desarrollo y exportación de combustibles limpios. El detalle sobre esto se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Infraestructura portuaria proyectada para la industria del H2V

Nombre / Empresa	Ubicación	Tipo de estructura	Año Estima. Inicio	Longitud máx. (mts)	Ancho máx. (mts).	Profun. máx. (mts).	Tipo de obra	Capacidad transferencia (Tons/año)
J. Mardones EPA Austral	Punta Arenas	Ampliación / remodelación	2026	N/A	N/A	N/A	Refuerzo losa. Impo.	S/I
J. Mardones EPA Austral	Punta Arenas	Ampliación / remodelación	2027	400 ó 2 de 190	S/I	S/I	Amplia. Impo.	S/I



Laredo ENAP	Bahía Laredo	Ampliación / remodelación	2028	+140	+40	S/I	Artefacto Naval / Impo.	S/I
Cabo Negro ENAP	Cabo Negro	Ampliación / remodelación	2028	S/I	S/I	S/I	Amplia. Expo.	400 mil tons amoniaco
Gregorio ENAP	San Gregorio	Ampliación / remodelación	S/I	S/I	S/I	S/I	Amplia. Impo. / Expo.	S/I
Otway Otway G. E.	Seno Otway	Ampliación / remodelación	2026	419	S/I	18	Impo.	Estima. de 200 turbinas/año
Otway Otway G. E.	Seno Otway	Ampliación / remodelación	2029	419	S/I	18	Expo.	5 mill. tons. amoniaco
HNH Energy	San Gregorio	Nueva infraestructura	2030	1.650	S/I	16	Impo. / Expo.	5 mill. m3 ó 1 mill. tons para impo. / 10 mill. Tons expo.
Total Energies	Bahía Posesión	Nueva infraestructura	S/I	S/I	S/	12	Impo. / Expo.	S/I
TEG Chile	Gente Grande	Nueva infraestructura	2030	1.600	30	10	Impo.	S/I
TEG Chile	Gente Grande	Nueva infraestructura	2030	3.500	35	15	Expo.	150 mil m3 amoniaco
Llaquedona	Gente Grande	Nueva infraestructura	S/I	S/I	S/I	15	Mono-boya	S/I
Nordex	Punta Catalina	Nueva infraestructura	S/I	S/I	S/I	13	Mono-boya	S/I
Armonía	Bahía Inútil	Nueva infraestructura	S/I	1.000 / 1.200	36	12/15	Impo. / Expo.	S/I
Armonía	Bahía Inútil	Nueva infraestructura	S/I	399	S/I	5	Rampa	S/I

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en entrevistas, estudios de impacto ambiental, solicitudes de concesiones marítimas y prensa.

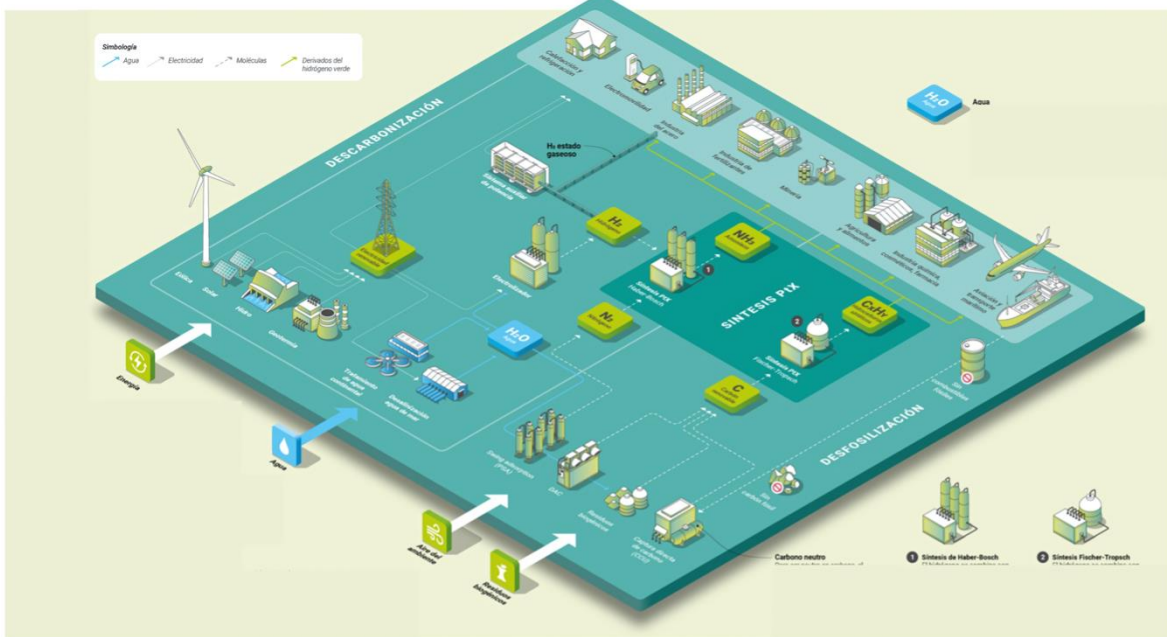
#### 4. Proceso productivo del H2V e insumos potencialmente disponibles

En el proceso productivo del hidrógeno verde o renovable<sup>4</sup>, varios insumos clave son generados a lo largo del proceso, cada uno de ellos desempeñando un papel relevante en la cadena de valor de los productos finales. Según se puede observar en la Figura 19, el proceso productivo considera elementos asociados a la fuente de obtención de la energía renovable, la adquisición del recurso hídrico, la

<sup>4</sup> Hidrógeno renovable es un término más amplio que puede referirse al hidrógeno producido a partir de cualquier fuente de energía renovable. Esto incluye el hidrógeno verde, pero también podría incluir otras formas de producción que aprovechan recursos renovables como el obtenido a través de biomasa o el hidrógeno azul, si se utilizan tecnologías avanzadas, considerando la captura de emisiones generada por el gas.

conversión bioquímica o termoquímica, el almacenamiento, el transporte y sus usos finales (PtX Hub International, 2023).

Figura 19. Proceso productivo para la obtención de hidrógeno verde y sus derivados



Fuente: International PtX Hub, 2023

Inicialmente, la generación eléctrica, proveniente de fuentes renovables como la energía solar o eólica (siendo esta última la que será utilizada en el caso de la región de Magallanes), alimenta el proceso de electrólisis. Este proceso divide la molécula de agua (H<sub>2</sub>O), produciendo hidrógeno y oxígeno como subproducto. En regiones costeras, como ocurre en el territorio austral al estar aledaño al Estrecho de Magallanes, el agua utilizada se obtiene a través de la desalación, lo que agrega un componente adicional de infraestructura en la cadena de producción. Además, el agua de proceso, aparte del agua desalada utilizada en la electrólisis, se requiere para enfriamiento, limpieza de gases, y como reactivo en etapas específicas del proceso. Esta agua debe ser tratada para cumplir con las especificaciones necesarias. Por su parte, el oxígeno generado durante la electrólisis podría ser aprovechado en diversas aplicaciones industriales, aumentando la eficiencia del proceso.

A medida que el hidrógeno se produce, se puede combinar con otros elementos para formar productos como el amoníaco verde o combustibles derivados del metanol verde, ambos de gran importancia para la industria química y energética, al ofrecer alternativas sostenibles a los productos convencionales derivados de fósiles. En la producción de amoníaco verde, metanol verde y otros combustibles derivados del H<sub>2</sub>V, se requiere una variedad de insumos y recursos

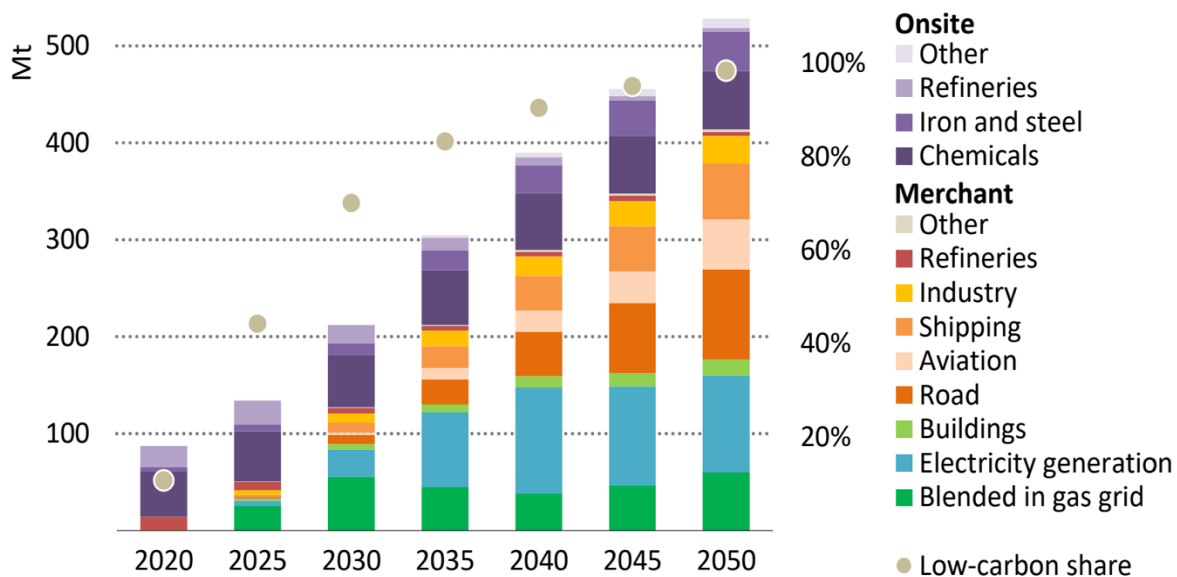
adicionales. Además de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, el agua desalada, el hidrógeno y el oxígeno, existen otros elementos a considerar. Para la producción de amoníaco verde, es necesario combinar H<sub>2</sub>V con nitrógeno, que se obtiene del aire mediante procesos de separación como la destilación criogénica o la absorción por cambio de presión (PSA). Este nitrógeno se utiliza en el proceso Haber-Bosch modificado, donde se sintetiza el amoníaco. En el caso del metanol verde (CH<sub>3</sub>OH), se requiere dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que puede ser capturado directamente del aire o de fuentes industriales mediante tecnologías de captura de carbono. Aunque la hidrogenación de CO<sub>2</sub> para producir metanol es posible al combinarlo con H<sub>2</sub>V a través de un proceso catalítico, esta tecnología aún no ha alcanzado una madurez suficiente para su aplicación a gran escala. Actualmente, la ruta más establecida a nivel industrial es la síntesis a partir de monóxido de carbono (CO) y H<sub>2</sub>, donde el CO puede provenir de la conversión del CO<sub>2</sub>. Los catalizadores, como el hierro o rutenio en la producción de amoníaco, y el cobre, zinc y aluminio en la síntesis de metanol, son esenciales para facilitar las reacciones químicas involucradas (Acciona , 2024), (Iberdrola, 2024).

## 5. Usos finales del hidrógeno verde y sus derivados

De acuerdo con datos de la *International Energy Agency* (IEA), desde el año 2000 hasta el 2020, la demanda de hidrógeno en el mundo ha crecido un 50%. Sólo el año 2020 la demanda fue de, aproximadamente, 90 millones de toneladas (Mt) lo cual no incluye otros 30 Mt que se encuentran presentes en gases residuales de procesos industriales como el calor y la electricidad. Sus usos preferentes han sido, históricamente, la producción de amoníaco, la industria química/refinería, la industria electrónica, la industria del metal y el vidrio y la industria de los alimentos (International Energy Agency, 2021).

Adicionalmente la IEA, a través de su reporte “*Net Zero by 2050: A roadmap for the Global Energy Sector*”, proyecta un aumento de la demanda para el hidrógeno y los combustibles basados en hidrógeno, lo cual incluye al amoníaco verde y los combustibles sintéticos, que superaría los 200 Mt para el 2030, bordearía los 400 Mt en 2040 y sobrepasaría los 500 Mt al 2050. Entre los usos principales para la proyección realizada, considerando distribución comercial, destacan el *blending* con gas, la generación eléctrica, el transporte de rodado (terrestre), la aviación, el shipping y el uso industrial. Respecto del hidrógeno que será generado *onsite* (o “in situ”) en los procesos productivos, se señalan los usos químicos, el acero y el cemento como los más relevantes (International Energy Agency, 2021). Para un mayor detalle observar Figura 20.

Figura 20. Proyección de demanda global de hidrógeno y combustibles basados en hidrógeno, según tipos de usos, para la carbono neutralidad al 2050

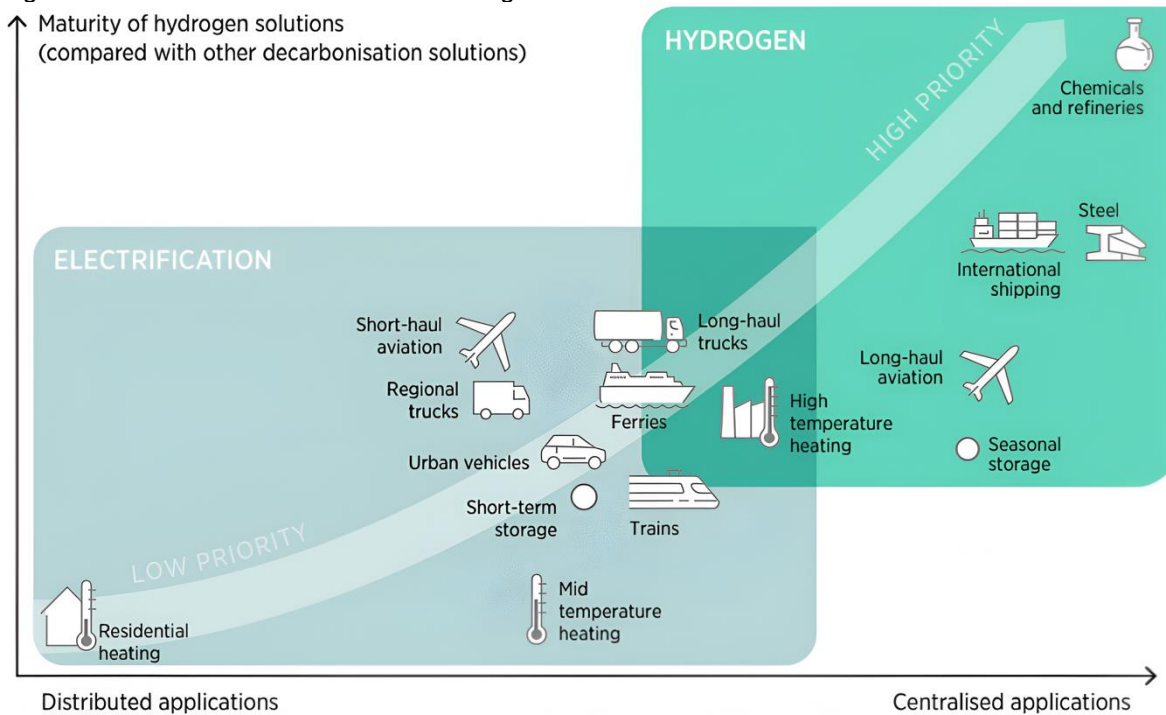


Fuente: International Energy Agency (IEA), 2021

No obstante, aun cuando se proyecta un aumento de la demanda del hidrógeno, considerando las numerosas posibilidades para su uso o aplicación, resulta necesario priorizar aquellas áreas donde realmente demuestra ser más eficiente que otras soluciones, ya sea desde la simplicidad de su aplicación, la obtención de un costo de producción más competitivo o incluso cuando su adopción resulte ser más segura o conveniente. De esta manera, el hidrógeno verde y sus derivados, se posiciona como una parte complementaria de la estrategia hacia el logro de las metas de la descarbonización, trabajando en conjunto con otros avances tecnológicos, y no como la única posibilidad para abordar todos los desafíos existentes (Liebreich Associates, 2021).

Un ejemplo práctico de esto es la complementariedad de desafíos que pueden abordar de forma conjunta los procesos de electrificación y el uso del hidrógeno. La electrificación es más adecuada para actividades menos intensivas, como el uso en vehículos livianos, de menor tamaño, o diseñados para distancias cortas. Por otro lado, el hidrógeno es más apropiado para actividades que requieren mayor densidad energética, como la producción de acero, usos químicos y de refinería, y en el transporte para vehículos medianos y pesados o aquellos diseñados para recorrer largas distancias (ver Figura 21).

Figura 21. Prioridad de utilización de hidrógeno v/s electrificación directa



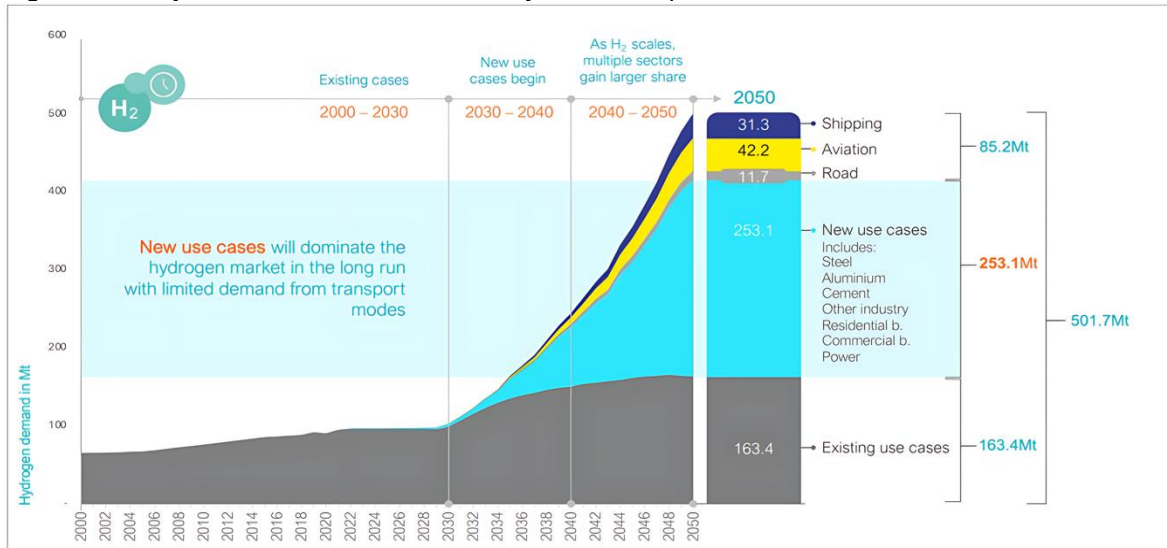
Fuente: IRENA, 2022

### 5.1. Áreas de mayor competitividad y probabilidad de adopción temprana del H2V

El H2V tiene el potencial de actuar como un vector energético y también como materia prima, con la capacidad de descarbonizar diversos sectores, especialmente aquellos denominados como difíciles de abatir, apoyando así los esfuerzos globales para reducir las emisiones al 2050. La principal razón detrás del creciente interés por el H2 en varios sectores es la necesidad urgente de disminuir las emisiones de carbono. La producción de H2 a partir de fuentes limpias, junto con el desarrollo de infraestructura y sistemas de transporte en distintas regiones, será clave para garantizar un suministro diverso y contribuir a la seguridad energética con bajas emisiones a nivel global. En la actualidad, aproximadamente tres cuartas partes del H2 se destinan a operaciones de refinería y procesos químicos, como la producción de amoníaco, fertilizantes y la desulfuración de combustibles. Según la IEA, se espera que el uso de H2 permanezca casi estancado en sus casos de uso industriales actuales hasta 2030. En cambio, los escenarios de demanda de hidrógeno para 2050 proyectan un crecimiento en varios sectores, aunque el alcance y la velocidad de adopción estarán limitadas a desafíos como infraestructura, regulación y adaptación de los ecosistemas para escalar su uso. Entre los nuevos sectores que serían intensivos, en la adopción del H2V y sus derivados, se encuentra la industria pesada (siderurgia, cemento, aluminio y

productos químicos), la producción de fertilizantes, el transporte pesado (marítimo, aéreo y terrestre de larga distancia) y la producción de metanol y combustibles derivados (International Chamber of Shipping, 2024). Ver Figura 22.

Figura 22. Proyección sobre el uso del H2V y derivados por sectores al 2050

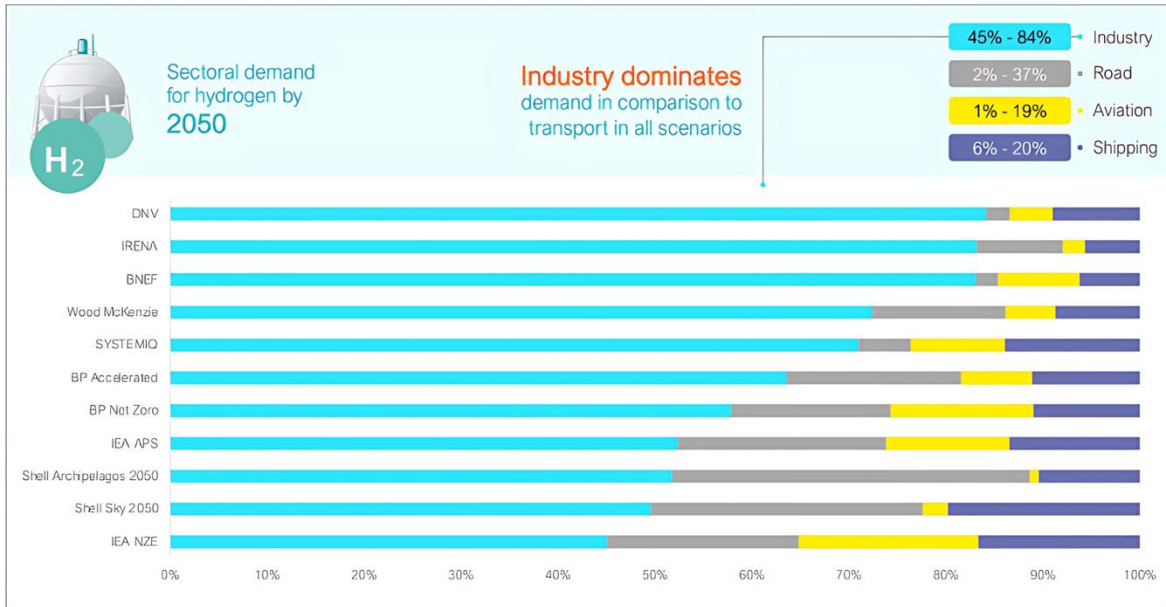


Fuente: International Chamber of Shipping con información de Bloomberg NEF

Adicionalmente, en un comparativo entre las proyecciones de diversas entidades reconocidas a nivel mundial, las expectativas sobre la demanda del H2 difieren considerablemente comenzando desde los 90 millones de toneladas (mt) hasta los 600mt al año 2050. No obstante, haciendo una simplificación en cuanto a los sectores mejor posicionados para la adopción temprana, existen similitudes donde el consumo industrial toma una posición preponderante seguido del transporte terrestre, el marítimo y finalmente el aéreo. Cambiar el consumo actual de H2 basado en combustibles fósiles a métodos de producción más amigables con el clima sería una transformación relativamente sencilla, ya que los procesos industriales solo tendrían que obtener materias primas de otra fuente, sin necesidad de modificar significativamente las instalaciones industriales (por ejemplo, la producción de fertilizantes a base de amoníaco). Sin embargo, en el caso del sector del hierro y el acero, los procesos y, por lo tanto, las instalaciones de producción requieren cambios más significativos y costosos para pasar del carbón al hidrógeno, lo que implica que el tiempo para implementar esta transformación será más largo. Para las aplicaciones en el transporte, no solo sería necesario cambiar los motores y los sistemas de almacenamiento en aviones, barcos o camiones, sino que también habría que modificar la logística del combustible. Además, para el transporte marítimo y la aviación sí existen alternativas, como los biocombustibles, que, si bien no tendrán la capacidad de cubrir toda la demanda, seguirán siendo parte de la

solución y a costos competitivos (International Chamber of Shipping , 2024). Para esto observar en la Figura 23.

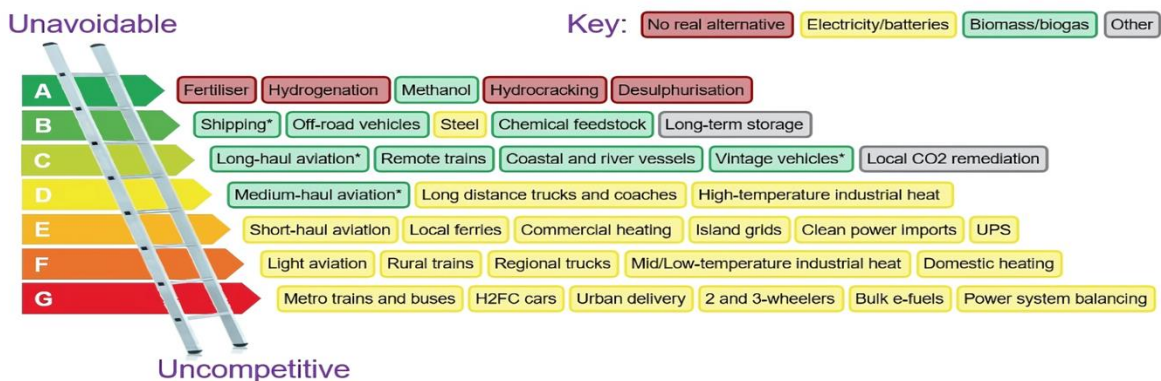
Figura 23. Proyecciones comparadas de demanda del hidrógeno al 2050



Fuente: International Chamber of Shipping con información de IEA, BP, Shell, DNV, McKinsey, IRENA, Bloomberg NEF, Wood McKenzie, Hydrogen Council Kearney, SystemIQ, Deloitte.

Esta identificación de los sectores con mayor potencial en el uso del H2V y sus derivados es coincidente con lo que señala el experto y fundador de *Bloomberg New Energy Finance*, Michael Liebreich, con su denominada “*Hydrogen Ladder*”, la cual clasifica las diferentes aplicaciones del hidrógeno según su viabilidad económica y tecnológica, así como su idoneidad para la descarbonización. Esta escalera organiza las aplicaciones del H2 en una jerarquía, desde aquellas donde resulta esencial e insustituible, hasta aquellas donde es menos eficiente o existen mejores alternativas como la electrificación o los biocombustibles según sea el caso (ver Figura 24).

Figura 24. Áreas de competencia del hidrógeno verde y derivados con otras tecnologías

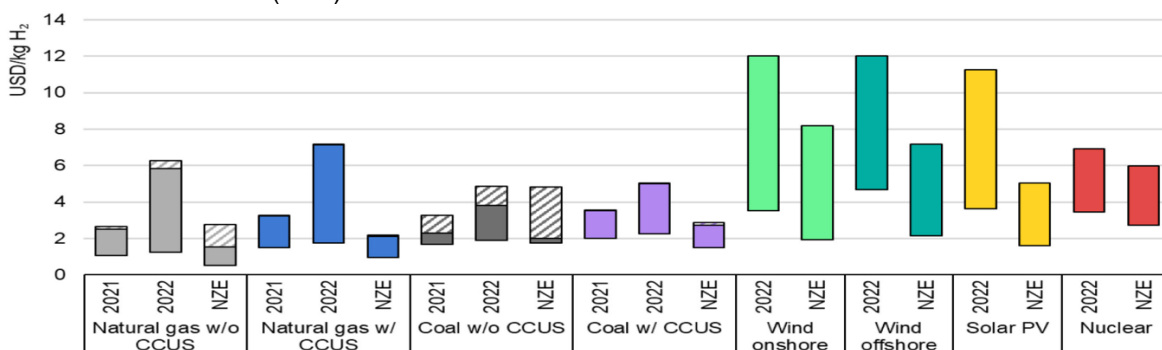


Fuente: Liebreich Associates, 2021

En cuanto a las aplicaciones que demuestran mayor oportunidad para el H2V, aun considerando solo estos sectores y excluyendo los demás, estas representarían una demanda base sobre las cuales existen importantes brechas que cubrir a nivel global lo que podría incentivar a los exportadores de hidrógeno a construir instalaciones de producción y exportación para satisfacer esta necesidad creciente (International Chamber of Shipping, 2024).

Entre los riesgos que se señalan para el uso masivo del H2V uno de los más frecuentes es el costo de producción, el cual varía según la tecnología empleada y el precio de la fuente de energía, factores que, en otros elementos, dependen de la región donde se genere. Antes de la crisis energética global provocada por la invasión de Rusia a Ucrania, el costo nivelado de producción de H2 a partir de fuentes fósiles sin captura de carbono oscilaba entre 1,0 y 3,0 USD/kg H2, siendo la opción más económica en 2021. En contraste, la producción con captura y almacenamiento de carbono (CCUS) o H2 azul tenía un costo de 1,5 a 3,6 USD/kg H2, mientras que la electrólisis con electricidad de bajas emisiones presentaba valores más altos, entre 3,4 y 12 USD/kg H2 (IEA, 2023). Para un mayor detalle observar la Figura 25.

Figura 25. Costo nivelado de producción de H2 según tecnología al 2021, 2022 y en el escenario de Emisiones Netas Zero (NZE) al 2050.



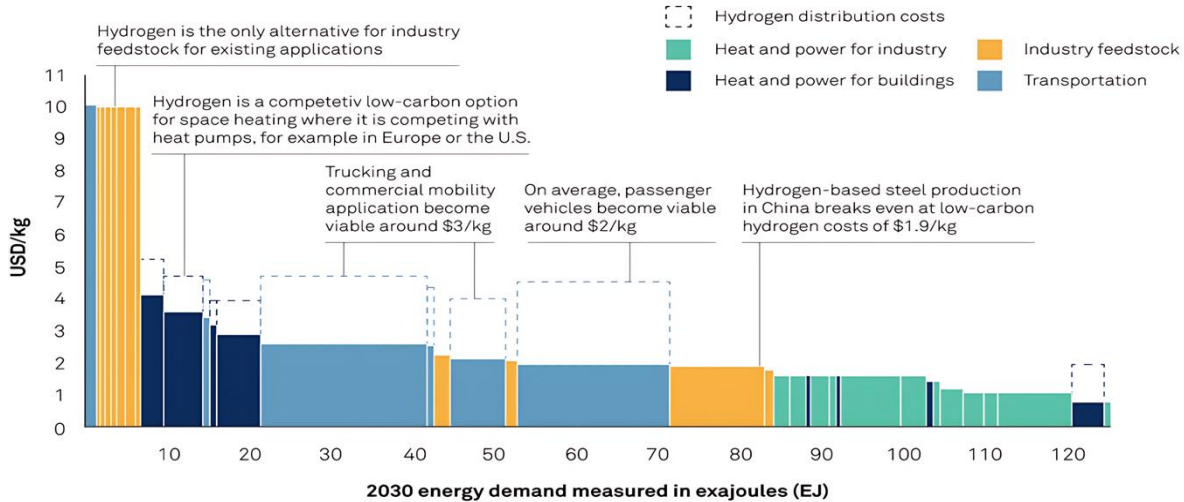
Fuente: International Energy Agency, 2023

Los pronósticos sobre la demanda futura de H2 presentan una considerable variabilidad e incertidumbre de cara a 2050. Esta incertidumbre, relacionada en gran parte con el avance tecnológico, provoca fluctuaciones significativas en las proyecciones tanto del volumen total de H2 producido como de los sectores que lo consumirán. Desde un punto de vista económico, el elemento central será el precio global del H2: si los precios de mercado son muy bajos, su uso se expandirá a una amplia gama de aplicaciones, compitiendo de manera directa con la electrificación. Incluso se indica que el costo del H2 a partir de energías renovables deberá caer más del 50% (entre 2.0 y 2.5 USD/kg) para que sea una alternativa viable a los combustibles tradicionales (Ver Figura 26). Esto podría ser alcanzable con costos de producción a partir de energía solar o eólica de entre 20 USD/MWh y 30



USD/MWh, o incluso menos, si el gasto de capital en electrolizadores disminuye entre un 30% y 50% a medida que se construyan plantas a escala industrial (S&P Global, 2020).

Figura 26. Curva de costos para la producción de hidrógeno en todos los segmentos

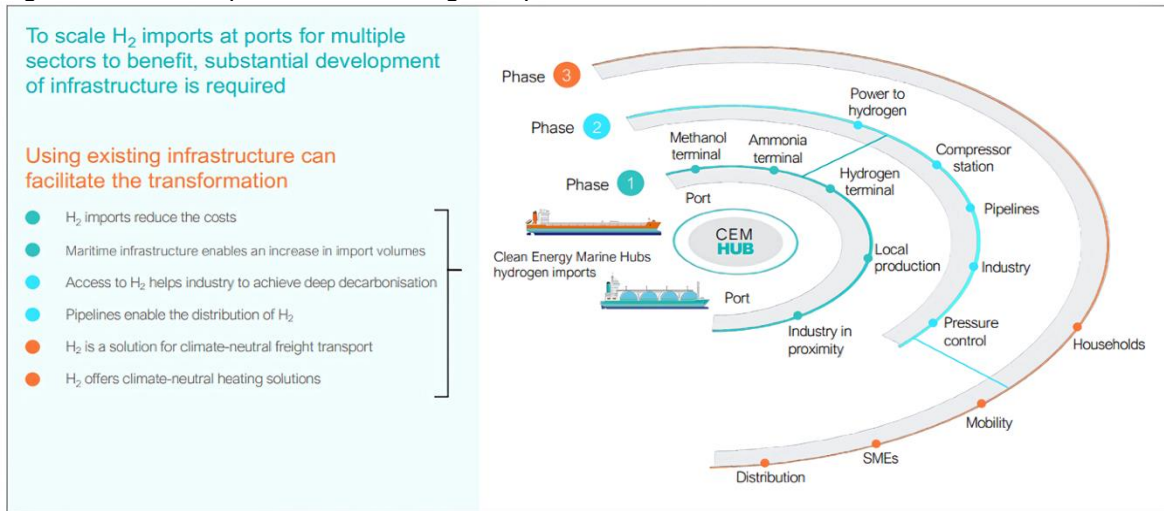


Fuente: S&P Global, 2020

Un desafío adicional a nivel global será el desarrollo y modernización de infraestructura para adoptar tecnologías como el H2V y sus derivados a gran escala. En este sentido, se señala, los puertos desempeñarán un papel determinante para aumentar el suministro y satisfacer todos los casos de uso relevantes. Una cadena de suministro bien establecida para los combustibles limpios (como el amoníaco y el metanol) depende en gran medida de la infraestructura, específicamente la de transporte y distribución. Un ecosistema bien conectado con infraestructura transnacional de H2 no solo garantiza un suministro seguro y confiable, sino que también ofrece precios justos de mercado para todos los participantes conectados, proporcionando la mejor señal de precios posible para las inversiones en suministro, transporte y activos de consumo. Dada la complejidad de este desafío y los estándares que serán demandados, se indica que es probable que se desarrollen núcleos o "centros de energía limpia" cerca de la infraestructura marítima de importación (ver Figura 27), lo que los hará muy atractivos para los consumidores industriales de H2, siempre que las zonas adyacentes a estas áreas permitan la construcción de más fábricas o la instalación de nuevas industrias. En este sentido, el transporte marítimo juega un papel fundamental como facilitador de una economía basada en el H2 y es clave para la seguridad energética global. A largo plazo, el transporte marítimo podría convertirse en una fuente relevante de demanda de H2, ya que este sector necesita combustibles almacenables con alta densidad energética. Sin embargo, en las primeras décadas, el H2 se utilizará principalmente para la descarbonización profunda de la industria, y la primera tarea del transporte

marítimo será facilitar la transición hacia una economía del H2 mediante el establecimiento del comercio internacional (International Chamber of Shipping , 2024).

Figura 27. Centros portuarios de energía limpia



Fuente: International Chamber of Shipping, 2024

## 5.2. Usos finales por tipo de sector

A partir de la revisión bibliográfica internacional sobre el desarrollo del H2V y sus derivados, además de considerar los insumos adicionales producidos o demandados por la industria, se identificaron sectores donde su adopción presenta mayor competitividad y viabilidad tecnológica. Este análisis permitió segmentar las principales aplicaciones en distintos sectores destacando su potencial en usos industriales, transporte, energía, agricultura y servicios tecnológicos.

Es importante señalar que esta segmentación no representa una priorización definitiva de oportunidades, sino un marco general que facilita el análisis de usos potenciales. A medida que la tecnología evoluciona, los costos se reducen y la demanda se consolida y diversifica, es esperable que surjan nuevas aplicaciones y modelos de adopción ampliando su alcance en cadenas productivas.

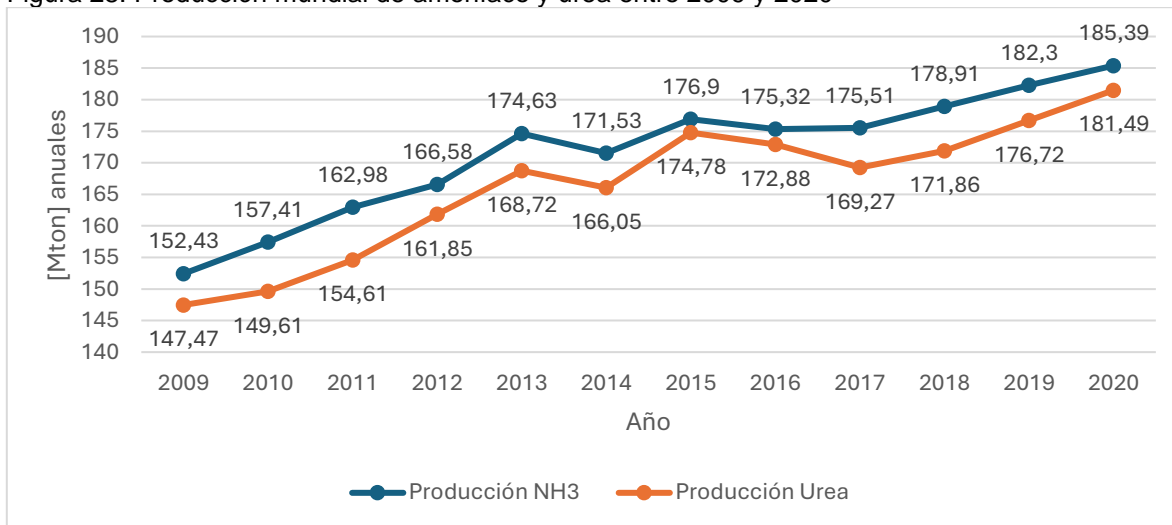
### 5.2.1. Usos o aplicaciones en el sector industrial

- **Refinerías y transformación de hidrocarburos:** Considerando procesos tales como la hidro desulfuración y el hidro craqueo, las refinerías desde larga data resultan ser intensivas en el uso del H2 para la obtención de sus productos finales. Con esto logran reducir el contenido de azufre en los combustibles lo cual se encuentra cada vez más regulado. Los procesos de descomposición de moléculas de hidrocarburo más pesadas permiten la

obtención de productos más ligeros como la gasolina y el diésel. Esto a su vez produce gases más ligeros útiles para el combustible de la refinería, así como otros componentes para aceites de alta calidad, lubricantes y materias primas petroquímicas (GIZ, 2019).

- **Industria química:** El H2V y sus derivados representa una oportunidad transformacional para la industria química, proporcionando una fuente de energía limpia y un insumo fundamental para la producción sostenible de productos como amoníaco, metanol y otros compuestos químicos. Al ser producido a partir de energías renovables, el H2V permite a la industria química reducir de forma sustancial su huella de carbono, avanzar hacia la descarbonización y cumplir con los objetivos globales de sostenibilidad. Algunos usos y aplicaciones son los siguientes:
  - **Amoniaco verde (NH<sub>3</sub>):** El amoniaco es un producto químico ampliamente utilizado en el mundo estimándose un mercado superior a los 185 millones de toneladas al año 2020. De esta cantidad, casi el 80% se utiliza en la producción de fertilizantes para el sector agrícola, donde además de consumir el amoniaco de forma directa, se usa también para la síntesis de urea (ver Figura 28). La urea (NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>) es un compuesto orgánico soluble en agua que se utiliza principalmente como fertilizante para suministrar nitrógeno a los cultivos. Además, tiene aplicaciones en la fabricación de adhesivos, plásticos, tintas, resinas, productos farmacéuticos, cosméticos, y en el acabado de textiles, papel y metales. También se emplea como suplemento alimenticio para el ganado (GIZ, 2022).

Figura 28. Producción mundial de amoníaco y urea entre 2009 y 2020



Fuente: Industria del amoníaco: Estado actual y oportunidades para la descarbonización, GIZ, 2022

Del total de producción realizada, cerca de un 10% se comercializa en los mercados internacionales considerando que países como China, uno de los principales productores del mundo (un 30% al año 2019) es a su vez uno de los principales consumidores con 54,3 millones de toneladas al mismo año. Otros países y regiones relevantes como productores son Rusia (10%), Estados Unidos y Medio Oriente (9% cada uno), la Unión Europea y la India (8% cada uno). En cuanto a los países exportadores destacan Arabia Saudita (26%), Rusia (17,6%) y Trinidad y Tobago (14,6%) concentrando más del 50% de exportaciones de amoníaco a nivel mundial (GIZ, 2022).

Un mayor detalle sobre los principales usos y aplicaciones para el amoníaco es el que se presenta a continuación:

- Fertilizantes: Su caracterización se aborda en la sección de uso o aplicaciones para el sector agrícola.
- Refrigerantes: El amoníaco (NH<sub>3</sub>) es una opción rentable y eficiente como refrigerante frente a los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Es posiblemente el método más económico y que ofrece un rendimiento de mayor eficiencia, de entre un 15% y un 20%, respecto de otras alternativas. El NH<sub>3</sub> utilizado como refrigerante es capaz de alcanzar temperaturas de hasta -50°C, lo que lo hace ideal para su uso en plantas de refrigeración por absorción en sectores industriales que requieren bajas temperaturas y una refrigeración continua, como es el caso de las cámaras frigoríficas para alimentos. En cuanto a impactos medioambientales, demuestra también un mejor rendimiento, tanto en potencial de calentamiento global (PCG) y potencial de agotamiento del ozono, obteniendo un indicador “0” para ambos índices (Minae - PNUD, 2021).
- Explosivos: El nitrato de amonio se produce a partir de la reacción entre el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). La reacción es altamente exotérmica y produce una solución de nitrato de amonio que puede ser concentrada para obtener cristales sólidos. Una de las aplicaciones más comunes del nitrato de amonio en explosivos es el *Ammonium Nitrate Fuel Oil* (ANFO), que se compone de un 94% de nitrato de amonio y un 6% de combustible, generalmente diésel. El ANFO es un explosivo económico y ampliamente utilizado en minería, construcción y demoliciones (Enaex, 2010).
- Carrier transportador: Además de las aplicaciones que presenta el amoníaco verde, este funciona como un *carrier* más eficiente

para el transporte de H<sub>2</sub> a largas distancias. El amoníaco líquido puede ser almacenado a temperaturas relativamente moderadas (alrededor de -33 °C a presión atmosférica) y a presiones manejables. En cambio, el H<sub>2</sub> líquido requiere temperaturas extremadamente bajas (alrededor de -253 °C), lo que implica el uso de tecnologías costosas y complejas. El H<sub>2</sub> gaseoso, aunque no requiere temperaturas tan bajas, debe ser comprimido a altas presiones (generalmente entre 350 y 700 bar), lo que también implica el uso de recipientes de alta presión y compresores sofisticados. Al comparar la densidad del H<sub>2</sub> en diferentes formas, se observa que el hidrógeno contenido en amoníaco líquido (121 kg-H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) tiene una densidad mayor que el H<sub>2</sub> líquido (71 kg-H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) y el H<sub>2</sub> gaseoso comprimido (39 kg-H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). Esto significa que el amoníaco líquido permite almacenar 1,7 y 3,1 veces más H<sub>2</sub> que estando en estado líquido y gaseoso, respectivamente. Como resultado, es posible transportar grandes cantidades de H<sub>2</sub> sin aumentar considerablemente el volumen de los tanques de almacenamiento (GIZ, 2022).

- Uso directo de H<sub>2</sub>: Otros usos o aplicaciones en que se utiliza el H<sub>2</sub> son los siguientes:
  - Aceites y grasas: La hidrogenación es un proceso químico utilizado para convertir aceites y grasas insaturados en formas más saturadas, lo que afecta su textura, estabilidad y punto de fusión. Aceites vegetales líquidos, por medio de la hidrogenación, se transforman en grasas sólidas o semisólidas como las que se encuentran en la margarina (GIZ, 2019).
  - Peróxido de H<sub>2</sub>: También conocido como agua oxigenada, es un producto químico muy reactivo compuesto por H<sub>2</sub> y oxígeno. El peróxido de H<sub>2</sub> se utiliza como decolorante o desinfectante en productos de consumo como tintes decolorantes para el pelo, productos para la permanente, alisadores de pelo, gotas para los oídos, en colutorios antisépticos, productos para tratar las llagas bucales, pastas de dientes y blanqueamiento dental. También se utiliza en soluciones para la desinfección de lentes de contacto y heridas (European Commission, 2020).
  - Ácido clorhídrico: El ácido clorhídrico es una solución acuosa del gas cloruro de H<sub>2</sub> (HCl). Es un ácido fuerte y altamente corrosivo que se disocia completamente en agua. Se utiliza frecuentemente como reactivo químico en diversas aplicaciones industriales y de laboratorio. Se utiliza, por

- ejemplo, en la limpieza, tratamiento y galvanizado de metales, así como en el curtido de cueros (MFFChemicals, 2023).
- Metanol verde: El metanol es un alcohol simple, incoloro y volátil, con la fórmula química  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Es utilizado como solvente, en la producción de formaldehído, como resinas, como ácido acético y también como combustible y en la fabricación de biodiesel, entre otras aplicaciones industriales. También es conocido como alcohol metílico o alcohol de madera. En general la producción del metanol requiere de tres pasos: 1) La preparación de gas sintético; 2) Síntesis de metanol y; 3) Purificación / destilación. La conversión del  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$  a metanol utiliza la tecnología de un convertidor de tubo con enfriamiento y con el catalizador para llevar la reacción de síntesis de metanol y producir metanol crudo (64%w) a escala piloto con un contenido de agua (36%w). Luego, a través del proceso conocido como "*Methanol to Gasoline*" (MtG), en una columna de destilación se realiza la separación entre metanol y agua usando la diferencia de puntos de ebullición del metanol y el agua,  $72^\circ\text{C}$  y  $100^\circ\text{C}$ , respectivamente. El metanol refinado contiene un 96%w de metanol y 4%w de agua quedando listo para ser procesado y obtener distintos tipos de combustibles (MDPI, 2023):
    - Gasolinas sintéticas: El metanol ingresa al reactor de lecho fluidizado donde se lleva una reacción de deshidratación (el metanol pierde su molécula de agua) y forma cadenas de hidrocarburos, lo que se conoce como gasolina. Desde allí se realizan adaptaciones al producto para que pueda ser utilizado tanto en el transporte terrestre como en el aéreo (E-SAF). Sobre estos tipos de combustibles se puede encontrar una mayor profundización en el apartado de usos y aplicaciones del  $\text{H}_2$  en el transporte.
    - Obtención de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ): Un aspecto a considerar en la producción de combustibles sintéticos en base a  $\text{H}_2\text{V}$ , es la necesidad de contar con fuentes de donde obtener el  $\text{CO}_2$  para el proceso de síntesis. Esta actividad por sí misma representa otra oportunidad en términos de encadenamientos productivos puesto que, dependiendo del tipo de fuente que se utilice, puede significar necesidades logísticas y de transporte y/o la instalación de plantas industriales en el territorio. El tipo de fuente para la obtención del  $\text{CO}_2$  no es trivial para la producción de combustibles carbono neutrales, las fuentes más adecuadas son aquellas que pueden ser gestionadas para no aumentar concentraciones netas de  $\text{CO}_2$ . Entre estas se

encuentran el CO2 capturado de la atmósfera (DAC); CO2 obtenido de procesos biogénicos (fermentación, combustión de biomasa, producción de pulpa y papel, entre otras) y no biogénicas inevitables (producción de cemento, hierro, acero u otras) (GIZ, 2023). (Más detalles en Tabla 7).

Tabla 7. Concentraciones de CO2, presión total y principales contaminantes de la corriente, para distintas fuentes puntuales de emisión.

Fuente	Concentración de CO2 (%)	Presión de la corriente (MPa)	Contaminantes principales
<b>No biogénicas (evitables)</b>			
Refinerías de gas y petróleo	3-13	0.1	
Producción de energía y calor	3-13	0.1	
Procesamiento de GN	Rango amplio	0.1	
Producción de H2 (amoníaco/metanol)	15-20	2.2-2.7	
<b>No biogénicas (inevitables)</b>			
Producción de cemento	14-33	0.1	Sox: 230 ppm NOx: 500 ppm PM: 10 ppm
Producción de hierro y acero	20-27	0.1-0.3	
<b>Biogénicas</b>			
Producción de pulpa y papel	10-20	0.1	SOx: 60 ppm NOx: 125 ppm PM: 30 ppm
Biocombustibles a partir de fermentación	100	0.1	---
Upgrading de biogás (separación de CO2)	35-50	0.1	H2S: 0-10000 ppm
Producción de energía y calor a partir de biomasa	8-10	0.1	SO2: 250-400 ppm NOx: 100-400 ppm PM: 30 ppm

Fuente: Adaptado de Análisis de la disponibilidad de Co2 para producción de derivados de H2, GIZ, 2022

- Otros usos del metanol verde: El metanol es también utilizado para fabricar formaldehído, ácido acético, metil-terc-butil-éter (MTBE), y dimetil éter (DME). Estos compuestos tienen aplicaciones en la fabricación de resinas, plásticos, adhesivos, solventes y otros productos químicos industriales. En la industria del papel, por ejemplo, el metanol es utilizado como solvente en procesos de extracción y tratamiento de la pulpa (Green Chemistry, 2022). El metanol también se utiliza en la industria farmacéutica para la producción de medicamentos o la síntesis de vitaminas, hormonas y otros productos médicos. Un ejemplo de esto un estudio que detalla el uso de metanol en la preparación y validación de métodos analíticos para

vitaminas en tabletas, destacando su papel en la extracción y análisis de nutrientes como la vitamina E y la cianocobalamina (vitamina B12) en formulaciones multivitamínicas (Oxford Academic, 2019).

- Acero: El acero es uno de los materiales más empleados en el mundo. Con más de dos mil millones de toneladas fabricadas anualmente, es uno de los principales elementos usados en automóviles, edificios y objetos del día a día, como cubiertos o herramientas, entre otros. Además, en su fabricación emplea directamente a más de seis millones de personas. Según la IEA, se prevé que al 2050 la demanda de acero aumente en más de 1/3. Es relevante considerar que esta es una de las industrias más contaminantes y consumidoras de energía del planeta. Su fabricación se produce en altos hornos que emplean combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) para alcanzar las altas temperaturas y reacciones químicas necesarias. Esto origina, aproximadamente, un 7 % de las emisiones globales y el 16% de las industriales totales de CO<sub>2</sub> causadas por el ser humano a nivel mundial. El uso del H<sub>2</sub> tiene dos aplicaciones relevantes en la industria del acero. En primer lugar, como vector energético, debido a su capacidad para generar altas temperaturas, ya que la producción de acero requiere de hornos que alcanzan temperaturas muy elevadas, tradicionalmente mediante la quema de combustibles. En segundo lugar, el hidrógeno puede actuar como un agente reductor en el proceso de producción de acero, que se lleva a cabo en una atmósfera reductora, carente de oxígeno y con condiciones químicas específicas. Aunque históricamente el uso del H<sub>2</sub> como reductor ha sido costoso, lo que ha llevado a la preferencia por alternativas más contaminantes como el gas natural, las mejoras tecnológicas actuales hacen viable su uso, ofreciendo una oportunidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de acero (MDPI, 2024). Adicionalmente, el H<sub>2</sub> se utiliza como agente reductor en la producción de diversos metales. Se han encontrado aplicaciones comerciales en la síntesis de metales del grupo del platino, así como en metales raros como el germanio y el renio. También es empleado en la producción de grados especiales de metales, como en la obtención de níquel fino y polvos de cobalto, ambos utilizados en la minería. Actualmente, el H<sub>2</sub> se usa principalmente para la síntesis de tungsteno y molibdeno, donde se logra la producción de polvos metálicos muy puros a través de la reducción de sus óxidos con hidrógeno (GIZ, 2019).
- Cemento y hormigón: La producción mundial de cemento ha crecido de forma exponencial en las últimas décadas, impulsada principalmente por la demanda de países en desarrollo. En la actualidad, la producción global de cemento se estima en aproximadamente 4.2 mil millones de toneladas al año, con China siendo el mayor productor, representando más de la mitad de esta



producción mundial. Adicionalmente, la industria del cemento es una de las más contaminantes en emisiones de GEI. Se estima que la producción de cemento es responsable de entre un 7 y 8% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Estas provienen principalmente de dos fuentes: 1) Descarbonatación del calcio: Durante la producción de Clinker, el componente principal del cemento, se libera CO<sub>2</sub> cuando la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>) se calienta y se descompone en óxido de calcio (CaO) y CO<sub>2</sub>; 2) Combustión de combustibles fósiles: Utilizados para calentar los hornos a temperaturas muy altas, emitiendo grandes cantidades de CO<sub>2</sub> (Barbhuiya, Kanavaris, Das, & Idrees, 2024)

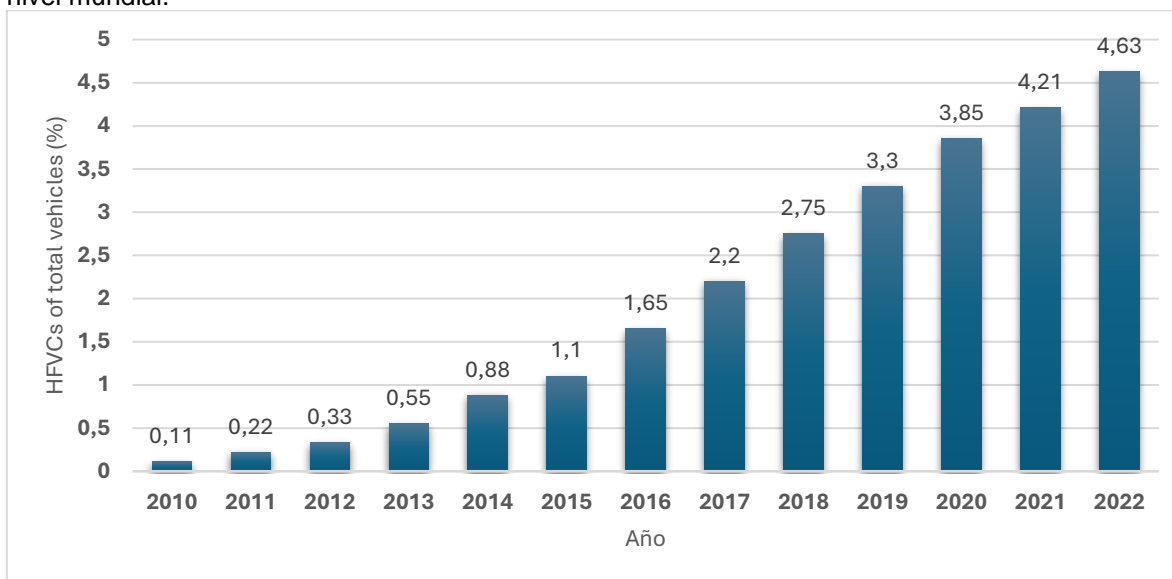
- Vidrio: El H<sub>2</sub> se utiliza en la producción de vidrio plano de alta calidad, particularmente en el proceso de vidrio flotado, donde desempeña un papel en la creación de una atmósfera protectora durante la formación del vidrio. En este proceso, el vidrio fundido se vierte sobre un baño de estaño, y una atmósfera compuesta por una mezcla de H<sub>2</sub> y nitrógeno se emplea para prevenir la oxidación del estaño. Esto evita que la oxidación del estaño pueda causar defectos en la superficie del vidrio, afectando su calidad óptica. El H<sub>2</sub> actúa como un gas reductor, reaccionando con cualquier oxígeno presente en la cámara del estaño para evitar la formación de óxidos, lo que asegura que la superficie del vidrio sea lisa y libre de imperfecciones. Este uso de H<sub>2</sub> es necesario en aplicaciones como la fabricación de ventanas, pantallas y espejos de alta calidad (GIZ, 2019)

#### 5.2.2. Usos o aplicaciones en transporte:

- Transporte naviero: El transporte marítimo mundial es responsable de alrededor del 3% del total de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y de proporciones significativas de las emisiones de óxidos de azufre (Sox), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas en suspensión (PM). Teniendo en cuenta el crecimiento previsto en los volúmenes de envío hasta 2050 (entre 50% y 250%), las emisiones de gases de efecto invernadero de los buques deben reducirse entre un 75% y un 85% por tonelada-milla para cumplir los objetivos del Acuerdo de París (MDPI, 2021). El H<sub>2</sub>V y sus derivados, como el amoníaco, el metanol y los combustibles sintéticos, están emergiendo como soluciones para descarbonizar el transporte naviero. El tipo de embarcación es determinante para identificar qué tipo de combustible es el más eficiente para su implementación:
  - Aplicación de H<sub>2</sub>: Es ideal para embarcaciones más pequeñas que operan en rutas cortas y que pueden aprovechar las estaciones de recarga de hidrógeno disponibles en puertos (ferries, buques de apoyo y embarcaciones costeras de corta distancia también denominadas de cabotaje), no obstante, aún presenta múltiples desafíos relacionados

- al almacenamiento debido a su baja densidad energética volumétrica, a pesar de su alta densidad energética por peso (Springer, 2024).
- Aplicación de amoníaco: El amoníaco es adecuado para embarcaciones de gran tamaño, como cargueros transoceánicos, buques de carga a granel, y grandes buques tanque, que operan en rutas largas y requieren combustibles con alta densidad energética y capacidad de almacenamiento. Es una opción adecuada para viajes largos, donde la autonomía y la capacidad de carga son críticas. Además, el amoníaco se beneficia de una infraestructura global ya establecida para su producción, almacenamiento y distribución, lo que facilita su adopción en el sector marítimo (Springer, 2024).
  - Aplicación del metanol verde: Es más fácil de manejar y almacenar que el H<sub>2</sub> y el amoníaco, ya que puede ser almacenado a temperatura ambiente en tanques convencionales. Tiene una infraestructura relativamente bien establecida y puede ser utilizado en motores de propulsión interna y adaptados con tecnología de combustión dual, además de poder alimentar sistemas de pilas de combustible. El e-metanol ofrece una transición más suave hacia un transporte sostenible, ya que puede mezclarse con combustibles existentes como el diésel o el gas natural licuado, sin requerir modificaciones importantes en las embarcaciones. Los desafíos de este combustible pasan especialmente por los costos de producción y qué tan competitivo logra ser con las alternativas existentes (Springer, 2024). Actores globales del transporte naviero como Maersk y CMA CGM, han anunciado que el metanol y el GNL serían las principales fuentes de combustible para sus flotas, sin embargo, todo esto aún se encuentra en proceso de definiciones (Mundo Marítimo, 2024).
  - Transporte terrestre: Los vehículos de celdas de combustible de hidrógeno (HFCVs) han surgido como una solución para un transporte más limpio y sostenible representando un cambio de paradigma en la industria automotriz, ofreciendo movilidad sin emisiones y sin comprometer el rendimiento o la autonomía. Esta es una industria que se encuentra en crecimiento constante desde 2010 hasta 2022, según se puede observar en la Figura 29. Las opciones de uso para esta tecnología varían dependiendo del propósito que tenga cada tipo de vehículo.

Figura 29. Representación porcentual de vehículos con celdas de combustible respecto del total a nivel mundial.



Fuente: Hydrogen Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges, MDPI, 2023

- Vehículos livianos: Vehículos de pasajeros, como el Toyota Mirai y el Hyundai Nexu, utilizan celdas de combustible de hidrógeno para propulsar motores eléctricos, ofreciendo una alternativa cero emisiones a los automóviles tradicionales de combustión interna. A continuación, en la Tabla 8, se presenta un comparativo de rendimiento entre los vehículos más vendidos.

Tabla 8. Comparación entre vehículos HFCV más vendidos






Aspecto	Toyota Mirai	Hyundai NEXO	Honda Clarity Fuel Cell	Mercedes-Benz GLC F-CELL	Audi A7 H-Tron Quattro
Tipo de vehículo	Sedan	SUV	Sedan	SUV	Sedan
Capacidad de asientos	4	5	5	5	4
Autonomía (aproximada)	805 km	612 km	579 km	500 km	N/A
Tiempo de recarga (hidrógeno comprimido)	3-5 min	5 min	3-5 min	N/A	N/A
Potencia	182 hp	161 hp	174 hp	208 hp	N/A
Torque	221 lb-ft	291 lb-ft	221 lb-ft	258 lb-ft	N/A
Características clave	Sistemas avanzados de seguridad	Amplias características de seguridad	Honda Sensing Suite	Capacidad de híbrido enchufable	Vehículo conceptual
Disponibilidad (Según la última actualización)	Disponible	Disponible	Disponible	Disponibilidad limitada	Vehículo conceptual

Fuente: Adaptado de Hydrogen Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges, MDPI, 2023



- Buses: Los autobuses, a través del uso de celdas de combustible, deberían ser los primeros en cambiar al uso de H2, seguidos por trenes, transporte marítimo y aéreo. Posteriormente, se espera que el uso masivo del H2 se extienda a almacenes, logística e industrias pesadas. En 17 ciudades europeas, estos autobuses operan diariamente, cubriendo aproximadamente 8 millones de kilómetros, demostrando un suministro de energía estable en condiciones climáticas extremas, durabilidad probada y una autonomía de entre 140 y 450 km entre repostajes en estaciones de H2, con un tiempo de repostaje de 7 a 12 minutos (MDPI, 2022). Un ejemplo local es el primer bus a hidrógeno hecho en Chile y que se espera entre en funcionamiento el año 2025<sup>5</sup>.
- Camiones pesados: En cuanto a los camiones pesados (*heavy duty*), considerando estos como los que tienen un peso bruto sobre las 32 toneladas (ver Figura 30), para transporte de larga distancia, existen ejemplos como los desarrollados por empresas como Nikola y Hyundai, quienes están adoptando celdas de combustible de H2 considerando la necesidad de largas autonomías y tiempos de recarga rápidos. Estos camiones están equipados con celdas de combustible de H2 que alimentan motores eléctricos, proporcionando una solución de transporte de cero emisiones con un rango de hasta 500 millas, con un motor de 536 HP y una recarga de 20 minutos (KTH, 2019).

Figura 30. Categorización de camiones según los tipos de licencias de conducir

Driver license type	Vehicle gross weight (ton)	Truck type	Illustration
B	< 3,5	Light-duty	
C1	3,5 – 7,5	Medium-duty	
C1E	< 12	Medium-duty	
C	< 32	Heavy-duty	
CE	< 50 (60)	Heavy-duty	

Fuente: Techno-economic Study of Hydrogen as Heavy-duty truck fuel, KTH Industrial Engineering and Management, 2019.

Trenes y tranvías: Trenes como el Alstom Coradia iLint, que operan en rutas no electrificadas, utilizan H2 como alternativa al diésel, reduciendo las emisiones de CO2 en rutas de mediana a larga

<sup>5</sup> Alta Ley. El 2025 se estrenará el primer bus a hidrógeno hecho en Chile. 25/01/24. <https://www.corporacionaltaley.cl/el-2025-se-estrenara-el-primer-bus-a-hidrogeno-hecho-en-chile/> (Acceso a agosto de 2024).

distancia. El tren transporta pasajeros en una ruta de 96 km. Tiene una carga de tanque de 94 kg y es capaz de recorrer 800 km y transportar hasta 300 pasajeros (GIZ , 2019). Además, estos trenes utilizan la reacción entre el H<sub>2</sub> y el oxígeno para generar energía eléctrica que impulsa el tren, ofreciendo beneficios como cero emisiones, eficiente utilización de la energía y operación silenciosa (Springer, 2023). Un ejemplo de lo que se está haciendo en Chile al respecto es el proyecto impulsado por la empresa Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCAB) con la primera locomotora a H<sub>2</sub><sup>6</sup>.

- Montacargas o grúas horquillas: El uso de H<sub>2</sub> en grúas horquilla es eficiente en entornos donde la rapidez de recarga, la operación continua y la sostenibilidad son prioritarios. Es especialmente adecuado para operaciones industriales intensivas, aunque la adopción generalizada puede depender de la disponibilidad de infraestructura de H<sub>2</sub> y la reducción de los costos iniciales (ACS Omega, 2022). Otros beneficios son la eficiencia mejorada, el ahorro de costos, ahorro de espacio y la mejora ambiental (GIZ, 2019). Un ejemplo en Chile es el adoptado por la empresa Walmart para una red logística 100% verde<sup>7</sup>.
- Transporte aéreo (E-SAF): Más de 23.000 aviones consumen 350.000 millones de litros de combustible y emiten 1.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, representando el 3% de las emisiones globales. Su impacto es aún mayor por estelas de condensación y otros gases. Para reducir emisiones al 2050, una solución prometedora es el uso de combustibles sostenibles para la aviación (SAF), obtenidos de fuentes renovables o recicladas, como aceites y residuos orgánicos, sin requerir modificaciones en la flota. Los E-SAF, una variante avanzada, se producen con H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> capturado, reduciendo aún más su huella ambiental. La Unión Europea exigirá su adopción desde 2025, mientras que Estados Unidos impulsa su uso con incentivos fiscales. Se espera que la descarbonización del sector aéreo dependerá de una combinación de factores donde el 61% de la reducción de emisiones proyectada para 2050 proviene del uso de SAF y E-SAF, seguido de avances en tecnología (22%), mejoras en infraestructura y eficiencia operativa (10%), y medidas de compensación de emisiones basadas en el mercado (7%) (Agora Verkehrswende and PtX Hub, 2024).

---

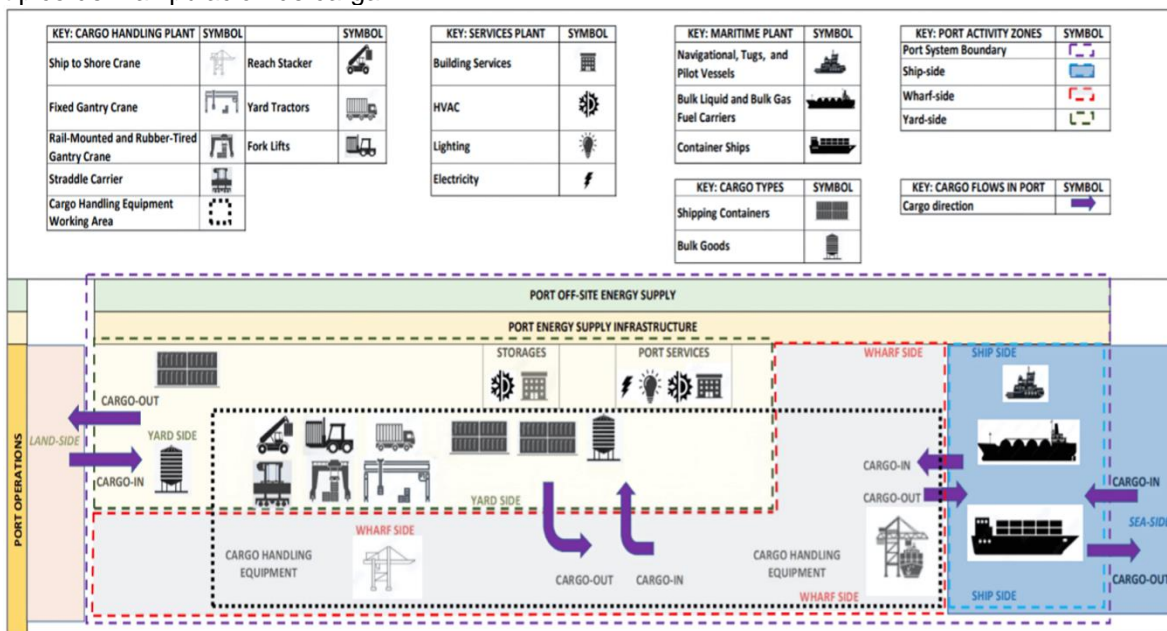
<sup>6</sup> H2 News. FCAB pondrá en circulación la primera locomotora a hidrógeno verde en Chile. 23/11/22. <https://h2news.cl/2022/11/23/fcab-pondra-en-circulacion-la-primer-locomotora-a-hidrogeno-verde-en-chile/> (Acceso a agosto de 2024).

<sup>7</sup> Walmart Chile. Walmart Chile inicia plan para operar el 100% de su red logística de hidrógeno verde. 10/09/23. <https://www.walmartchile.cl/walmart-chile-inicia-plan-para-operar-el-100-de-su-red-logistica-de-hidrogeno-verde/> (Acceso a agosto de 2024).

En Chile por su parte existen programas que están impulsando la adopción de estos combustibles como el que desarrolla Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE) y apoyado por la Junta de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y por el Ministerio de Energía. El programa busca generar un ecosistema colaborativo con actores del transporte aéreo, tanto público como privado, para avanzar hacia la sostenibilidad energética del sector<sup>8</sup>.

- Bunkering: El proceso de aprovisionamiento o suministro de combustibles, conocido como bunkering, es otra de las oportunidades a considerar para el almacenamiento y abastecimiento de H2V y sus derivados. Estudios recientes exploran cómo esta tecnología podría integrarse en infraestructuras portuarias, tanto para uso de maquinarias como para abastecimiento de naves logrando con ello reducir las emisiones de carbono. Ver
- Figura 31.

Figura 31. Esquema de los movimientos de carga de un puerto, las zonas de actividad y el equipo típico de manipulación de carga.



Fuente: A review of port decarbonisation options: identified opportunities for deploying hydrogen technologies, MDPI, 2024.

Se estima que la reducción potencial promedio de emisiones en puertos puede alcanzar entre el 20% y el 60% para aplicaciones en áreas terrestres, entre el 25% y el 70% para barcos en puerto, y entre el 30% y el 50% para operaciones de barcos optimizadas. Estos porcentajes subrayan el gran potencial de descarbonización en los sectores portuario y marítimo. Cabe

<sup>8</sup> Vuelo Limpio. Programa de sostenibilidad energética para la aviación. <https://vuelolimpio.cl/> (acceso a agosto de 2024).

considerar que dependiendo el tipo de combustible que se utilice para el abastecimiento de naves, posiblemente se requieran adaptaciones adicionales (MDPI, 2024).

Además, la electrificación portuaria es una estrategia clave para impulsar el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. Según un informe de la Administración Marítima de Estados Unidos (MARAD), la transición del diésel a tecnologías eléctricas en puertos como Baltimore, Everglades, Houston y Seattle podría aumentar la actividad económica entre 3,5 y 5 veces. Este impacto se debe a la reducción de costos, mayor eficiencia y generación de empleo. Uno de los principales factores que contribuyen a estos beneficios es la electrificación de equipos y el uso de *shore power* que reducen significativamente los costos de combustible y mantenimiento, generando ahorros que pueden reinvertirse en el puerto. En Seattle, donde la electricidad es más barata que el diésel, esta transición ha demostrado ser altamente rentable.

Otro elemento es la mayor eficiencia y productividad que ofrecen las tecnologías eléctricas, como grúas y tractores automatizados, las que agilizan las operaciones, reducen tiempos de inactividad y aumentan la capacidad de manipulación de carga, mejorando la competitividad portuaria.

Además, la electrificación genera nuevas actividades económicas y empleo, impulsando la demanda en sectores como generación y distribución eléctrica, mantenimiento de infraestructura y desarrollo tecnológico, beneficiando la economía local con un efecto multiplicador.

A nivel macroeconómico, un análisis Input-Output señala que cada dólar invertido en electricidad genera mayor actividad económica local que el diésel, debido a su menor efecto de fuga y mayor estímulo a sectores regionales.

De esta manera, señalan, el uso de diésel implica mayores costos operativos y menor generación de empleo debido a la fuga de ingresos fuera de la región. Además, las emisiones contaminantes de NOx y GHG asociadas al diésel conllevan costos adicionales para la salud pública y dificultan la adopción de regulaciones ambientales más estrictas, lo que reduce la competitividad del puerto. En contraste, la electrificación mejora la calidad del aire en comunidades cercanas y atrae inversiones sostenibles que generan más oportunidades de negocio (US Maritime Administration, 2020).

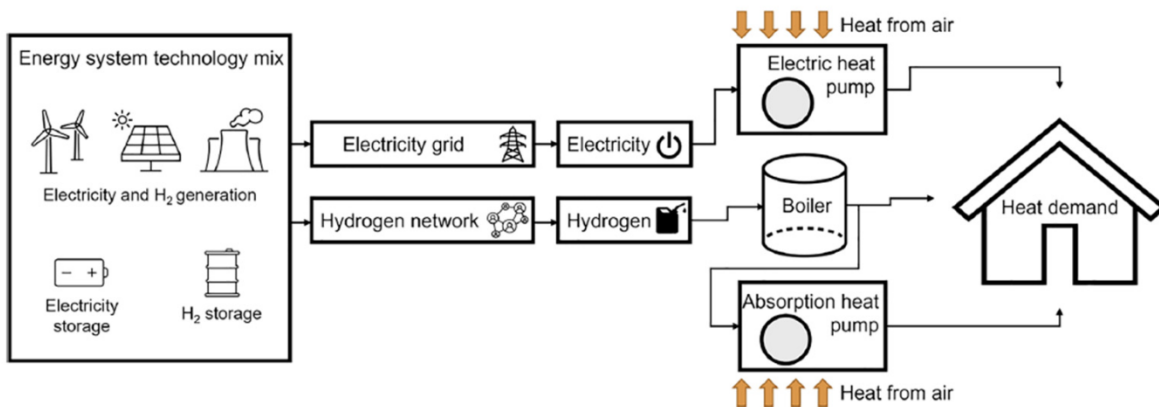


### 5.2.3. Usos o aplicaciones para la generación de energía

La industria del H2V y derivados puede tener aplicaciones en la generación de energía facilitando la transición hacia una matriz más sostenible.

- H2 como gas: La integración del H2 en las redes de distribución de gas requiere una evaluación detallada de los materiales utilizados en las tuberías, lo que limita las mezclas de H2 a un rango de aproximadamente 20-30%, dependiendo de la presión y la calidad del acero en las tuberías. Al mezclar H2 en concentraciones bajas, alrededor del 10-15% en volumen, la operación parece viable sin grandes riesgos. Sin embargo, es necesario realizar estudios y pruebas específicas, así como adaptaciones en los métodos de monitoreo y mantenimiento de las tuberías. Es importante tener en cuenta que, utilizando la misma red de gas y manteniendo la misma presión, el H2 transporta aproximadamente un 20-30% menos de energía que el gas natural. Además, uno de los desafíos para utilizar la red de gas existente es la posibilidad de fisuras y fugas, así como la falta de información detallada sobre las condiciones de las redes, especialmente en aquellas destinadas a la distribución (GIZ, 2019).
- Generación de calor (calderas y turbinas): El H2 se puede utilizar en calderas y turbinas mediante su combustión o a través de procesos electroquímicos, proporcionando una fuente de energía limpia que solo emite vapor de agua (MDPI, 2024). El H2 puede generar calor en turbinas de gas donde se mezcla con aire y reacciona con el oxígeno, produciendo energía térmica y vapor de agua como subproducto. Esta combustión alcanza altas temperaturas y puede utilizar H2 puro o mezclado con gas natural. En plantas de cogeneración, el calor residual se aprovecha para generar vapor o agua caliente, utilizados en sistemas de calefacción distrital (ver Figura 32) o en procesos industriales, mejorando la eficiencia total del uso de H2 (Siemens Energy, 2022). Consideraciones económicas, niveles de eficiencia y otros parámetros integrales como gastos de capital y operativos, así como de rendimiento de una caldera de H2, se vuelven centrales en las discusiones. Finalmente, un aspecto relevante es la resiliencia proporcionada por el hidrógeno debido a su capacidad de almacenamiento de larga duración, especialmente útil durante condiciones climáticas extremas. Esto podría resaltar su potencial en las infraestructuras energéticas futuras y es que el H2 no solo tendría el potencial de descarbonizar la calefacción, sino también de aumentar la seguridad y la estabilidad del suministro energético, especialmente en tiempos de crisis (MDPI, 2024).

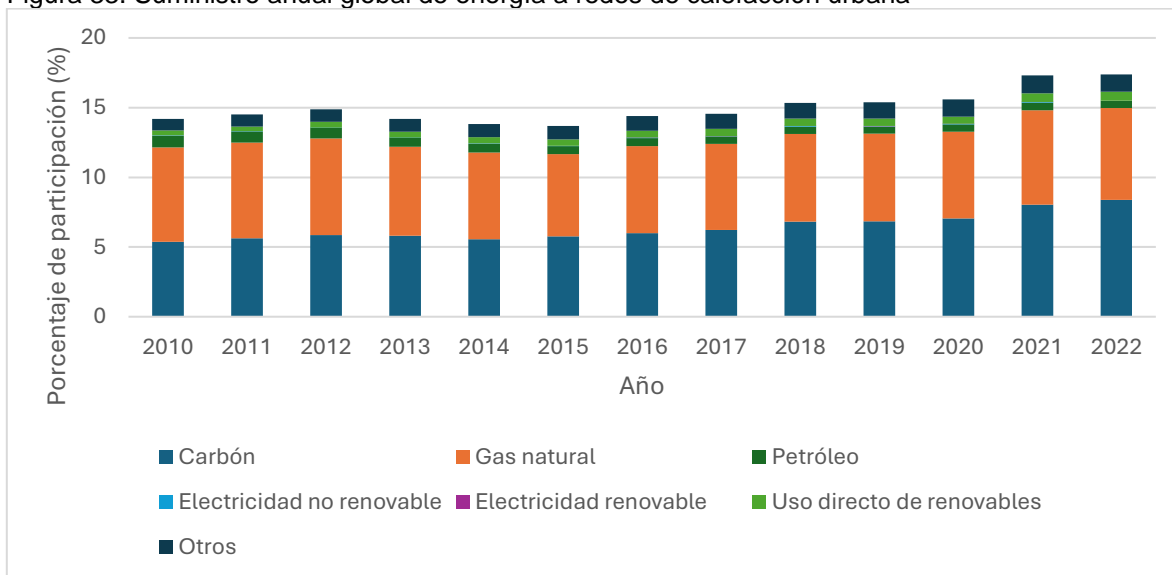
Figura 32. Esquema de la calefacción domiciliar impulsada por electricidad o hidrógeno.



Fuente: A review of the role of hydrogen in the heat decarbonization of future energy systems: insights and perspectives, MDPI, 2024.

- El H<sub>2</sub> como soporte de sistemas eléctricos: Aunque los sistemas de almacenamiento de energía basados en H<sub>2</sub> son técnicamente viables, aún requieren reducciones de costos para volverse comercialmente atractivos. Un desafío importante que afecta el costo por unidad de energía es la baja eficiencia energética de algunos componentes del sistema en condiciones operativas reales. Debido a las pérdidas en los procesos de conversión y almacenamiento, los sistemas de almacenamiento de energía basados en H<sub>2</sub> pierden entre el 60% y el 85% de la electricidad entrante con la tecnología actual. A pesar de estas pérdidas, hay muy pocas alternativas para el almacenamiento a largo plazo de electricidad en los sistemas de energía, por lo que el interés en el H<sub>2</sub> para esta aplicación sigue siendo alto tanto en la industria como en la academia (Egeland-Eriksen, Hajizadeh, & Sartori, 2021).
- *District heating*: Los sistemas de calefacción distrital (*district heating*) centralizan la producción de energía térmica para varios edificios, desde pequeños grupos de casas hasta barrios o ciudades. Se utilizan para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, mediante una central térmica, una red de distribución subterránea y subestaciones en los edificios. Estas centrales pueden operar con gas, biomasa, energías renovables u otros combustibles, preferentemente en conexión con bombas de calor. Las redes de calefacción urbana permiten un uso eficiente, rentable y flexible de energía baja en carbono. En 2022, abastecieron cerca del 9% de la demanda global de calefacción en edificios e industrias, aunque el 90% aún proviene de fuentes fósiles, impulsado por países como Rusia y China. Las energías renovables representaron solo el 5% del suministro mundial de calefacción urbana, (ver Figura 33) aunque esta proporción puede ser diez veces mayor en algunos países como, por ejemplo, Dinamarca (IEA, 2023).

Figura 33. Suministro anual global de energía a redes de calefacción urbana



Fuente: International Energy Agency, IEA, 2023.

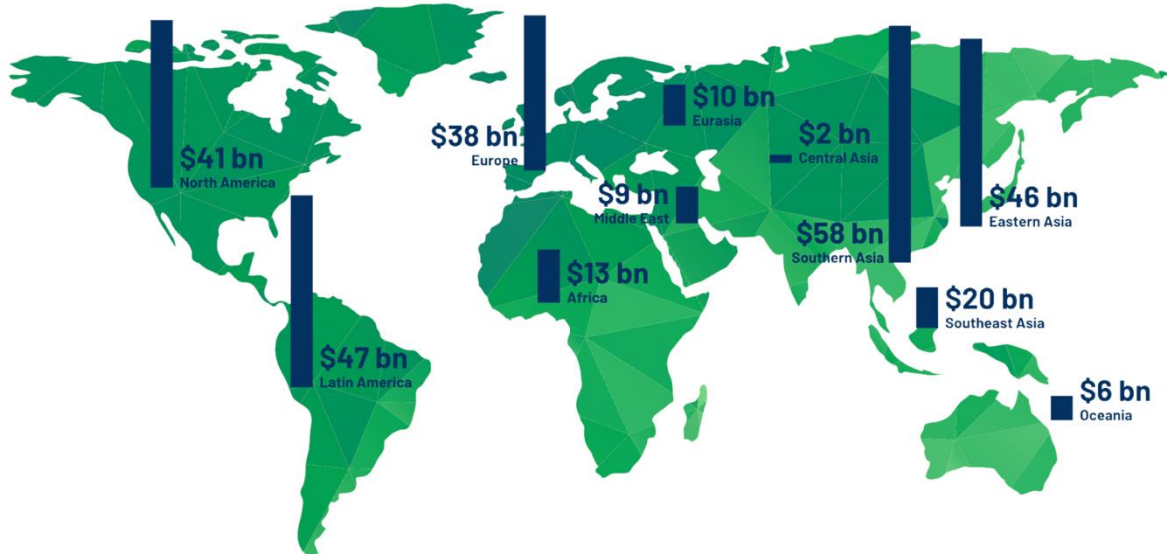
#### 5.2.4. Usos o aplicaciones en el sector agrícola

La agricultura y actividades relacionadas generan entre 10% y 29% de las emisiones globales de GEI, impulsadas por la expansión de tierras cultivables para satisfacer la creciente demanda. Para 2050, la población mundial alcanzará 9.8 mil millones, aumentando la presión sobre la seguridad alimentaria y los recursos hídricos, agravada por la concentración en áreas urbanas. Además, el cambio climático afectará la producción agrícola, reforzando la necesidad de inversión en el sector, junto con estrategias de gestión de recursos que mitiguen su impacto. (MDPI, 2023). El H2V y sus derivados puede ofrecer soluciones al sector agrícola tanto para aumentar su productividad como para descarbonizar sus procesos:

- **Uso de fertilizantes:** Los fertilizantes aportan nutrientes esenciales para mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El amoníaco es la fuente más concentrada de nitrógeno en fertilizantes comerciales, aunque su uso requiere estrictas medidas de seguridad. Al aplicarse al suelo, el NH<sub>3</sub> se inyecta a 10-20 cm de profundidad para evitar pérdidas por evaporación. También puede disolverse en agua para formar amoníaco acuoso (hidróxido de amonio), un fertilizante líquido de aplicación más sencilla y con menores riesgos, frecuentemente usado en riego y suelos anegados. (International Plant Nutrition Institute - IPNI, 2018). El mercado de los fertilizantes presentó un valor estimado de \$290 billones de dólares al año 2022. En cuanto al consumo, las regiones más relevantes son el sur de Asia, el Sudeste Asiático, Latinoamérica y América del Norte y Europa (ver Figura 34). Respecto de la producción, quienes destacan son Norte América, el Sudeste Asiático,

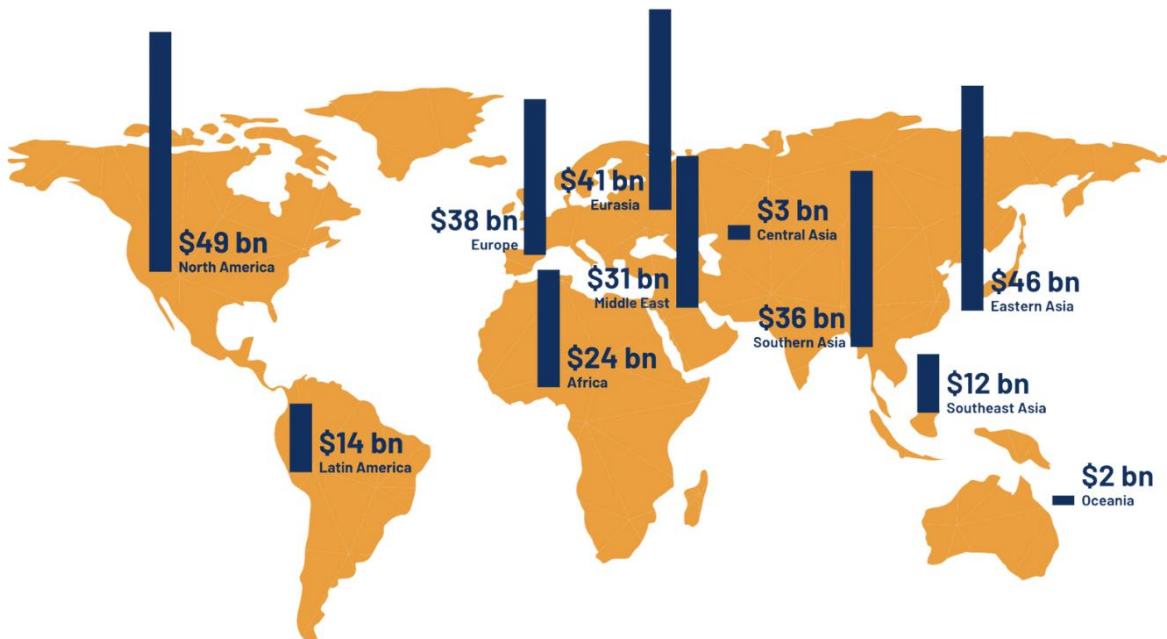
Eurasia y Europa (ver Figura 35). Además, se estima que el sector genera 1.9 millones empleos distribuidos en la producción de los fertilizantes (1.4 millones) y en el proceso de distribución (506 mil) (IFA, 2024).

Figura 34. Valor de la industria de los fertilizantes en cuanto a consumo



Fuente: Fertilizer Industry by Numbers, International Fertilizer Association (IFA), 2024.

Figura 35. Valor de la industria de los fertilizantes en cuanto a producción.



Fuente: Fertilizer Industry by Numbers, International Fertilizer Association (IFA), 2024.

- **Recurso hídrico:** La agricultura es el principal consumidor de recursos hídricos, utilizando aproximadamente el 80% del total global, aunque varía según el desarrollo económico y el clima. En países desarrollados, el riego representa cerca del 60% del consumo de agua, mientras que en los países

en desarrollo puede alcanzar el 90%. Actualmente, hay 275 millones de hectáreas de cultivos de riego, creciendo a un ritmo del 1,3% anual. Aunque solo el 23% de la tierra cultivada es de riego, esta produce el 45% de los alimentos. Para 2050, se necesitará un 70% más de producción de alimentos, lo que exigirá expandir tierras, intensificar cultivos o mejorar la gestión del agua. En escenarios de baja producción, el consumo de agua podría aumentar un 53% y la tierra cultivada un 38%. En países en desarrollo, el uso de agua para riego podría incrementarse hasta 50%, mientras que en países desarrollados crecería un 16%. Este aumento puede generar pérdida de biodiversidad, salinización, anegamiento del suelo, desigualdad en el acceso al agua y deterioro de ecosistemas y fuentes hídricas. (MDPI, 2023).

La industria del H<sub>2</sub>V y sus derivados requiere agua para la electrólisis, pero muchas regiones con proyectos enfrentan escasez de agua dulce, por lo que se prevé el uso de plantas desaladoras como solución principal. Estas permiten obtener agua apta para la electrólisis a partir del agua de mar, asegurando un suministro sin afectar las fuentes de agua dulce. Más allá de su uso en la producción de H<sub>2</sub>V, la desalación representa una oportunidad para enfrentar la escasez hídrica, facilitando el acceso al agua en sectores como la agricultura y la ganadería. Con avances tecnológicos y economías de escala, el agua desalada podría integrarse a los sistemas de riego y consumo animal, impulsando la sostenibilidad en regiones afectadas por la sequía (International Water Association IWA, 2017), (Pagliero, et al., 2024)

- Maquinarias y equipos: Los tractores y otras máquinas agrícolas están siendo adaptados para funcionar con celdas de combustible de H<sub>2</sub> que lo convierten en electricidad para alimentar motores eléctricos. Esto permite que la maquinaria agrícola opere sin emisiones de CO<sub>2</sub>, reduciendo el impacto ambiental del sector agrícola. John Deere, por ejemplo, ha explorado el uso de H<sub>2</sub> en tractores para aprovechar su alta densidad energética y bajas emisiones (Department of Energy, United States Government, 2021). El H<sub>2</sub> también se podría utilizar en generadores portátiles para alimentar diversas herramientas agrícolas y sistemas de riego en lugares remotos. Estos generadores permiten el funcionamiento de equipos en áreas donde la infraestructura eléctrica es limitada o inexistente.
- Generación de calor y almacenamiento de energía: En zonas aisladas y de bajas temperaturas existe la necesidad de contar con sistemas de calefacción avanzados en invernaderos, especialmente en contextos donde la calefacción invernal puede representar el 70% de los costos de producción. En este ámbito se debe considerar la importancia de implementar estrategias de eficiencia energética y fuentes de energía renovable para reducir las emisiones de GEI y mejorar el rendimiento ambiental de los invernaderos. Aun cuando la integración del H<sub>2</sub> como fuente de energía en invernaderos

es una alternativa, aun enfrenta desafíos relacionados con la infraestructura, costos, eficiencia en grandes instalaciones y viabilidad del almacenamiento. (Özçelep, Bekdaş, & Apak, 2023)

#### 5.2.5. Usos o aplicaciones en servicios tecnológicos.

- **Data centers:** Diseñados para proporcionar un entorno seguro y confiable para equipos informáticos, los centros de datos van desde pequeños gabinetes hasta almacenes de hiperescala con cientos de miles de dispositivos. Actualmente, consumen el 3% de la energía mundial (416 TWh) y generan cerca del 4% de las emisiones de carbono, con proyecciones que podrían superar el 10% para 2030 sin medidas correctivas. Este crecimiento exige una transición hacia fuentes de energía más sostenibles para mitigar su impacto ambiental (Mytton & Ashtine, 2022), (Bird&Bird, 2024). Un centro de datos de hiperescala puede consumir tanta energía como 80.000 hogares, lo que ha impulsado regulaciones para mejorar su sostenibilidad. Ante un crecimiento proyectado del 10% anual hasta 2030, los gobiernos están estableciendo estándares específicos para nuevas construcciones, con inversiones que podrían superar los 49 mil millones de dólares. (McKinsey & Company, 2023). Un ejemplo de la integración del H2 con la demanda energética de los data centers es el proyecto de *Microsoft y Caterpillar*, en colaboración con *Ballard Power Systems*. Esta iniciativa demostró con éxito el uso de celdas de combustible de H2 como fuente de energía de respaldo confiable y sostenible. La prueba simuló un evento de respaldo de 48 horas utilizando un sistema de 1.5 MW. (Caterpillar, 2024).
- **Telecomunicaciones:** En regiones sin acceso a la red eléctrica, el H2 puede integrarse en sistemas autónomos de energía, permitiendo su almacenamiento y uso en estaciones de telecomunicaciones. Esta tecnología ayuda para mantener las comunicaciones en desastres naturales o emergencias, donde el suministro eléctrico convencional puede fallar. Su eficacia ha sido validada por el Departamento de Energía de Estados Unidos, que desde 2009 ha desplegado celdas de combustible de H2, principalmente en torres de telecomunicaciones (National Renewable Energy Laboratory NREL, 2015).

## 6. Sistematización de entrevistas realizadas

En esta sección se presentan los principales hallazgos obtenidos a partir de las entrevistas realizadas durante el desarrollo del estudio. La información recopilada fue sistematizada en cinco grandes áreas mencionadas con más frecuencia: estado actual de la industria; desafíos tecnológicos y de competitividad; hidrógeno gris aún con alta demanda e hidrógeno azul como el combustible de

transición más próximo; mercados regulados y mercados voluntarios como oportunidades para el H2V; y oportunidades para la transformación productiva en el territorio. Asimismo, parte de los insumos obtenidos han sido integrados en las secciones siguientes del informe en función de su pertinencia con los temas abordados.

### **6.1. Estado actual de la industria**

A partir de las entrevistas realizadas, se ha identificado que el estado actual de la industria del H2V y sus derivados en Chile avanza, pero no con la agilidad esperada a visión del sector privado. La incertidumbre jurídica asociada a las guías del Servicio de Evaluación Ambiental donde se realizan modificaciones con retroactividad que podría implicar riesgos de solicitudes de adenda o incluso de invalidez de los estudios, además de la posible judicialización de los proyectos aun cuando obtengan su Resolución de Calificación Ambiental (RCA) y la preocupación por la tramitación excesiva como, por ejemplo, la de concesiones marítimas, generan dudas sobre la viabilidad de los proyectos, lo que a su vez podría terminar afectando la percepción de Chile como un destino atractivo para la inversión. Actualmente, la industria está enfocada en resolver exigencias ambientales para la presentación de los estudios de impacto ambiental y en promover el desarrollo de infraestructura habilitante, como puertos tanto en la provincia de Magallanes como en la de Tierra del Fuego, lo cual permita garantizar la viabilidad de estos proyectos. Respecto de la infraestructura, existen acuerdos público-privados en los que se está trabajando. Para las empresas el poder generar infraestructura compartida es una opción beneficiosa no solo desde el punto de vista de la certeza que otorga el ordenamiento territorial facilitando una planificación urbana y rural adecuada, sino que también desde la lógica que mientras se le reste CAPEX a cada proyecto, más competitivo puede ser y más atractivo para lograr la inversión.

De esta manera, se indica que, si bien existen desafíos que dificultan proyectar un escenario donde la industria del H2V y sus derivados esté plenamente instalada y operativa, es fundamental que la contingencia no desvíe la mirada de las oportunidades a mediano y largo plazo. Se reconoce el potencial de esta industria para atraer sectores intensivos en energía, lo que podría impulsar una segunda oleada de desarrollo productivo y tecnológico en la región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Cabe destacar que actualmente 2 de los proyectos de producción de H2V y derivados en Magallanes se encuentran en etapa de evaluación de sus estudios de impacto ambiental. El primero es HIF con sus proyectos de planta de combustibles

carbono neutrales de Cabo Negro<sup>9</sup> y el parque eólico Faro de Sur<sup>10</sup>, y el proyecto HNH Energy del consorcio de Austria Energy, Copenhagen Infrastructure Partner (CIP) y Okowind<sup>11</sup>.

## 6.2. Desafíos tecnológicos y de competitividad

En relación con los desafíos tecnológicos y de competitividad que enfrenta la industria del H2V y sus derivados, considerando la etapa actual en que se encuentra, se identificaron al menos tres aspectos relevantes.

Uno de ellos es el uso de amoníaco (NH<sub>3</sub>) como portador de hidrógeno, dado que es el elemento más adoptado por la industria para su producción, como *carrier* (portador) del H<sub>2</sub>, siendo la alternativa más factible en la actualidad considerando, por ejemplo, la demanda en cuanto a refrigeración y la facilidad de transporte, es relevante tener noción de todo el proceso productivo para analizar su eficiencia. Primero, se requiere energía para desalinizar agua, luego para separar la molécula de agua entre H<sub>2</sub> y oxígeno, conocido como proceso de electrólisis y, posteriormente, se requiere sintetizar el amoníaco a partir de H<sub>2</sub> y nitrógeno. Tras obtener el amoníaco y almacenarlo para su posterior envío, si es que no se puede utilizar de forma directa, lo que se requerirá será "crackear"<sup>12</sup> el amoníaco para liberar el H<sub>2</sub> y producir electricidad. Este proceso introduce pérdidas adicionales de eficiencia. En general, se estima que cada paso de conversión podría tener una eficiencia del 60-70%, lo que significa que el ciclo completo (producción de amoníaco, transporte, y reconversión a H<sub>2</sub>) podría resultar en una eficiencia global, señalado por fuentes primarias, que podría ser cercano al 30-40%.

Otro desafío mencionado es la necesidad de contar con sistemas de respaldo que garanticen estabilidad de la operación y cumplan con los estándares internacionales para certificar que el H2V y derivados es 100% verde. Por otra parte, existen complejidades relacionadas con el recambio de equipamientos en aplicaciones como el *blending* con gas natural para uso domiciliario, donde la inyección de H<sub>2</sub> a la red está limitada generalmente a un 20% (en Magallanes se estima que podría ser menos debido a la antigüedad de las redes). Estas

---

<sup>9</sup> La Prensa Austral. HIF Global ingresó proyecto para planta en Cabo Negro. 07/10/23. <https://laprensaaustral.cl/2023/10/07/hif-global-ingreso-proyecto-para-planta-en-cabo-negro/> (Acceso a agosto de 2024).

<sup>10</sup> Diario Financiero. HIF Global y Enel Green Power reingresan estudio de impacto ambiental de proyecto eólico Faro del Sur por US\$500 millones. 14/12/23. <https://www.df.cl/empresas/energia/hif-global-y-enel-green-power-reingresan-estudio-de-impacto-ambiental-de> (acceso a agosto de 2024).

<sup>11</sup> Diario Financiero. Consorcio HNH Energy ingresa proyecto de amoníaco verde por US\$11 mil millones, el más alto tramitado por el SEIA. 24/07/24. <https://www.df.cl/empresas/energia/consorcio-hnh-energy-ingresa-a-evaluacion-ambiental-el-primer-proyecto> (Acceso a agosto de 2024).

<sup>12</sup> En términos prácticos el craqueo o *cracking* consiste en el proceso químico que permite la división de moléculas de un compuesto.



limitaciones, se plantea, deben superarse para asegurar la viabilidad del H2 en diversas aplicaciones y mercados.

Desde la perspectiva de los potenciales compradores o usuarios del H2V y derivados, en relación con los puntos anteriores, la respuesta generalizada es que aún los costos no serían competitivos y que se lograría posterior al año 2030. Se menciona como ejemplo el proyecto “HyEx”, de Engie y Enaex, que, aun contando con ayudas y aportes de financiamiento internacional, no ha logrado llegar a resultados que permitan alcanzar precios de mercado razonables. Hoy el sobre costo, señalan, estaría siendo factible de cubrir solo a escala de piloto, pero no a nivel industrial, sobre todo si el amoniaco verde, el metanol verde u otro elemento asociado a la industria del H2V representa un costo relevante para la operación. Ejemplos de áreas donde sí existe mayor posibilidad de adopción temprana es en mercados de nicho como Porsche o en el turismo antártico, sectores que podrían contar con una demanda inelástica en cuanto a precios y donde sería más deseable el pago adicional para el cuidado del medioambiente.

En cuanto a la demanda interna, el bajo desarrollo industrial y demanda energética de Magallanes provoca que las empresas de H2V tengan su foco, casi exclusivamente, en la exportación. Fuentes primarias señalan que el consumo energético de la región es de 350 GW al año (menos del 1% a nivel nacional), de los cuales 300 son generados principalmente con gas (sobre el 90%) y los otros 50 provienen del parque eólico de Enap y Pecket Energy. La demanda *peak* día alcanza los 60 MW distribuidos entre Punta Arenas (48 MW), Natales (10 MW), Porvenir (3 a 5 MW) y Puerto Williams (1 MW). Por las noches la demanda energética general baja a la mitad (30 MW). Por lo demás, en consulta a las empresas desarrolladoras de H2V sobre la factibilidad de atraer *off takers* al territorio, se señala que la posibilidad sería muy baja tanto por la lejanía del territorio respecto de los mercados globales y segundo, porque de ser así, en gran medida perdería sentido el proceso de almacenar y transportar energía a otros lugares, con factores de planta altamente competitivos posicionando a Chile como exportador neto en mercados internacionales.

### **6.3. H2 gris aún con alta demanda y H2 azul como el combustible de transición más próximo.**

Un aspecto mencionado con frecuencia por los actores es que el H2 gris, producido a partir de gas natural sin captura de carbono, sigue siendo (y seguirá siendo por varios años más salvo que, según indican, se avance en regulaciones, impuestos a las emisiones o mecanismos como subsidios o exenciones tributarias) altamente demandado debido a su costo relativamente bajo y la infraestructura existente. Por otro lado, el H2 azul, que también se produce a partir de gas natural,

pero con captura y almacenamiento de carbono (CCS), se considera el combustible de transición más próximo hacia una economía del H2 más limpia. Esto se debe a que combina la familiaridad y el costo más bajo del H2 gris con reducción en las emisiones de CO2, haciéndolo más atractivo a corto plazo mientras se desarrolla la tecnología, la oferta y la demanda del H2V y sus derivados. A modo de dimensionar las diferencias, de acuerdo con información provista por los entrevistados, el costo estimado actual del H2 gris es de US\$450 dólares la tonelada, el proveniente de H2 azul llega a un sobreprecio de entre un 10% y un 20%, mientras que para el verde llega aproximadamente a US\$900 dólares proyectándose como factible que sea menos de US\$800 dólares después de 2030.

#### **6.4. Mercados regulados y mercados voluntarios: Oportunidades para el H2V**

Un área de oportunidad mencionada y que se relaciona con la potencial demanda que se podría desencadenar para la industria del H2V y sus derivados, es la de los mercados regulados y el de mercados de carácter voluntario. Los mercados regulados son aquellos donde las normas gubernamentales obligan a reducir las emisiones de carbono y establecen requisitos específicos para la producción y uso de H2V u otros. Estos mercados están sujetos a regulaciones que exigen el cumplimiento de estándares ambientales, como las cuotas de energía renovable o límites de emisiones. Por otro lado, los mercados voluntarios son aquellos en los que las empresas y consumidores optan por utilizar H2V u otros o certificados de energía renovable de manera proactiva, más allá de los requisitos legales.

Los mercados regulados se encuentran en países de la Unión Europea (sumando a Reino Unido), Estados Unidos y Japón, reconociendo los objetivos vinculantes establecidos por la Unión Europea bajo la *Renewable Energy Directive*<sup>13</sup> que incluyen metas específicas para la adopción de H2V. Las políticas y subsidios en estos mercados impulsan su demanda en sectores como transporte y energía industrial. Otro ejemplo es California en EE.UU. que regula las emisiones de carbono y ha implementado el *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS)<sup>14</sup>, que promueve el uso de combustibles de bajo carbono, incluyendo el H2V.

---

<sup>13</sup> Unión Europea. Renewable Energy Directive. [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en) (acceso agosto 2024).

<sup>14</sup> California Air Resources Board. Low Carbon Fuel Standard. <https://ww2.arb.ca.gov/es/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard> (acceso agosto de 2024).

Respecto de los mercados voluntarios, empresas de tecnología como Microsoft<sup>15</sup> y Google<sup>16</sup> han realizado compromisos voluntarios para usar energías renovables, como el H2V, en sus operaciones y para alimentar centros de datos, a pesar de que no hay una obligación legal que los impulse a hacerlo.

### **6.5. Oportunidades que se visualizan para el desarrollo regional y la transformación productiva en el territorio.**

Respecto de las oportunidades que los actores visualizan para la atracción de industrias y para la transformación productiva en el territorio se señalan los siguientes aspectos a considerar.

Magallanes, considerando su ubicación estratégica de carácter bioceánica, podría contar con un centro de abastecimiento y distribución de energías limpias (bunkering), en especial para el paso de embarcaciones, pero también para aeronaves. Esto podría ser de especial interés considerando las dificultades que ha estado experimentando el Canal de Panamá en los últimos años.<sup>17</sup>

El establecimiento de la industria del H2V está impulsando el desarrollo de infraestructura habilitante que mejoraría sustancialmente las condiciones existentes del territorio. Igualmente es necesario considerar que la situación de Magallanes es distinta a la de la zona norte donde gran parte de la producción del H2V y derivados sería consumida por la industria minera. Un ejemplo de esto es Enaex. Para su proceso productivo demandan amoniaco gris, el cual lo traen principalmente de Trinidad y Tobago, realizan el proceso productivo en el norte del país, en Mejillones, región de Antofagasta, para luego distribuir a sus clientes que se encuentran en el mismo lugar y que son las grandes empresas de la minería.

Dado el enfoque exportador de la mayoría de los proyectos de hidrógeno verde, una oportunidad que surge para la transformación productiva en el territorio, es la posibilidad que señala una de las empresas (Otway Green Energy) la cual analiza construir, junto a su puerto, infraestructura eólica, para abastecer con generación eléctrica a otros proyectos que quisieran instalar su planta química para la obtención de derivados, o utilizarla para otros fines productivos. Este podría

---

<sup>15</sup> Microsoft. Microsoft eliminará más carbono del que emite para 2030. 16/01/20. <https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-eliminara-mas-carbono-del-que-emite-para-2030/> (acceso agosto de 2024).

<sup>16</sup> Google. Cero emisiones netas de carbono. <https://sustainability.google/intl/es-419/operating-sustainably/net-zero-carbon/#:~:text=Nuestro%20objetivo%20es%20reducir%20el,millones%20de%20tCO2e.> (acceso agosto de 2024).

<sup>17</sup> The New York Times. Una sequía afecta al Canal de Panamá. Y el comercio internacional lo resiente. 01/11/23. <https://www.nytimes.com/es/2023/11/01/espanol/sequia-canal-de-panama-comercio.html> (acceso agosto de 2024).

convertirse en un parque de desarrollo industrial relevante, no obstante, aún se encuentra en etapas tempranas.

Una iniciativa similar es la que podría ofrecer la ENAP quien ya anunció la construcción de su planta piloto de H2V<sup>18</sup>. Se indica que esta sería una planta más cercana a la realidad regional que permitiría conectar con empresas locales de menor tamaño y promover la adaptación de maquinarias y equipos hacia las energías renovables. Adicionalmente, se señala que este debiese ser un trabajo colaborativo entre el sector público y privado para que exista acompañamiento tanto para quien abastece como para el que consume la energía o incorpora nuevas tecnologías (por ejemplo, para el mantenimiento de equipos) permitiendo un avance gradual y equilibrado hacia la descarbonización. Finalmente se plantea que esto también representaría una oportunidad para la academia y que pueda contar con un espacio donde poder realizar investigación, pruebas y testeos.

En general se menciona que naturalmente, en la medida que la industria del H2V se desarrolle, se presentarán oportunidades relevantes para la tracción de industrias considerando recursos energéticos disponibles e infraestructura que pudiera estar subutilizada tras finalizar el proceso de construcción de los proyectos (puertos y rutas viales especialmente).

Respecto de la adopción de energías renovables en los sectores productivos que hoy se encuentran presentes en el territorio y que buscan avanzar en la transición energética, se manifiesta que el subsidio al gas que existe en la zona (sobre 63 mil millones de pesos al año) termina socavando esfuerzos puesto que ningún tipo de iniciativa logra ser competitiva ante esto. Una opción que se plantea es mantener el subsidio, pero incorporándolo en la salida, para la propuesta que sea más competitiva en la provisión energética, y no en la entrada cómo funciona en la actualidad.

Como otras actividades que recurrentemente se mencionaron como posibilidades de desarrollo en la región están los data centers, debido a sus necesidades de enfriamiento (*cooling*), demanda de recursos hídrico y energía renovable; el uso de oxígeno para la industria acuícola; el recurso hídrico para el desarrollo agrícola y ganadero además de la producción de fertilizantes; el uso de H2 como blending con el gas para la calefacción de hogares; la electrificación de puertos y; el fortalecimiento de capacidades en investigación y desarrollo (I+D)

---

<sup>18</sup> H2 News. Enap adjudicó construcción de su primera planta de hidrógeno verde en Magallanes. 05/04/24. <https://h2news.cl/2024/04/05/enap-se-adjudico-construccion-de-su-primera-planta-de-hidrogeno-verde-en-magallanes/#:~:text=La%20Empresa%20Nacional%20del%20Petr%C3%B3leo,para%20iniciar%20producci%C3%B3n%20en%202025>. (Acceso agosto de 2024).

como camino natural por la oportunidad que tiene la región de convertirse en un polo global en la producción de energías limpias.

## **7. Análisis de oportunidades de desarrollo para hubs industriales adyacentes al H2V.**

Tras la revisión de bibliografía internacional y el análisis de las entrevistas, se identificaron 14 oportunidades con potencial de desarrollo en Magallanes.

### **7.1. Fabricación de explosivos**

El amoníaco es un componente central en la producción de nitrato de amonio, que es uno de los principales ingredientes para los explosivos industriales. En el caso de la empresa Enaex, referente en el rubro, la mayor parte del amoníaco adquirido proviene de Trinidad y Tobago y Estados Unidos. También, el año 2018, la empresa compró una planta en Perú que produce H2V (unas 20 mil toneladas al año). Enaex cuenta con capacidad de almacenamiento de 30 mil toneladas pudiendo llegar incluso a 50 mil.

Aun cuando su mercado objetivo se encuentra en el norte (minería) manifiestan apertura de analizar un piloto en Magallanes.

En cuanto al sobreprecio que estarían dispuestos a pagar sus clientes por un producto 100% verde se indica una estimación tope de 18 mil toneladas que podrían ser vendidas casi al doble de precio de lo que ofrecen ahora. No obstante, el foco sería más bien en proyectos piloto.

Adicionalmente, Enaex participa junto con Engie en un piloto en Chile para producir 18 mil toneladas de amoníaco verde considerando 25 MW de electrolizadores. La etapa de ingeniería y viabilidad comenzó en 2022. Una vez alcanzada la viabilidad y el financiamiento se construiría el 2023 para operar el 2025. La construcción no ha iniciado.

Por cada tonelada de nitrato se ocupa casi media tonelada de amoníaco. Actualmente Enaex produce hasta 800 mil toneladas de nitrato de amoníaco con lo que consume hasta 360 mil toneladas de amoníaco al año. Solo en la planta química trabajan entre 320 y 350 personas. La mayor parte de ellos técnicos y profesionales. Cuentan con más de 150 contratistas dedicados a servicios de mantenimiento industrial y transporte. Su mercado se concentra principalmente en la minería en Chile. También se cubre parte de la demanda en Perú, Bolivia y Australia.

## **7.2. Producción de fertilizantes**

Al año 2020 se estimaba un mercado mundial superior a los 185 millones de toneladas de amoníaco, de este total cerca de un 80% fue destinado a la producción de fertilizantes. En Chile, al año 2022, se importaron poco más de 850 mil toneladas de fertilizantes (cerca del 50% corresponde a urea) y se estima que esta cantidad equivale a un 84% de todo lo que se utiliza en el país. Una empresa nacional (Comasa) se encuentra realizando las primeras producciones de fertilizantes verdes, ya cuenta con clientes nacionales e internacionales y avanza en la creación de una planta piloto en la región de la Araucanía, con apoyo de un programa tecnológico de Corfo, estimado en US\$10 millones. La operación requiere infraestructura como plantas de generación de energía renovable en base a biomasa, instalaciones de producción de amoníaco verde y sistemas logísticos para transporte y distribución de productos. El proyecto considera del desarrollo de tecnología (I+D) para un sistema de captura directa de CO2 biogénico que va desde un 3% a 20% potencial.

Adicionalmente la empresa, para medir su impacto en la reducción de emisiones, tiene estudios en desarrollo. Uno de ellos es Huella de Carbono de Producto con el método: *GHG Protocol Product Life Cycle + ISO14.067*. El representante de la empresa señala que ha estado en contacto con desarrolladores de H2V de Magallanes. Existe apertura a analizar la oportunidad de instalarse en el territorio aun cuando indica que sus principales clientes se encuentran en la zona centro sur del país y que analizan la posibilidad de instalarse en Brasil.

Para el caso de la empresa Comasa se espera que, con la planta piloto construida, la capacidad productiva alcance 18.000 toneladas anuales de fertilizante. La demanda proyectada para la planta piloto sería de 2.700 hasta 5.400 toneladas de amoníaco verde por año.

En cuanto al personal que demandan, se encuentran ingenieros químicos, eléctricos, mecánicos y de procesos, así como técnicos especializados en operación y mantenimiento de plantas, investigadores, especialistas en medio ambiente y sostenibilidad, y administradores. Además, cuentan con personal de apoyo logístico, operarios de planta, y personal de mantenimiento general.

## **7.3. Uso de oxígeno industrial**

Un insumo que podría estar a disposición considerando una gran cantidad de excedentes luego de la electrólisis es el oxígeno. El costo logístico de traer el oxígeno hasta Magallanes puede representar entre un 15% o 20% del valor de venta del producto. Se indica que inicialmente el negocio del oxígeno debiese ser de

cilindro. La proporción es que 1 litro de oxígeno líquido es equivalente a 865 litros de oxígeno gaseoso. Si bien la producción de oxígeno es una actividad madura y ampliamente conocida, la instalación de una planta industrial cercana a una de H2V podría complejizar costos y operaciones. Por esto es recomendable que este tipo de plantas fuera incorporado en el estudio de impacto ambiental de los proyectos de H2V lo cual sería muy poco probable.

Una de las empresas referentes del rubro cuenta con 7 plantas en Chile que diariamente producen 850 toneladas de oxígeno de las cuales entre 25 y 250 toneladas se producen en plantas criogénicas. Punta Arenas consume 20 a 25 mil metros cúbicos en 30 días. Este es un promedio de la demanda industrial sin considerar estacionalidades.

Otro uso es en la industria siderúrgica. Se estima que por cada 80 kilos de producción de acero se demandan 10 metros cúbicos de oxígeno. Este se inyecta en los hornos a través de cañerías subterráneas. También se usa oxígeno en el tratamiento de aguas y en incineradoras de compostaje.

Como mercados de interés adicionales se señala la salmonicultura, tratamiento de aguas, incineradoras y hospitales.

#### **7.4. Producción de acero**

Es una de las actividades considerada como de las contaminantes donde por cada tonelada de acero se emiten 1,91 toneladas promedio de CO<sub>2</sub>. No obstante, en hornos de arco eléctrico (EAF por sus siglas en inglés) las emisiones podrían ser bastante inferiores (0,2 a 0,8 toneladas de CO<sub>2</sub>) aunque con un costo mayor. La empresa CAP recientemente ha cerrado su planta la cual producía el acero, en un formato tradicional, con mineral de hierro, coque y caliza. La producción promedio anual, durante los últimos 10 años, era de 750 mil toneladas. La estimación es que, en el reactor reductor, por cada tonelada de *Hot Briquetted Iron* (HBI), equivalente a un 96% aprox. de una tonelada de acero, se demandan 40 kg de H<sub>2</sub> con lo que, considerando su última producción, la demanda total fue de 30 mil toneladas.

Por su parte Aceros AZA S.A. es una empresa chilena que ha implementado un modelo de producción de acero a través del reciclaje de chatarra utilizando hornos de arco eléctrico. Su producción anual, al año 2023, fue de 520 mil toneladas y señalan estar en condiciones de abastecer la demanda local no asociada a las bolas de molienda que era lo que principalmente CAP proveía a la minería.

La industria del H2V, para el proceso de construcción de los parques eólicos, demandará cantidades considerables de acero solo para las fundaciones de los aerogeneradores (se estiman 75 toneladas por torre).

Se señala la importancia de abordar demandas pequeñas, a través de proyectos pilotos, con potenciales clientes que están dispuestos a cubrir el diferencial verde como ocurre en algunos casos en la industria automotriz. También se indica la posibilidad de probar en pequeñas dimensiones, producciones de 25 mil HBI, con envío de pellet de hierro.

En cuanto a capital humano se demandan ingenieros metalúrgicos y de materiales, químicos, mecánicos, civiles industriales, entre otros.

## **7.5. Data centers**

Los data centers son infraestructuras físicas que albergan sistemas y servidores para el procesamiento de datos. Chile ha desarrollado un plan nacional de data centers con el que se espera acelerar una inversión de \$2.500 millones de dólares. Actualmente el país cuenta con 22 data centers y con el desarrollo del plan nacional se espera la llegada de otros 28, con foco en el uso de energías renovables, que estarían distribuidos en diversas regiones del país.

El mercado de los data centers crece a nivel mundial entre un 10% y un 20% anual. Según la IEA el consumo de electricidad de esta industria es equivalente, aproximadamente, a un 2% de la demanda mundial y su huella de carbono, incluyendo los servicios de nube, es cercana al 4%. Un centro de datos promedio tiene con una capacidad instalada de entre 7 y 40 MW, dependiendo de su tamaño y eficiencia.

Magallanes cuenta con la Fibra Óptica Austral (FOA) la cual tiene una capacidad de 16 terabytes y que hoy se encuentra con una demanda de un 10% de todo su potencial. Además, indican, podría llegar a 32 Teras con una inversión de 3 a 4 millones de dólares lo cual cubriría ampliamente una futura demanda. A esto se suma como atributo el ser una región de clima frío, asísmica y, prontamente, con energía verde y barata. No obstante, las empresas del rubro prefieren la región Metropolitana porque cuentan con más opciones de conexión/redundancia y Magallanes solo tiene una lo cual es un alto riesgo en caso de falla. Una alternativa eventual sería un cable que llegaría por Argentina, en 4 o 5 años más.

Dependiendo del tamaño y objetivo del *data center* (los más demandantes se vinculan a los datos científicos y de la industria aeroespacial) se podría requerir unos 2,1 millones de litros de agua diarios (para un data center de hiperescala de, mínimo, 930 m<sup>2</sup> y 5 mil servidores). Uno de baja escala demanda 68 mil litros/día. Esto está estrechamente vinculado a las condiciones climáticas del lugar, ya que en climas fríos los requerimientos de agua se reducen de forma sustancial. Esto se debe a que el agua, utilizada comúnmente para mantener sistemas avanzados de



refrigeración como HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), enfriamiento líquido y sistemas de *free cooling*, es menos demandada debido a las bajas temperaturas naturales que favorecen estos procesos.

## **7.6. Refinerías y transformación de hidrocarburos**

Una de las actividades que tempranamente podría adoptar el uso de H2V en sus procesos son las refinerías y la transformación de hidrocarburos. Magallanes cuenta con 2 empresas referentes en el desarrollo productivo histórico del territorio: Enap (1950) y Methanex (1988).

Al año 2023 Enap produjo 195.524 barriles de petróleo equivalentes / día (bep/d) de los cuales se estima que 20.000 bep/d se producen en Magallanes. Si solo para 10.000 bep/d de petróleo utilizar H2V para la desulfuración y refinación de los combustibles (actividad que no desarrolla en su planta de Magallanes), podría demandar cerca de 500 kg/día (182,5 ton/año). Además, si una parte del gas fuera reemplazado por H2V, para sustituir, por ej., 2.000 bep/d podría demandar 10 toneladas de h2v/día (3.650 ton/año). Cabe destacar que Enap también cuenta con un proyecto piloto de h2v donde podría avanzar hacia los e-fuels. Además, tendrá un rol clave en el desarrollo de infraestructura habilitante, como puertos e instalaciones industriales (Cabo Negro, Laredo, Gregorio y Clarencia), además de los más de 3 mil km de redes de ductos de los que dispone en la región y, finalmente, ha firmado acuerdos (MOU) con desarrolladores de H2V donde participaría con un *equity* en la producción.

Para el año 2023 Methanex produjo a nivel mundial cerca de 7 millones de toneladas de metanol, de este total solo 200 mil tons. fueron con H2V. En Magallanes produjo al 2023 cerca de 1 millón de toneladas y se espera que al 2024 la producción crezca a 1.2 millones de tons. Para esta operación se estima que entre un 30/35% del gas lo obtienen en Chile y el resto en Argentina. Por otra parte, en el proceso de reformado de metano con vapor y la síntesis de metanol se produce CO2 como subproducto. La estimación de intensidad es de 0,5 toneladas de CO2 por cada tonelada de metanol por lo que el CO2 generado el 2023 fue de 500.000 tons. aproximadamente.

## **7.7. Producción y distribución de gas y e-GL**

La matriz energética de la región de Magallanes se centra casi en su totalidad en el gas natural, esto tanto para fines térmicos como eléctricos. La empresa Gasco produce/distribuye en Magallanes anualmente entre 450-500 MMm3 de gas natural y entre 7.000 y 7.500 toneladas de gas licuado. El proceso productivo de Gasco demanda alrededor del 15% del consumo eléctrico de la región de Magallanes (aprox. 9 MW promedio día). Para avanzar en la descarbonización, se indica, se

debería promover el uso del H2 en formato de *blending*, no obstante, la realidad de pruebas iniciales muestra que menos de un 20% es lo que se podría inyectar en solo una parte de la red considerando las dificultades que presenta la molécula del H2 y la antigüedad de las redes distribuidas en la región.

Gasco junto a HIF Global implementaron una planta piloto para la producción de gas licuado sintético (e-GL). El e-GL se obtiene al combinar h2v CO2. En un futuro se espera utilizar el CO2 capturado de la atmósfera para producir primero metanol y luego, mediante tecnología MtG (Methanol-to-Gasoline), producir gas licuado sintético carbono neutral.

### **7.8. Producción de cemento y hormigón**

Es uno de los sectores que podría ser altamente demandado, especialmente en el proceso de construcción de parques para la industria del h2v en Magallanes. Por ejemplo, los aerogeneradores de 7 MW podrían llegar a utilizar 900 m3, donde entre 10% y 15% sería cemento aproximadamente. Para los aerogeneradores de Enap/Pecket se demandaron unas 350 m3 de hormigón

Además, la producción de cemento es una de las más contaminantes y emisoras de CO2, sobre todo en las etapas de calcinación en hornos, la descarbonatación y la formación del clinker, no obstante, estas actividades no se realizan en la planta de Cementos Melón de Punta Arenas donde llega la materia prima lista para el secado y la molienda. Esta planta cuenta con una capacidad de 250 mil toneladas por año (se estima que su producción actual es de un 30% de su capacidad). Considera una fase de ampliación y con los permisos por el doble de capacidad para cuando fuera requerido. El sistema de enfriamiento cuenta con un circuito cerrado de agua a razón de 60 m3/hr. En cuanto a demanda eléctrica, lo más intensivo es el uso del molino que cuenta con una potencia de 1500 KW para lo cual se conectan a la red y, por el momento, no demandan de un sistema de respaldo.

En cuanto al hormigón, la empresa Concremag indica producir alrededor de 120 mil m3 al año considerando entre 200 a 220 litros de agua por m3. La capacidad de producción actual es de 100 a 200 m3 hora.

Otra actividad relacionada y que podría ser intensiva en el consumo del recurso hídrico es el lavado de áridos. Esto podría ir entre 100 y 600 litros por tonelada de árido dependiendo de las características y los fines productivos.

### **7.9. Ganadería ovina**

La actividad ganadera, en particular la ovina, cuenta con más de 150 años de historia en la región de Magallanes. Si bien en los últimos 20 años han caído las cabezas de ganado en poco más de un 30%, se espera que la industria del H2V podría revitalizarla y pasar de un tipo de ganadería extensiva a una de tipo intensiva, incorporando nuevas tecnologías y disponiendo de recursos claves como el agua para los bebederos y para la siembra de alfalfa. Otra actividad que demanda energía son las plantas de proceso y los frigoríficos, no obstante, los actores señalan que los subsidios al gas desincentivan cambiar la fuente energética.

En cuanto al agua para bebederos se estima que una oveja podría consumir entre 5 y 10 litros de agua por día, o entre 1.825 y 3.650 litros al año, esto dependiendo de las condiciones climáticas y las características del animal. La cantidad de cabezas de ganado se estima entre 1.6 y 1.8 millones en la región. La faena anual de los 3 principales frigoríficos de la región es de unos 120 mil animales promedio.

Respecto del riego para alfalfa, dependiendo de las condiciones del suelo, se estima un riego promedio de 1/2 litro por segundo por hectárea o entre 8.000 y 15.000 m<sup>3</sup>/hectárea/año. La prueba que se ha realizado con animales en ciertas zonas de la región ha permitido demostrar que el rendimiento de la oveja en cuanto a peso puede llegar a ser de casi el doble en menos tiempo, lo cual redundaría en reducción de costos al poder ahorrarse una esquila antes de la venta. Sobre ambos cálculos habría que descontar las precipitaciones y los cursos naturales en los cuales hoy en día los ganaderos consiguen el agua. En ambos casos se debe considerar que el agua podría requerir procesos adicionales o certificaciones para su uso si es que proviene de la desalación.

### **7.10. Agricultura**

En cuanto a la agricultura, Magallanes presenta importantes desafíos para avanzar hacia la soberanía alimentaria considerando las condiciones de aislamiento, la dependencia de importaciones y el desabastecimiento que en ocasiones ocurre por diversos factores. En la región se consumen más de 12 mil toneladas de productos hortofrutícolas al año, de las cuales alrededor de un 10% se producen localmente.

Hoy existen más de 580 familias vinculadas directamente a la actividad agrícola, principalmente pertenecientes a la agricultura familiar campesina, con diferente nivel de desarrollo tecnológico y precarios encadenamientos productivos.

Al igual como se plantea en la actividad ganadera, el foco de producción debiese estar centralizado en un grupo de horticultores, probablemente, en un formato de cooperativa. Según el último censo agropecuario en Magallanes, las personas productoras naturales que declararon vivir en la región son 424 de los cuales 282 son hombres (66,5%), 137 son mujeres (32,3%) y 5 se encuentran sin registro de sexo (1,2%). Respecto a datos de superficies de cultivos del rubro agrícola, se indica que actualmente se cuenta con alrededor de 22.826 hectáreas de superficie cultivada (0,2%). Existen 29 hectáreas de cultivos hortícolas como: huerta casera; lechuga, zanahoria, repollo, ruibarbo, cilantro y acelga, entre los principales y 6 hectáreas de superficies frutales (INE, 2021).

De acuerdo con antecedentes facilitados por actores entrevistados, se estima que para un invernadero de 10.000 m<sup>2</sup> (1 hectárea), con un ciclo de cultivo de 6 a 8 semanas, el rendimiento promedio podría ser de 20 a 30 toneladas por hectárea por ciclo. En cuanto a calefacción se requeriría una temperatura de 15 a 20 grados Celsius, lo que en energía térmica podría ser de 200 a 300 kwh por m<sup>2</sup>, es decir, entre 2 a 3 GWh año. A eso se pueden sumar necesidades de iluminación, ventilación y control de humedad pudiendo sumar entre 0,2 a 1 GWh adicional. En cuanto a recurso hídrico, dependiendo del tipo de sistema, podrían ser entre 300-400 mm de agua por ciclo, es decir, más de 20 m<sup>3</sup> por año por una hectárea.

### **7.11. Servicios de bunkering**

El abastecimiento de combustibles verdes (metanol y amoníaco) para la recarga de buques (posteriormente sería de aviones) que pasen por el Estrecho de Magallanes es una oportunidad recurrente entre los entrevistados. Para esto, se indica, sería necesaria mejorar la infraestructura existente para buques de mayor calado y aumentar los puntos para el servicio de bunkering, el cual es un desarrollo maduro y relativamente sencillo de implementar. Adicionalmente la disponibilidad de combustibles es uno de los factores más influyentes en la determinación de una ruta logística.

Magallanes cuenta con un punto de abastecimiento con infraestructura especializada dependiente de la operación de ENAP en Cabo Negro. Se estima que, en la actualidad, un promedio de 3,5 buques por mes podría demandar metanol y un buque promedio al mes de GLP. De todas maneras, se indica que, para ser competitivos, considerando los costos de fletes, sería necesario revisar las tasas de impuestos, como las de faros y balizas.

Por otra parte, considerando los desafíos que enfrenta el Canal de Panamá y los conflictos bélicos en zonas claves como el Canal de Suez, han provocado que el paso de buques mercantes (de más de 50 mil toneladas) por el Estrecho de

Magallanes haya aumentado un 33% desde el 2023 a la actualidad. Asimismo, de acuerdo con información de la EPAustral, para la temporada turística 24-25 se espera un aumento de 16% de aumento de pasajeros totalizando 186 cruceros. Se estima que para un gran crucero de expedición la demanda de combustibles podría llegar a las 8.000 toneladas por temporada.

### **7.12. Transporte de pasajeros**

Para la etapa de construcción de los proyectos de H2V en Magallanes se estima que podrían haber *peaks* de más de 12 mil trabajadores. La mayor parte correspondería a población flotante que cumpliría roles y que se trasladaría desde los aeropuertos a las áreas de faena. El transporte y la logística son elementos que considerar para asegurar una eficiencia operativa y ambiental.

Respecto de las alternativas existentes se mencionan los vehículos eléctricos principalmente, pero también vehículos con motores propulsados con H<sub>2</sub>, dependiendo de sus niveles de rendimiento, como los que se están ensamblando en Chile.

Para uno de los proyectos de H2V que se ejecutará en el territorio la estimación es de unos 30 a 40 buses, en principio eléctricos, para efectuar 26 viajes diarios a diferentes zonas de trabajo (considerando la ubicación y la amplitud en cuanto a cantidad de hectáreas donde se despliegan los proyectos). Esto implica analizar no solo el rendimiento y autonomía de los vehículos en condiciones como las que ofrece Magallanes, sino también verificar la necesidad de contar con una red de subestaciones que permita tener certeza sobre la disposición de recarga y los tiempos empleados en este proceso, eso sin considerar el efecto que puede tener en el rendimiento las condiciones climáticas que presenta la zona austral.

Algunos tipos de buses eléctricos, como los de fabricantes como BYD, Proterra, y Tesla, pueden alcanzar una autonomía de entre 200 y 400 kilómetros con una sola carga. Se estima que una recarga del 50% a 80% de la capacidad podría tomar unos 30 minutos, no obstante, esto dependerá de la capacidad de la batería y de la potencia de la estación de carga. En el caso del primer bus a hidrógeno hecho en Chile la autonomía es de hasta 600 km y alcanza una velocidad de 90 km/h.

### **7.13. Salmonicultura**

La acuicultura es la tercera mayor actividad económica de Chile, solo por detrás de la minería y la producción de frutas, con exportaciones valoradas en US\$6.462 millones en 2023. Al mismo año, para la región de Magallanes, este

sector representa casi el 60% de las exportaciones con alrededor de US\$800 millones, aunque a la baja desde el año 2022.

Adicionalmente, considerando las emisiones de alcance 1, 2 y 3, la estimación es que el año 2023 la industria fue responsable de la emisión de 102 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Cuando próximamente los costos sociales se incorporen a la normativa tributaria, aumentando el impuesto al carbono de los actuales US\$5/ton CO<sub>2</sub>eq a US\$63,4/ton CO<sub>2</sub>eq, la industria salmonera enfrentará riesgos financieros. Este ajuste impositivo podría resultar en una reducción del 39% del margen EBITDA de la industria acuícola. Las plantas de procesos y los alimentos son las actividades más significativas en emisiones. Se indica que el transporte y los *wellboats* podrían ser avances relevantes en el uso y adopción de energías renovables (Mundo Acuícola, 2024).

Por otra parte, un sistema de recirculación acuícola (RAS) estándar podría demandar entre 20 y 40 toneladas de oxígeno por semana dependiendo de la biomasa y las condiciones operativas. Un ejemplo de cómo se utiliza el oxígeno en empresas acuícolas es contar con un stock de, aproximadamente, 50 millones de pesos (CLP) por mes en centros que tuvieran mayor probabilidad de sufrir bajas de oxígeno (masas de agua de baja saturación). Ese valor da el derecho para consumir cerca de 80 toneladas al mes de oxígeno dependiendo de las necesidades existentes. Eso para un solo centro de cultivo. Generalmente este insumo llega a Magallanes desde los Lagos o Biobío.

#### **7.14. Captura de carbono a través de biomasa y recuperación de bosques**

En la isla de Tierra del Fuego, se estima que aproximadamente 40 mil hectáreas han sido afectadas por la introducción del castor. En Argentina, las pérdidas anuales por los daños directos a los bosques causados por esta especie se calculan en US\$66 millones. En Chile, en 2020, se estimó un perjuicio económico de US\$73 millones.

La actividad de esta especie también impacta las turberas, humedales compuestos por material orgánico en descomposición, que tienen un valor ecológico considerable por su capacidad para retener dióxido de carbono. Al desglosar los 73 millones de dólares en pérdidas, se observa que el mayor impacto lo sufre la producción de madera (82,6%), con pérdidas que superan los US\$60,3 millones, considerando el potencial del bosque para generar madera destinada a la fabricación de muebles, la construcción y otros productos.

Se indica que, a través de un trabajo conjunto con Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) de carácter internacional, se podría abordar una solución que permita la recuperación de bosques en el sur de Tierra del Fuego y, en paralelo, avanzar en la obtención de biomasa para la captura de CO<sub>2</sub> y la producción de e-combustibles.

Recientemente, el Comité de Carbono Neutralidad y Resiliencia promovido por el Gobierno de Chile, ha hecho entrega de un informe con propuestas y medidas para que sean implementadas en el corto y mediano plazo. La propuesta 4 se refiere a el aumento de captura de carbono en sector agroforestal y prevención de incendios forestales. Esta propuesta apunta a fortalecer la capacidad de captura del sector, ya sea mediante el aumento de la masa vegetal del país, como de su cuidado y restauración.

## 8. Proyección de insumos producidos por la industria

Los proyectos con datos actualizados para la elaboración de este estudio contemplan un total de 14 iniciativas, con una capacidad eólica instalada proyectada de 26,2 GW. La producción anual máxima estimada alcanza los 2,7 millones de toneladas de H2V y 12,06 millones de toneladas de amoníaco verde. La expansión hacia fases posteriores dependerá de la evolución de la industria y las condiciones del mercado.

Para la construcción de escenarios y la proyección de los insumos potencialmente disponibles por la industria, los proyectos se agruparon según la información proporcionada sobre sus respectivos años estimados de inicio de construcción. Además, se estableció un indicador de avance en la construcción de 0,7 GW por año, considerando este valor como la mediana de los proyectos. Con base en este criterio, los escenarios fueron configurados como se detalla en la Tabla 9. Es importante señalar que estos escenarios no consideran la probabilidad de ejecución de los proyectos, sino que representan una proyección basada en los cronogramas de construcción informados. El propósito de este estudio no es evaluar la viabilidad individual de cada iniciativa, sino estimar el potencial agregado de insumos disponibles en función de los proyectos que podrían llegar a materializarse en el territorio.

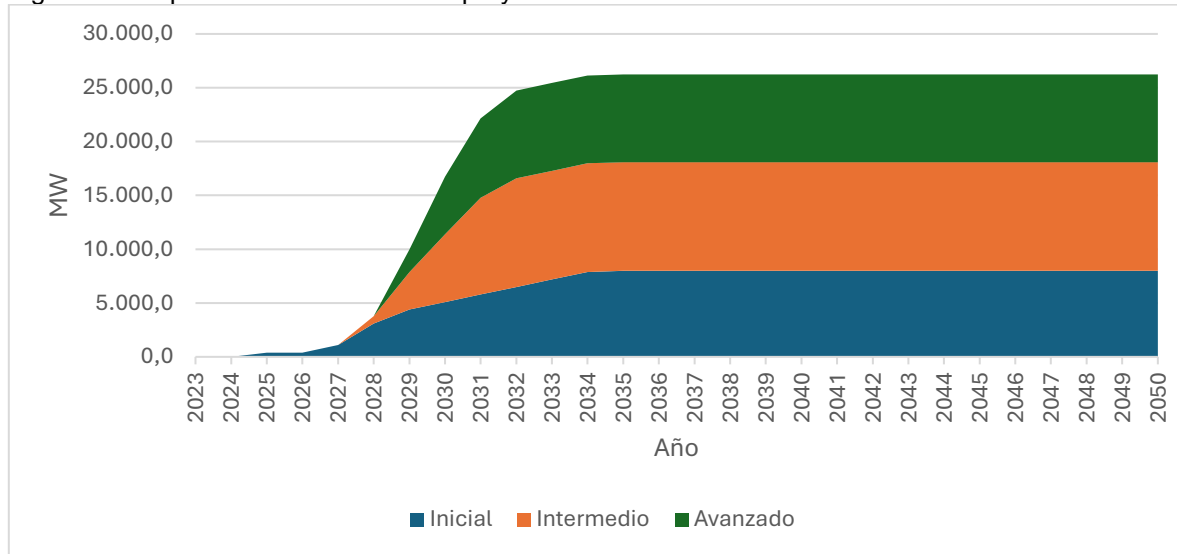
Tabla 9. Escenarios proyectados

Escenarios	Cantidad de proyectos	MW	Inicio esperado construcción
Inicial	5	7.987,4	2023 - 2028
Intermedio	4	10.100,0	2028 - 2029
Avanzado	5	8.150,0	2029 - 2030
<b>Totales</b>	<b>14</b>	<b>26.237,4</b>	-

Fuente: Elaboración propia

De manera, la proyección de la capacidad eólica instalada, considerando los años estimados de inicio de construcción y el ritmo de desarrollo de los proyectos, alcanzaría su máximo funcionamiento en 2035, de acuerdo con los distintos escenarios modelados (ver Figura 36)

Figura 36. Capacidad eólica instalada proyectada



Fuente: Elaboración propia

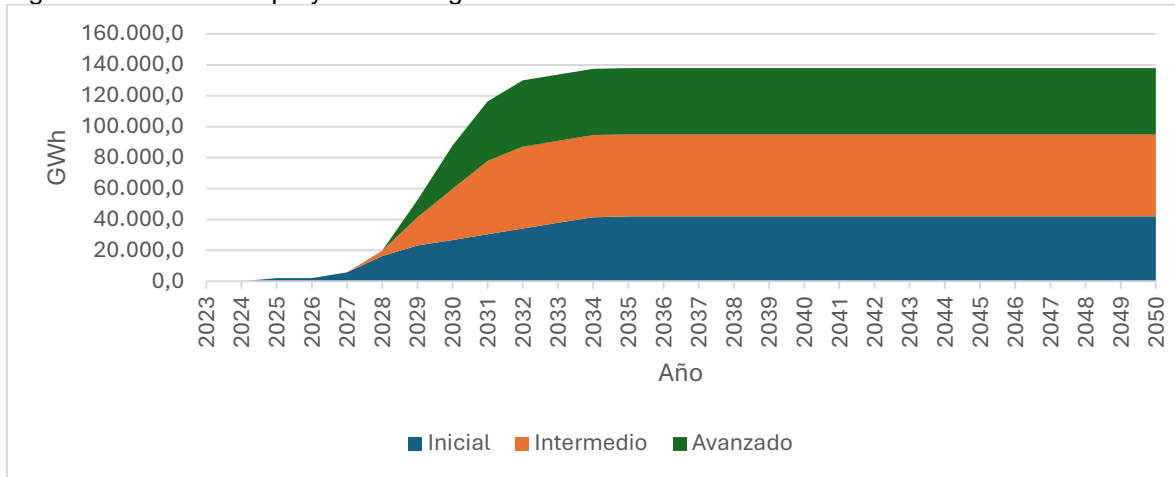
A continuación, y en función de los distintos escenarios, se presenta la proyección de los insumos asociados a la generación eléctrica, producción de H<sub>2</sub>V, extracción y desalación de agua, así como la producción de amoníaco verde y combustibles sintéticos.

### 8.1. Generación eléctrica

Considerando la capacidad instalada proyectada, es posible modelar el potencial de generación eléctrica a partir de la energía eólica. Para estos cálculos, se ha utilizado un factor de planta del 60%, un valor intermedio entre el 54% que ya registra Vientos Patagónicos, planta en funcionamiento hace más de 10 años en la región, y el 70% estimado por algunas empresas para el potencial eólico en Magallanes. En un escenario inicial, la capacidad de generación eléctrica anual sería superior a 41.9 mil GWh/Año. Si se incluye el escenario intermedio (53,0 mil GWh/Año), la producción podría alcanzar los 95 mil GWh/Año. Finalmente, al añadir el escenario avanzado (42.8 mil GWh/Año), la capacidad total de producción eléctrica anual llegaría a 137.9 mil GWh/Año (ver Figura 37).



Figura 37. Estimación proyectada de generación eléctrica

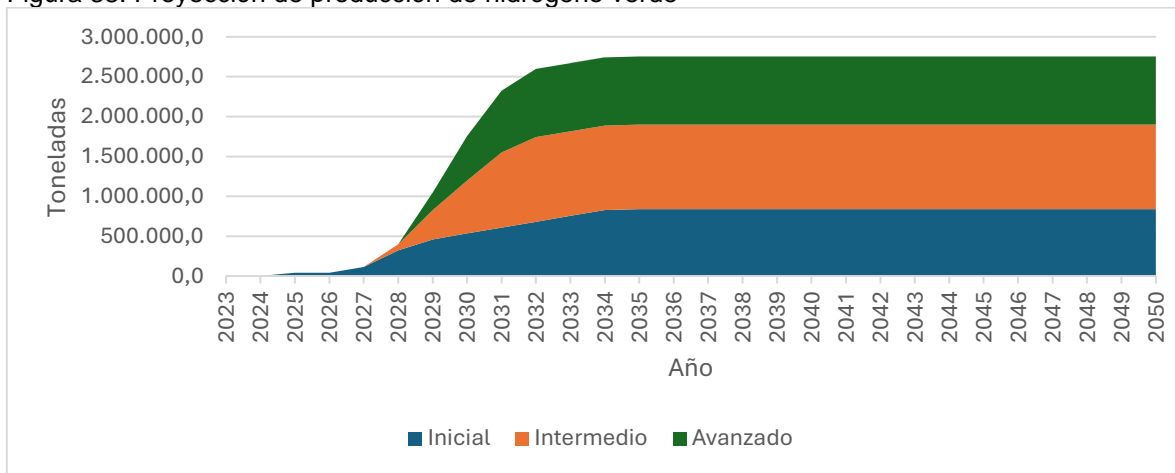


Fuente: Elaboración propia

## 8.2. Producción de hidrógeno verde

Se estima que para la producción de un kilogramo de hidrógeno verde se requieren 50,07 kWh de energía eléctrica (Klaus Schmidt-Hebbel, 2022). Con base en este indicador y considerando el potencial de capacidad de generación eléctrica, se puede proyectar la producción potencial de hidrógeno verde en la región de Magallanes. Así, en un escenario inicial, el potencial de anual sería de 838.4 mil toneladas de hidrógeno verde. Al incorporar el escenario intermedio con un millón sesenta mil toneladas, la producción potencial podría alcanzar casi 1.9 millones de toneladas anuales. Finalmente, sumando el escenario avanzado, con un potencial de 855 mil toneladas, se llegaría a un máximo total estimado de 2.7 millones de toneladas de hidrógeno verde por año (para esto ver Figura 38).

Figura 38. Proyección de producción de hidrógeno verde

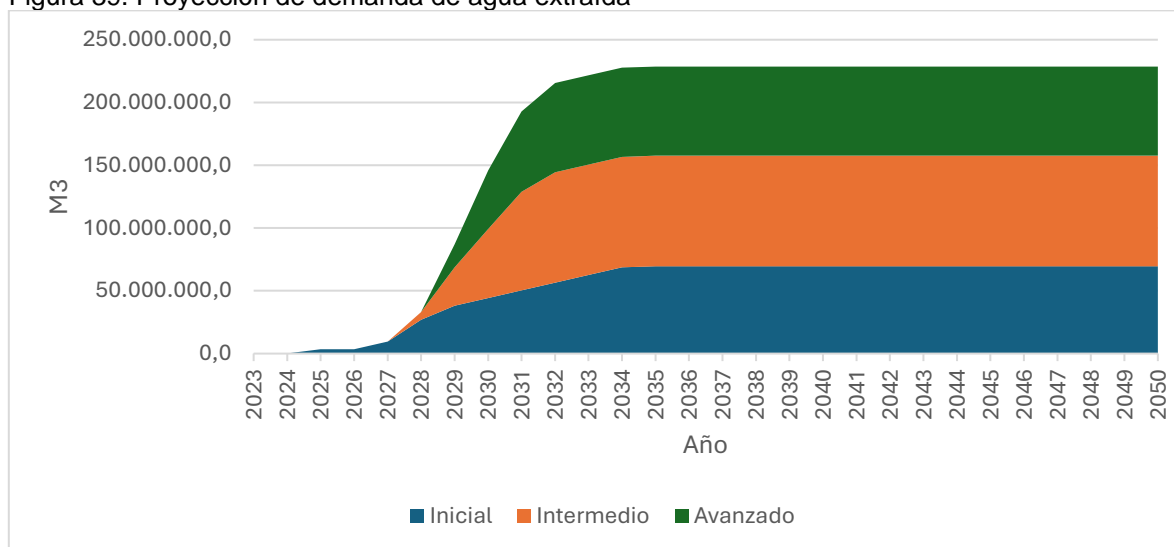


Fuente: Elaboración propia

### 8.3. Producción de agua

De acuerdo con estimaciones recientes (GIZ, 2023), la producción de un kilogramo de hidrógeno verde requiere aproximadamente 83 litros de agua extraída de mar. Basado en este indicador y considerando la disponibilidad de recursos hídricos en la región de Magallanes, es posible proyectar el volumen de agua que será necesario extraer para satisfacer la producción potencial de hidrógeno verde. En un escenario inicial la extracción de agua requerida sería de aproximadamente 69.5 millones de m<sup>3</sup>. Si se considera el escenario intermedio la demanda hídrica aumentaría a 87.9 millones de m<sup>3</sup>, sumando cerca de 157.5 millones. Finalmente, con el escenario avanzado (71.0 millones de m<sup>3</sup>), la extracción total de agua necesaria alcanzaría un máximo de 228 millones de m<sup>3</sup> en el caso de que todos los proyectos logaran su plena operación. Para esto ver Figura 39.

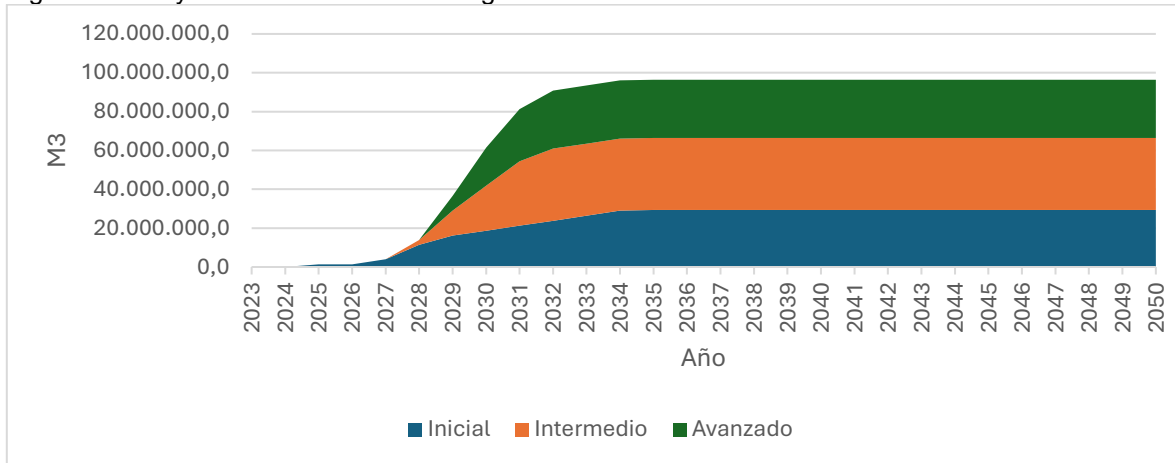
Figura 39. Proyección de demanda de agua extraída



Fuente: Elaboración propia

Respecto del agua desalinizada, se estima que por cada kilo de H<sub>2</sub>V se debería contar con 35 litros de agua desalinizada (GIZ, 2023). De esta manera para el escenario de los proyectos del escenario inicial, la demanda de agua desalinizada podría llegar a 29.3 millones de m<sup>3</sup>. Para el escenario intermedio, la estimación es de 37.1 millones de m<sup>3</sup>, sumando 66.4 millones de m<sup>3</sup>. Finalmente, para el escenario avanzado, la demanda sería de 29.9 millones de m<sup>3</sup> sumando un total de 96.3 millones de m<sup>3</sup> de agua desalinizada anual. Ver Figura 40.

Figura 40. Proyección de demanda de agua desalinizada

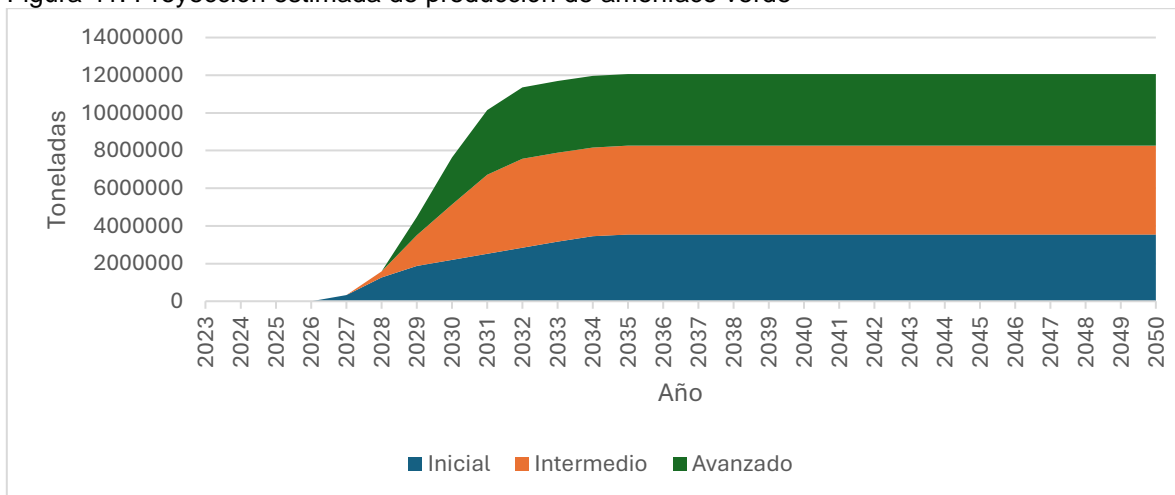


Fuente: Elaboración propia

#### 8.4. Producción de amoníaco verde

Se estima que la producción de una tonelada de amoníaco verde requiere de 9.690 kWh, consumo energético que incluye la electricidad requerida para la captura de nitrógeno del aire (Schmidt-Hebbel, 2022). Considerando este factor y la información provista por las propias empresas, se estima que para el escenario inicial la producción de amoníaco verde podría llegar a los 3.5 millones de toneladas anuales. Para el escenario intermedio la producción podría ser de 4.7 millones de toneladas anuales, con lo que se sumarían 8,2 millones de toneladas anuales. Para el escenario avanzado la producción sería de 3.8 millones de toneladas anuales con lo cual la suma total alcanzaría los 12.06 millones de toneladas de amoníaco verde por año. Ver Figura 41.

Figura 41. Proyección estimada de producción de amoníaco verde



Fuente: Elaboración propia

## 8.5. Producción de combustibles sintéticos

La planta de e-Combustibles Cabo Negro considera una capacidad de producción máxima de 173.600 ton/año de e-Metanol, el cual, según su definición comercial, podrá ser exportado directamente como e-Metanol, o bien, ser convertido total o parcialmente a e-Gasolina y gas licuado (e-GL) alcanzando una producción máxima de 70.000 ton/año de e-Gasolina y 8.030 ton/año de e-GL, en el caso de que el 100% de e-Metanol sea transformado. Se estima una tasa máxima de 792 ton/día de e-Metanol, de 37 ton/día de e-GL de 320 ton/día de e-Gasolina. Cabe señalar que para la estimación de la producción anual se considera el 60% de la proyección anual de la tasa máxima diaria de producción de e-Metanol.

## 9. Selección de los sectores de interés

Durante la ejecución del estudio se identificaron catorce oportunidades asociadas a la industria del H<sub>2</sub>V y sus derivados en la región de Magallanes y la Antártica Chilena. Estas oportunidades abarcan diversos sectores productivos y de servicios, cada uno con características únicas y distintos niveles de aplicabilidad en el territorio. Para seleccionar los dos sectores estratégicos con mayor potencial, se conformó un panel de expertos/as que evaluó, priorizó y fundamentó su decisión sobre las oportunidades identificadas.

El panel reunió especialistas en áreas como energías renovables, políticas públicas, desarrollo territorial e industrial, facilitando un proceso deliberativo basado en evidencia. Cada oportunidad fue evaluada considerando criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales, además de su capacidad de generar beneficios en términos de diversificación productiva, transferencia tecnológica, creación de empleo y sostenibilidad. También se consideraron factores de proximidad y factibilidad de implementación, entre otras.

Como resultado del proceso de análisis y deliberación, se seleccionaron dos sectores prioritarios por su impacto en el desarrollo económico, social y ambiental de la región:

- a) Transporte marítimo y bunkering: Priorizado debido al volumen proyectado de producción de combustibles limpios como metanol y amoníaco verde, derivados del hidrógeno verde. La ubicación del Estrecho de Magallanes como ruta marítima internacional representa una oportunidad para desarrollar un *hub* de abastecimiento de combustibles sostenibles, impulsando la descarbonización del transporte marítimo global y fortaleciendo la infraestructura portuaria y logística de la región.
- b) Data Centers: Priorizado debido al extraordinario potencial de generación eléctrica renovable en Magallanes, particularmente a partir de la energía eólica, que presenta factores de planta superiores al 55%. Además, las condiciones climáticas de la región, con bajas temperaturas gran parte del

año, permiten reducir sustancialmente costos de enfriamiento. Sumado a esto, la amplia superficie territorial y la baja exposición a desastres climáticos o conflictos geopolíticos refuerzan su atractivo como un entorno estable y seguro para el desarrollo de centros de datos de gran escala.

Es importante destacar que la selección de estos sectores no implica una determinación absoluta sobre qué oportunidades deben desarrollarse en Magallanes. En una industria emergente como la del H2V, la evolución tecnológica y la maduración de la demanda pueden modificar radicalmente la viabilidad de distintas oportunidades en el tiempo. La selección de sectores debe entenderse como un ejemplo de cómo priorizar oportunidades con alto potencial en un momento determinado, y no como una lista cerrada de opciones definitivas.

Más detalles sobre este ejercicio se puede observar en la sección metodología y en el anexo 3 donde se identifican los integrantes y el ejercicio realizado por el panel de expertos/as.

## **10. Transporte marítimo y bunkering como hub potencial de desarrollo**

La Organización Marítima Internacional (IMO por su sigla en inglés), como agencia especializada de las Naciones Unidas, regula el transporte marítimo internacional, que actualmente genera aproximadamente el 3% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. En 2018, la IMO adoptó una estrategia inicial para reducir estas emisiones, buscando transformar la industria hacia la sostenibilidad y alinearla con los objetivos del Acuerdo de París (IMO, 2021).

La estrategia de la IMO establece metas concretas para mitigar el impacto ambiental del sector como son disminuir las emisiones de CO2 por unidad de transporte en al menos un 40% para 2030 y un 70% para 2050, tomando como referencia los niveles de 2008 y reducir al menos un 50% de las emisiones totales de GEI para 2050, aspirando a la descarbonización completa para el final del siglo (IMO, 2018).

Los combustibles alternativos como el amoníaco y el metanol verdes juegan un rol relevante en esta transición. Estos combustibles ofrecen reducciones considerables en las emisiones de CO2 y contaminantes asociados. El amoníaco verde, por ejemplo, no genera emisiones de CO2 durante su combustión y puede contribuir a una reducción de hasta un 25% de las emisiones de GEI en el transporte marítimo para 2050 (DNV, 2022). Por su parte, el metanol verde reduce las emisiones de CO2 en un 90% en comparación con los combustibles fósiles tradicionales, además de disminuir de forma notable los óxidos de nitrógeno y azufre (State of Green, 2023)

El desarrollo de nuevas embarcaciones adaptadas al uso de combustibles limpios se acelera, un ejemplo de esto es Maersk quien ha anunciado que lanzará su primer portacontenedores propulsado por metanol verde en 2024, con una reducción proyectada de más del 95% en sus emisiones operativas de CO2 (Riviera,

2023). Prototipos de buques propulsados por amoníaco están en fase de diseño, con operaciones piloto planificadas para 2025, adaptados con tanques de almacenamiento especializados y sistemas de combustión de alta eficiencia (DNV, 2022). Adicionalmente, según estimaciones de agencias internacionales, más del 30% de las nuevas embarcaciones en construcción están diseñadas para operar con metanol o amoníaco, lo que refleja la importancia de desarrollar infraestructura portuaria para su abastecimiento (Clarkson PLC, 2023)

### **10.1. Determinación de la ruta logística**

Las rutas logísticas internacionales en el transporte marítimo se trazan teniendo en cuenta factores logísticos y operativos que buscan maximizar la eficiencia y minimizar los costos en el comercio global. Las navieras, que transportan más del 80% del comercio mundial (IMO, 2021), evalúan una combinación de elementos para determinar sus trayectos. Entre estos, las condiciones geográficas y físicas son determinantes, ya que pasos como el Canal de Panamá, el Canal de Suez y el Estrecho de Malaca conectan océanos y mercados globales, reduciendo distancias y costos de transporte. Además, la profundidad y la infraestructura portuaria resulta crítica, ya que solo puertos equipados para manejar mega buques y portacontenedores pueden integrarse en estas rutas (DNV, 2022).

La ubicación de los principales mercados también influye en la selección de rutas. Conectar centros de comercio como Asia, Europa y América del Norte, que concentran el mayor volumen de carga, es prioritario para las navieras. Asimismo, los costos operativos, que incluyen combustible, tarifas portuarias y derechos de paso, son determinantes en la elección de las rutas. Por ejemplo, los peajes en canales como el de Suez o Panamá afectan las decisiones de las navieras, especialmente en contextos de competencia global (Clarksons Research, 2023). Otro factor relevante es la infraestructura portuaria y los servicios disponibles. Los puertos que cuentan con grúas automatizadas, sistemas de carga rápida y acceso ferroviario suelen ser preferidos por su capacidad para garantizar una operación eficiente. Además, la estabilidad política y la seguridad en las rutas están tomando una valoración creciente. Zonas de alto riesgo, como el Cabo de Buena Esperanza, suelen ser evitadas por las navieras para proteger la carga y reducir riesgos operativos (IMO, 2021).

Por su parte, el acceso a combustibles limpios como el amoníaco y el metanol verde cuentan con un valor adicional en la planificación de rutas marítimas. Las regulaciones internacionales, como el Índice de Eficiencia Energética Existente (EEXI) y el Indicador de Intensidad de Carbono (CII) promovidas por la IMO, exigen importantes reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que impulsa a las navieras a buscar puertos con capacidad para suministrar combustibles sostenibles (IMO, 2018).

## 10.2. Pasos estratégicos y corredores verdes

Los pasos marítimos de mayor navegación, como el Canal de Panamá, el Canal de Suez y el Estrecho de Malaca, son rutas altamente demandadas facilitando el tránsito de más del 70% del volumen del comercio global (IMO, 2021). Sin embargo, enfrentan desafíos relacionados con tensiones geopolíticas, conflictos bélicos y problemas ambientales que impactan la eficiencia y estabilidad de las cadenas de suministro (Portal Portuario, 2023).

El Canal de Panamá, que conecta los océanos Atlántico y Pacífico, enfrenta una crisis hídrica severa debido a la disminución de lluvias. En 2023, la Autoridad del Canal de Panamá informó que el tránsito diario se redujo de 36 a 32 buques, lo que incrementó los tiempos de espera a más de 20 días en algunos casos. Este problema no solo aumenta los costos logísticos, sino que también afecta la competitividad de esta ruta, que maneja aproximadamente 14.000 buques al año y representa el 6% del comercio marítimo mundial. Para mitigar estos efectos, el Canal ha implementado tarifas adicionales para priorizar el paso de ciertos buques, permitiendo a las navieras pagar por reservas que aseguren un tránsito más expedito logrando retomar cierta estabilidad (Mundo Marítimo, 2024).

Por su parte, el Canal de Suez, que canaliza el 12% del comercio global, ha estado expuesto a riesgos geopolíticos y de seguridad. Ataques en la región del Mar Rojo, como los perpetrados por los rebeldes hutíes desde Yemen, han afectado la seguridad de los buques que transitan por esta vía. Los hutíes, también conocidos como Ansar Allah, controlan gran parte del norte de Yemen y áreas adyacentes al Mar Rojo, desde donde han lanzado ataques contra embarcaciones, generando inestabilidad en una de las rutas marítimas más transitadas del orbe (France 24, 2024). Por su parte, El Estrecho de Malaca, otra de las principales rutas internacionales con más de 80.000 embarcaciones al año, enfrenta tensiones por las disputas territoriales en el Mar de China Meridional. Esto genera incertidumbre en una vía por donde pasa más del 25% del comercio marítimo, especialmente cargamentos de petróleo y gas natural hacia Asia (DW, 2023)

En este escenario, el Estrecho de Magallanes está captando la atención del mundo (Americas Quaterly, 2024). Este paso conecta los océanos Atlántico y Pacífico sin los riesgos asociados a otros puntos críticos, y su ubicación permite evitar cuellos de botella en rutas tradicionales. A pesar de desafíos históricos relacionados con condiciones climáticas adversas, los avances tecnológicos en navegación han incrementado su viabilidad para el comercio internacional. Además, el contar con numerosos proyectos de producción de combustibles limpios como el amoníaco y el metanol verde lo posiciona como un punto de interés en la transición hacia un transporte marítimo de bajas emisiones (DNV, 2022).

Otro factor de atención creciente son los corredores verdes los cuales representan rutas marítimas específicas donde los combustibles alternativos de bajas o cero emisiones se implementan en la operación de buques. La implementación de corredores verdes implica la cooperación entre productores de

combustibles, operadores portuarios, reguladores y actores de la cadena logística. Chile ha definido una serie de corredores verdes en el marco de su Estrategia Nacional de Hidrógeno. Estos incluyen rutas nacionales e internacionales diseñadas para integrar combustibles limpios como amoníaco y metanol, tanto para exportación como para el abastecimiento de embarcaciones. A nivel nacional destacan zonas como Mejillones, San Antonio, Quintero y Cabo Negro (este último en la ciudad de Punta Arenas). En el ámbito internacional, destacan corredores hacia Japón, Rotterdam y Singapur para el transporte de los combustibles limpios producidos en Magallanes. Este potencial, combinado con proyectos en desarrollo ya ingresados al Servicio de Evaluación Ambiental como Haru Oni, Faro del Sur y HNH Energy, posiciona al país como un líder en la producción de combustibles verdes a nivel internacional. Los indicadores refuerzan el potencial de Chile en esta transición. Se proyecta que los costos de transporte del amoníaco verde, por ejemplo, disminuyan con economías de escala, desde US\$35 en etapas iniciales hasta US\$10 (Mærsk Mc-Kinney Møller Center , 2024).

### **10.3. Chile y el Estrecho de Magallanes |**

Chile, ubicado en el extremo suroeste de América del Sur, cuenta con una de las costas más extensas del mundo a lo largo del Océano Pacífico, con aproximadamente 6.435 kilómetros de litoral. Desde esta posición cuenta con un acceso directo tanto al mercado asiático como al europeo, a través de rutas marítimas que conectan con los principales puertos de ambos continentes. Gracias a su economía abierta, Chile es uno de los países con mayor integración comercial a nivel mundial. Su red de 31 acuerdos comerciales con 65 economías, que representan más del 86% del PIB global, le permite participar activamente en cadenas globales de valor. Entre estos tratados destacan el Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica (ver Figura 42), acuerdos con la Unión Europea y China, su principal socio comercial, con el que mantiene un comercio bilateral que superó los US\$ 60 mil millones en 2023 (Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, 2023).



Figura 42. Acuerdo de países para el comercio del transpacífico



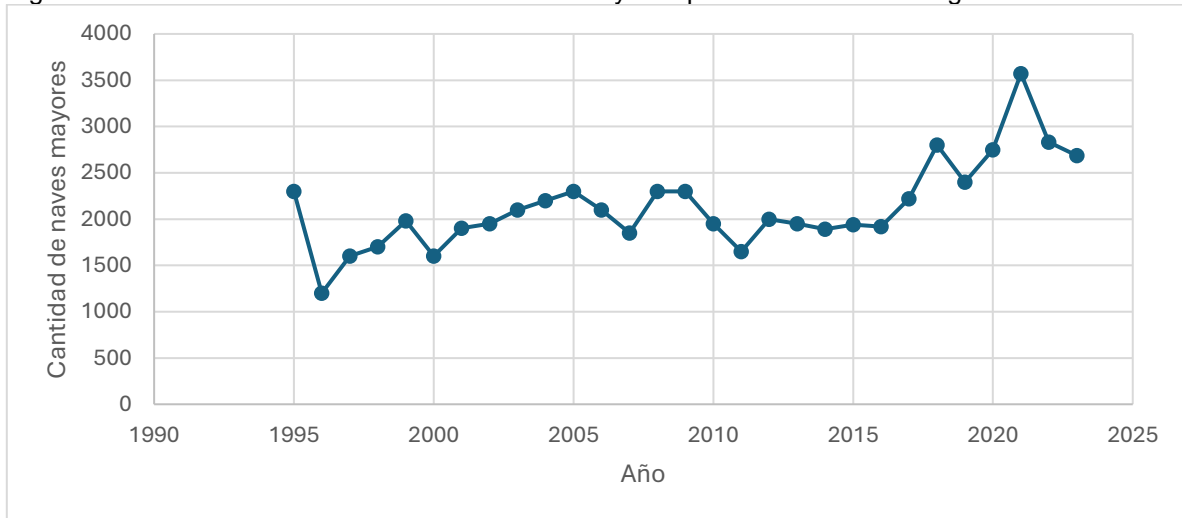
Fuente: Reuters, 2022.

Por su parte, el Estrecho de Magallanes, ubicado en la región homónima, es un paso marítimo natural que conecta los océanos Pacífico y Atlántico. Se extiende aproximadamente entre las coordenadas 52°20' S y 53°50' S de latitud sur, y 68°20' W y 74°30' W de longitud oeste. Con una longitud de alrededor de 570 kilómetros y un ancho que varía entre 2 y 32 kilómetros, este estrecho se sitúa entre la parte continental de América del Sur y la Isla Grande de Tierra del Fuego, ofreciendo una ruta bioceánica para la navegación internacional (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), 2023).

En el contexto actual de congestión en los principales pasos de navegación mundial, el Estrecho de Magallanes presenta credenciales como una alternativa que brinda seguridad y conveniencia propiciando un incremento notable en el tránsito de naves graneleras, buques portacontenedores y flotas pesqueras internacionales que surcan sus aguas (Diario Financiero, 2024). Se proyecta que, para el año 2024, este crecimiento continuará en ascenso, consolidando al estrecho como una vía que logra relevancia creciente en el comercio marítimo (ver Figura 43).

Además, el aumento constante de cruceros turísticos ha posicionado al Estrecho de Magallanes como la zona más relevante en esta área a nivel nacional y como la principal puerta de entrada al continente antártico. La ciudad de Punta Arenas, situada en sus orillas, se ha convertido en un punto relevante para el turismo antártico, atrayendo a visitantes de todo el mundo (Corporación de Puertos del Cono Sur, 2023).

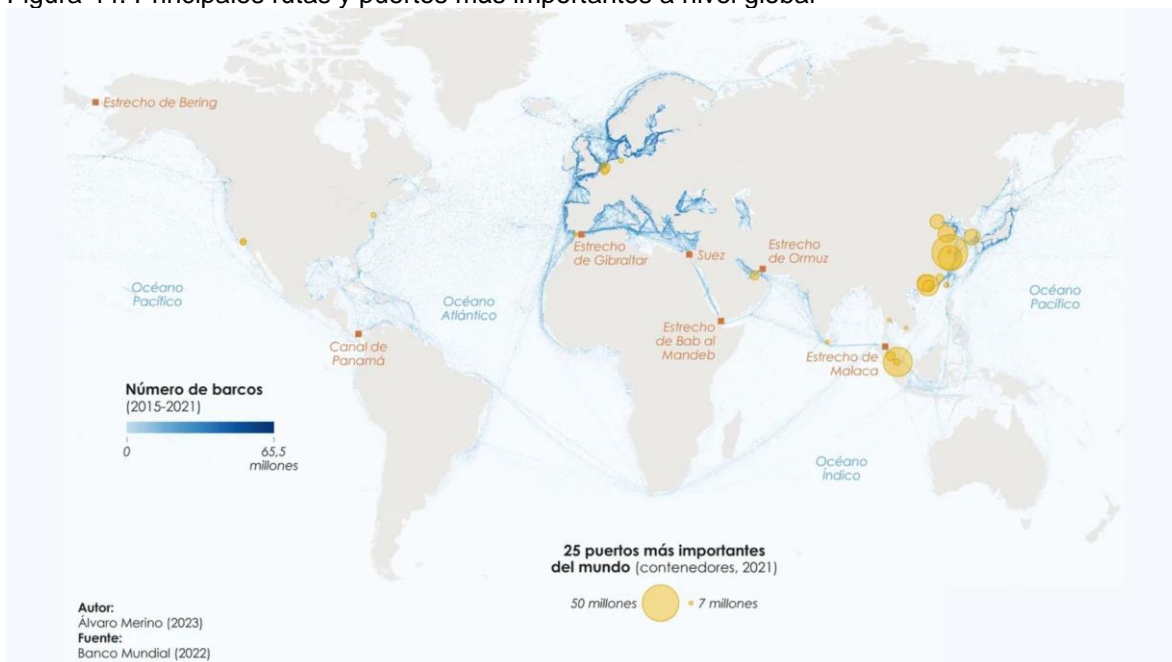
Figura 43. Tránsito total interoceánico de naves mayores por el Estrecho de Magallanes



Fuente: Elaboración propia con datos de Directemar, 2024

Otro ejemplo que demuestra el potencial con el que cuenta el Estrecho de Magallanes, y que podría verse potenciado por la disponibilidad de combustibles limpios, es el tránsito de occidente a oriente considerando el sur de Brasil (Santa Catarina, Paraná y Río Grande do Sul), zona reconocida por su producción de alimentos como la caña de azúcar y el trigo, los cuales tienen como destino principal los puertos más importantes del mundo ubicados en Asia (ver Figura 44). No obstante, los principales puertos de esta región, como el Puerto de Santos, presentan un calado máximo operativo de 13,5 metros. Esta limitación restringe el acceso de buques de gran tamaño, lo que puede afectar la eficiencia en el transporte de mercancías hacia mercados asiáticos (Liga Marítima de Chile, 2024).

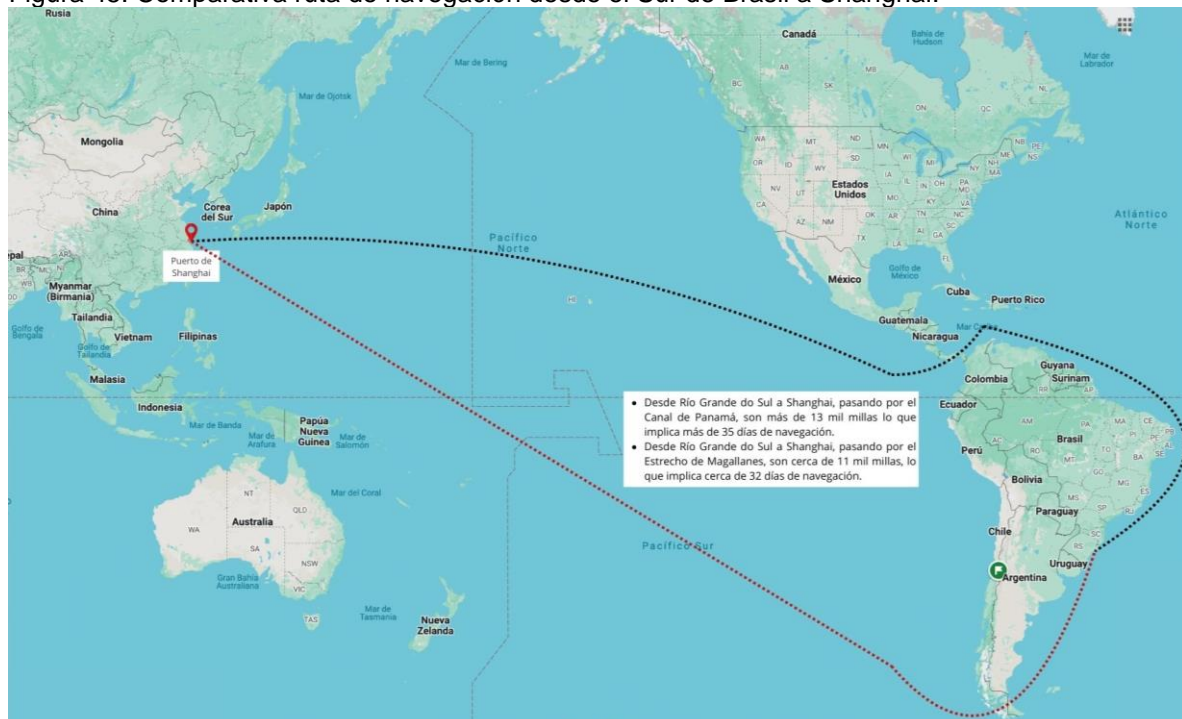
Figura 44. Principales rutas y puertos más importantes a nivel global



Fuente: Banco Mundial, 2022.

Adicionalmente, al evaluar las rutas marítimas hacia Asia, se identifican tres opciones principales. Primero, el Canal de Panamá, aunque es una ruta comúnmente utilizada, enfrenta restricciones de tamaño y congestión, lo que puede generar demoras y costos adicionales. En segundo lugar, el Cabo de Buena Esperanza que bordea el extremo sur de África, es considerablemente más larga, lo que implica mayores tiempos de tránsito y consumo de combustible (Sea Rates , 2024). Por su parte el Estrecho de Magallanes ofrece una distancia más corta en comparación con el Cabo de Buena Esperanza y evita restricciones de tamaño del Canal de Panamá (ver Figura 45). Además, su ubicación permite una conexión más directa entre la costa atlántica de América del Sur y los puertos asiáticos lo que implica una reducción de tiempo de entre 2 y 3 días (Liga Marítima de Chile, 2024).

Figura 45. Comparativa ruta de navegación desde el Sur de Brasil a Shanghai.



Fuente: Elaboración propia con información del coloquio “Importancia Geo Política y Geo Económica del Estrecho de Magallanes”, Liga Marítima de Chile, 2024.

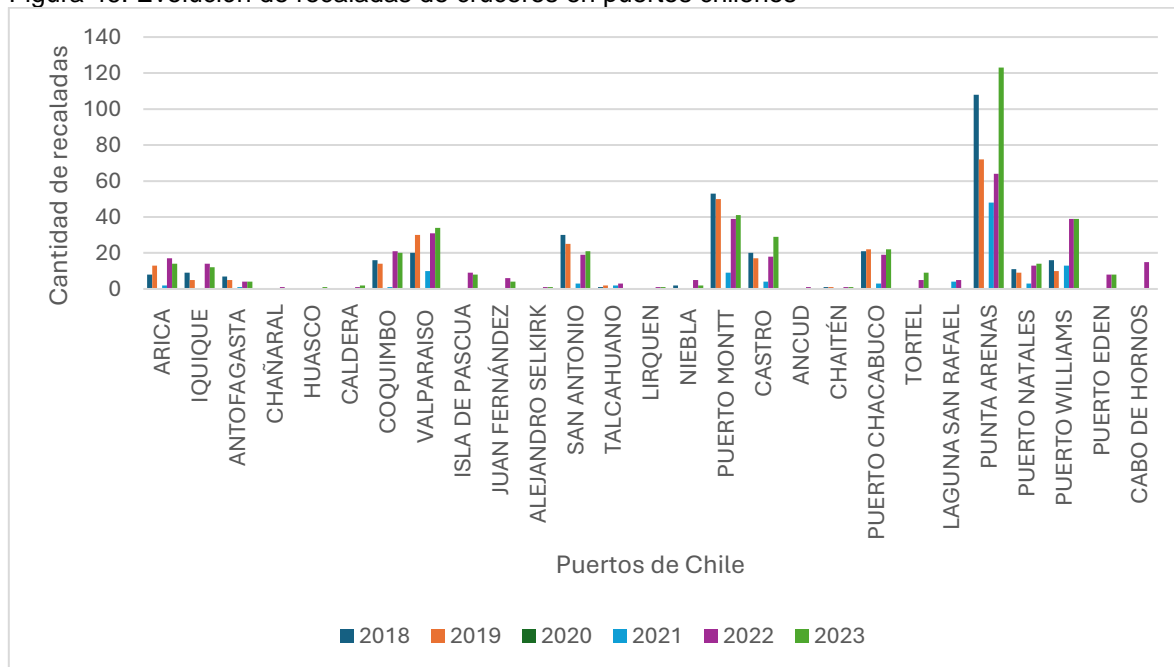
#### 10.4. Magallanes como región turística y de acceso a la Antártica

Punta Arenas, capital de la región de Magallanes, está situada a poco más de 1.200 km de Bahía Fildes, que alberga la capitanía de puerto de Chile en la Antártica. Desde allí, se realizan funciones clave como la salvaguarda de la vida humana en el mar, el control del tráfico marítimo y la protección del medio ambiente marino. Por su parte, Puerto Williams, el principal asentamiento de la comuna de Cabo de Hornos en la isla Navarino, se encuentra a 950 km del mismo punto estratégico. Esta proximidad, junto con factores como la estabilidad del país y los servicios logísticos ofrecidos en la región, posiciona a Magallanes como una de las principales puertas de acceso al continente blanco. Esto ha propiciado un aumento sostenido de embarcaciones que recalán en la zona antes de continuar su ruta hacia

el sur de la Patagonia. Actualmente, Magallanes ocupa el primer lugar a nivel nacional en número de cruceros, con un 45% de las 410 recaladas registradas durante la temporada 2023-2024. Estas recaladas se distribuyen entre Punta Arenas con 123 (30%), Puerto Natales con 14 (3%), Puerto Williams con 39 (10%) y Puerto Edén con 8 (2%) (Subsecretaría de Turismo, 2024). Para conocer cómo ha sido la evolución de esta actividad observar Figura 46.

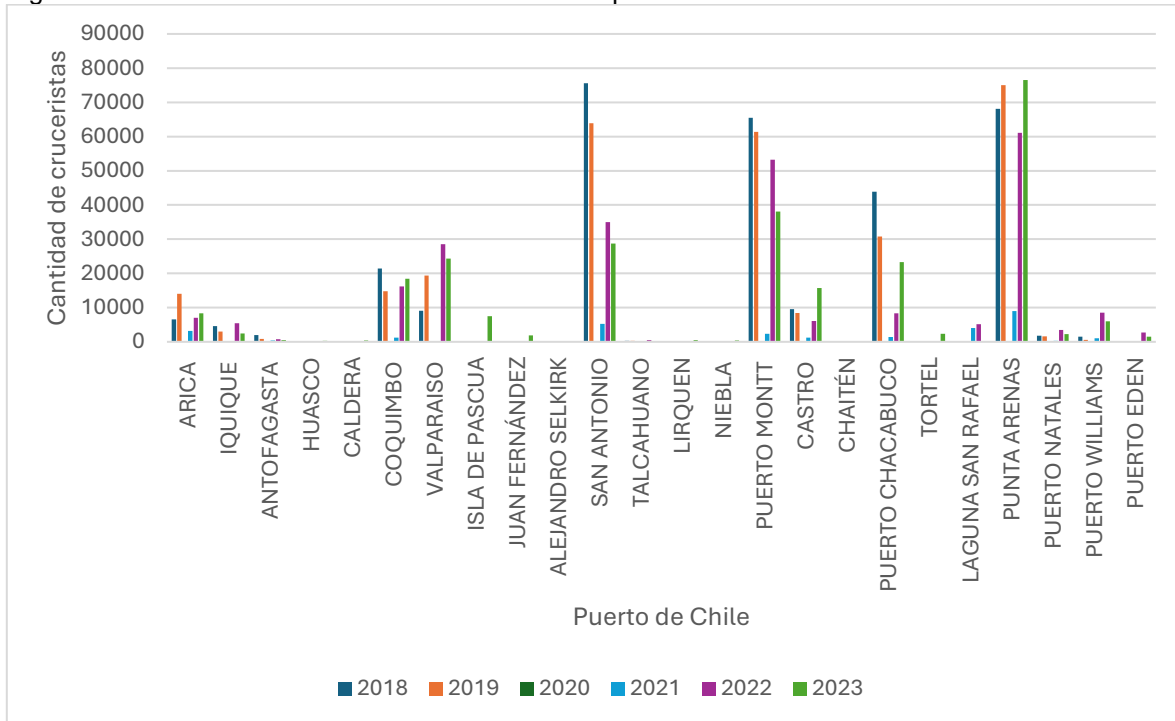
En cuanto a la cantidad de pasajeros (crucevistas), este factor crece de manera considerable tras lo acontecido con la pandemia global del covid-19. Para la temporada 23-24 la cantidad crucevistas que llegaron a puertos de Magallanes, alcanzaron las 86.286 personas, un 33% del total a nivel nacional, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: Punta Arenas con 76.537 (29%), Puerto Natales con 2.203 (1%), Puerto Williams con 6.010 (2%) y Puerto Edén con 1.536 (1%). Para un mayor detalle sobre la evolución de personas transportadas en cruceros ver Figura 47.

Figura 46. Evolución de recaladas de cruceros en puertos chilenos



Fuente: Elaboración propia con información de la Subsecretaría de Turismo, 2024.

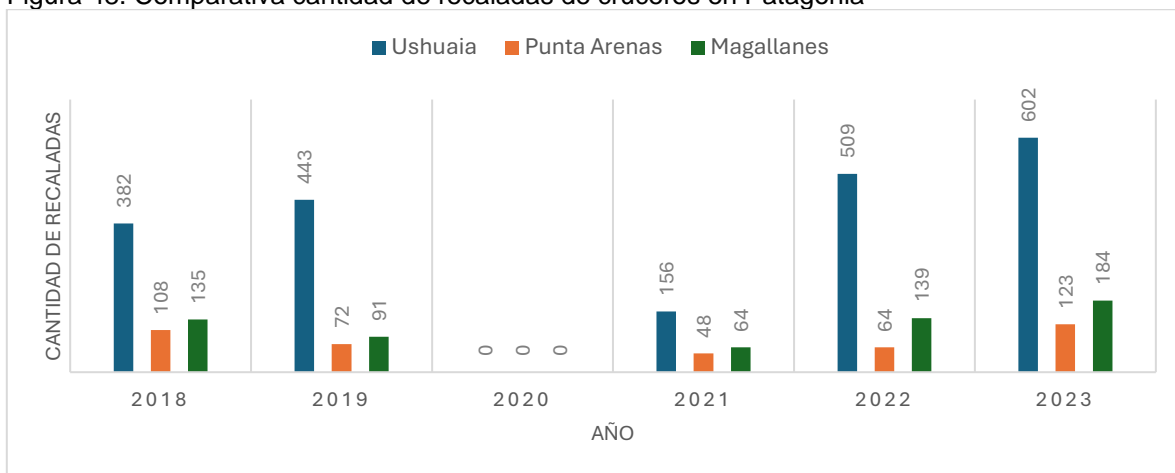
Figura 47. Evolución de cantidad de cruceristas en puertos chilenos



Fuente: Elaboración propia con información de la Subsecretaría de Turismo, 2024.

En cuanto al turismo de cruceros en la Patagonia, aunque la región de Magallanes ha experimentado un crecimiento constante en el número de recaladas y cruceristas, al analizarlo desde una perspectiva más amplia, su desempeño resulta bastante inferior en comparación con el desarrollo alcanzado por Argentina. De esta manera, si bien Punta Arenas y la región de Magallanes en su totalidad considerando también a Puerto Natales, Puerto Williams y Puerto Edén, alcanzó cifras récord de recaladas en 2023 (123 y 184 respectivamente), estas representan solo un 20% y un 30%, respectivamente, de lo que logró solo el puerto de la ciudad de Ushuaia en el mismo período (ver Figura 48).

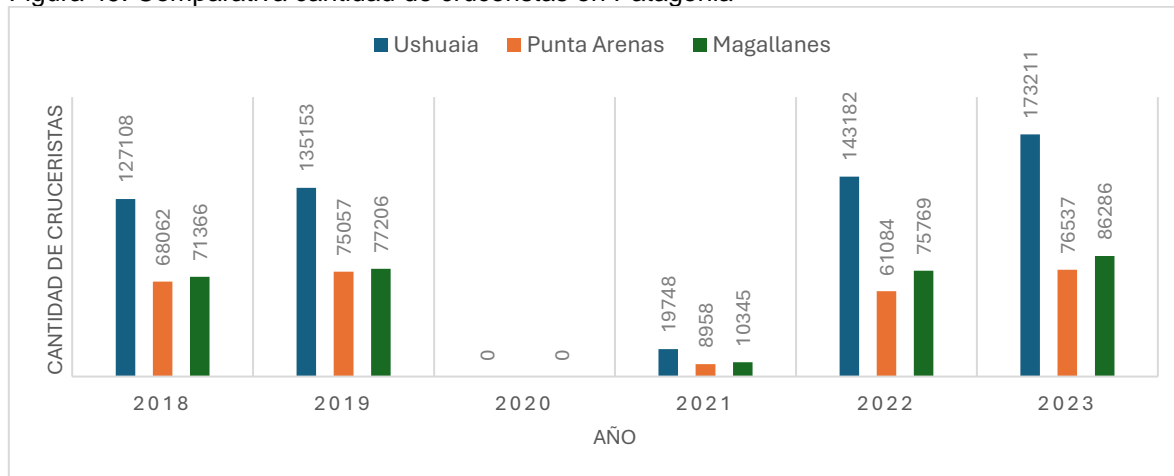
Figura 48. Comparativa cantidad de recaladas de cruceros en Patagonia



Fuente: Elaboración propia con información de la Subsecretaría de Turismo de Chile e Instituto Fueguino de Turismo de Argentina, 2024.

Algo similar acontece al realizar el comparativo sobre el número de cruceristas donde a la temporada 2023 donde Punta Arenas y la región de Magallanes representan un 44% y un 50% respectivamente, de lo alcanzado por Ushuaia según se puede observar en la Figura 49.

Figura 49. Comparativa cantidad de cruceristas en Patagonia



Fuente: Elaboración propia con información de la Subsecretaría de Turismo de Chile e Instituto Fuegoño de Turismo de Argentina, 2024.

De acuerdo con representantes de empresas de logística portuaria y operadores, la decisión de recalcar en Ushuaia o Punta Arenas no está vinculada a los costos de recalada, los cuales presentarían diferencias menores, sino a otros factores operativos y logísticos. A modo de referencia, la Tabla 10 presenta un ejemplo de los costos reales de ingreso al puerto de Punta Arenas para un buque de 190 metros de eslora, considerando una estadía de 24 horas durante el mes enero de 2025.

Tabla 10. Costos de recalada de un buque tipo en puertos de Punta Arenas

Concepto	Monto (USD)	IVA (19%)	Total (USD)
Navegación por el Estrecho de Magallanes y recalada en Punta Arenas (GRT * USD 0,28)	8.931,44	-	8.931,44
Servicio de prácticos	1.926,39	-	1.926,39
Seguro de piloto	130,00	24,70	154,70
Remolcadores 2 IN / 2 OUT	44.452,00	8.445,88	52.897,88
Taxi	150,00	28,50	178,50
Derechos de muelle y tarifa de atraque (LOA * Horas * CLP 1,032.84)	5.500,00	1.045,00	6.545,00
Personal de amarre y desamarre	1.200,00	228,00	1.428,00
Despacho de ingreso / salida	400,00	76,00	476,00
Uso de lanchas de servicio (IN/OUT)	9.000,00	1.710,00	10.710,00
Comunicaciones	150,00	28,50	178,50
<b>TOTALES</b>	<b>71.839,83</b>	<b>11.586,58</b>	<b>83.426,41</b>

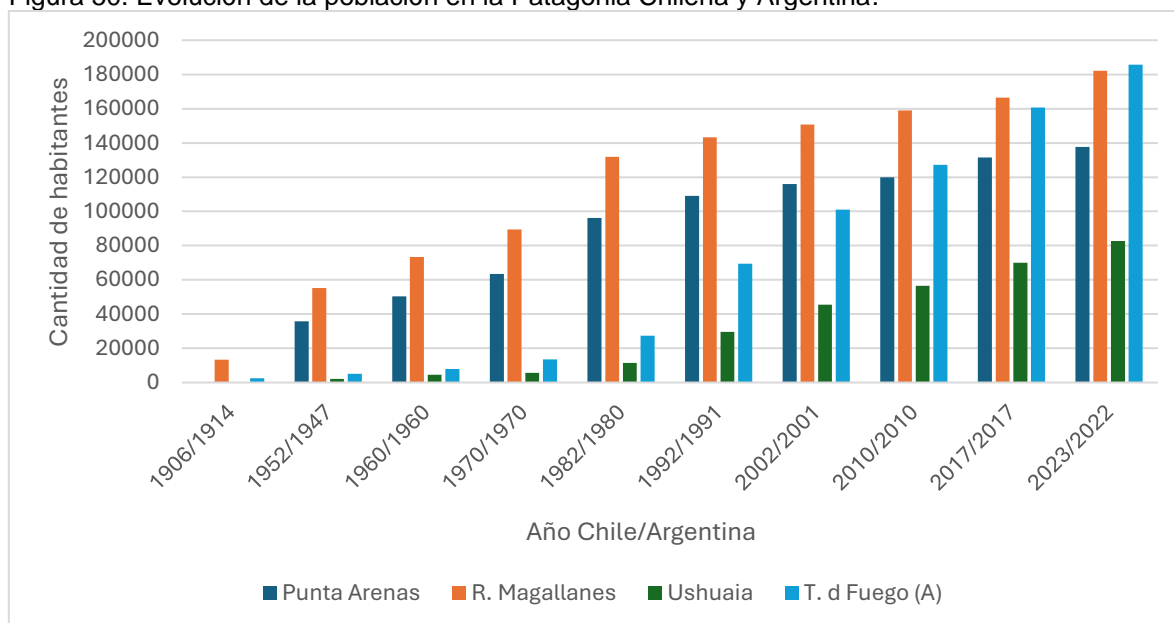
Fuente: Elaboración propia con datos de agencias marítimas en Punta Arenas.

Con diferencias acotadas en términos de costos, la decisión de recalada, señalan, pasaría por: i) Infraestructura portuaria. En Ushuaia es posible realizar simultáneamente un mayor número de operaciones de forma más eficiente (La Prensa Austral, 2025); ii) Distancia geográfica. El puerto más comparable a Ushuaia es Puerto Williams, que se encuentra más próximo a la Antártica, mientras que

desde Punta Arenas la navegación implica un día adicional por tramo. Sin embargo, Puerto Williams cuenta con una infraestructura inferior a la de Punta Arenas, lo que limita su capacidad operativa; iii) Certeza de recalada. En Chile rige la ley de cabotaje, que prioriza buques con bandera nacional por sobre los de conveniencia, lo que puede afectar la confirmación de recaladas, incluso cuando han sido planificadas con meses o más de un año de anticipación; iv) Disposición al turismo. Ushuaia ofrece una mayor oferta turística y capacidad de servicios durante todo el año, incluyendo más opciones de alojamiento y regulaciones laborales que facilitan el funcionamiento del comercio en días festivos; v) En cuanto al suministro de combustibles, la oferta está concentrada en un único proveedor estatal, lo que limita la competencia y genera diferencias de precios en comparación con Chile, donde los valores están fijados por condiciones de mercado. No obstante, este factor no es determinante en la decisión de recalada frente a los aspectos mencionados anteriormente.

Por último, cabe destacar las diferencias existentes entre ambos lugares donde la región de Magallanes cuenta con una superficie de 132.291 km<sup>2</sup>, mientras que la Tierra del Fuego Argentina tiene solo 21.263 km<sup>2</sup>, es decir un 16% del territorio austral chileno. No obstante, producto de políticas estatales que han logrado continuidad en el tiempo, además de mejoras sustanciales en la infraestructura portuaria (Conicet, 2020), la zona de Tierra del Fuego en Argentina ha alcanzado una población de 185.732 habitantes, con crecimientos notables en los últimos años, mientras que del lado chileno se alcanza un total de 182.217 reflejando una falta de dinamismo al respecto. Para esto ver Figura 50.

Figura 50. Evolución de la población en la Patagonia Chilena y Argentina.



Fuente: Elaboración propia con censos y proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de Chile, el Instituto Provincial de Análisis e Investigación, Estadística y Censos (IPIEC) de Argentina y aportes del Dr. José Retamales de la Universidad de Magallanes.

## 10.5. Puertos de Magallanes y nuevas infraestructuras proyectadas

La región de Magallanes posee condiciones competitivas a nivel internacional que podrían aumentar la relevancia del Estrecho de Magallanes, aun así, enfrenta desafíos en su infraestructura portuaria. Actualmente, la región cuenta principalmente con muelles de dimensión reducida, y estos ya operan cerca de su máxima capacidad, incluso con una demanda moderada. Esta situación limita la posibilidad de recibir embarcaciones de mayor tamaño y volumen, restringiendo el potencial de crecimiento comercial y logístico de la zona. Además de contar con pocos puertos y de dimensiones reducidas, la región de Magallanes enfrenta otro desafío y que es la priorización de llegada para las embarcaciones que buscan atracar, lo que se verá más exigido con la industria del H2V (La Prensa Austral, 2024). Actualmente, los puertos de la región dan prioridad a buques de pasajeros y científicos, relegando a un nivel menor de importancia a buques comerciales o de carga. Esto responde a las necesidades logísticas y turísticas inmediatas de la región, pero tiene un impacto negativo en su competitividad como punto de recaladas para el comercio marítimo internacional. Por ejemplo, el Muelle Prat, en Punta Arenas, es un punto destinado para la recepción de cruceros y buques científicos que tienen como destino la Antártica. Esta priorización, que también considera esta disposición por la ubicación en el centro de la ciudad de Punta Arenas, deja poco margen para atender otro tipo de embarcaciones comerciales, limitando su uso como un puerto de escala para graneleros y portacontenedores los cuales se encuentran en segundo lugar de prioridad para el Muelle Mardones, siempre que representen recaladas frecuentes (EPAustral, 2022). Esta modalidad reduce el atractivo del Estrecho de Magallanes como una opción atractiva frente a otras rutas más consolidadas. La falta de infraestructura adecuada y la saturación de los puertos existentes resultan en mayores costos operativos y demoras para las embarcaciones comerciales que no cuentan con prioridad, lo que va en una línea opuesta a lo que se incentiva para ser competitivo en la materia (ONU, 2023).

Esta condición podría cambiar de forma relevante con la industria del H2V y sus derivados la cual podría impulsar el desarrollo de, al menos, ocho iniciativas de infraestructura portuaria en ambas orillas del Estrecho de Magallanes. La EPAustral está implementando una serie de proyectos de inversión destinados a modernizar y ampliar la infraestructura portuaria para satisfacer las crecientes demandas comerciales y turísticas. Estas iniciativas, desarrolladas en colaboración con el Gobierno Regional, buscan posicionar a la región como un *hub* logístico en el extremo sur de Chile. Entre los proyectos anunciados destacan:

- Construcción de un nuevo terminal de pasajeros en el Muelle Arturo Prat. Este proyecto busca mejorar la infraestructura para el creciente flujo de cruceros y pasajeros en Punta Arenas. La nueva terminal proporcionará instalaciones modernas y eficientes para el desembarque y embarque de turistas, fortaleciendo la oferta turística de la región. La inversión estimada para esta obra es de \$8.312 millones, financiados por el Gobierno Regional.
- Mejora de la capacidad de atraque en el Muelle Arturo Prat (Etapa III). Esta iniciativa busca ampliar y reforzar las instalaciones del muelle para permitir



el atraque de embarcaciones de mayor tamaño, incluyendo cruceros y buques de carga. La mejora de la capacidad de atraque permitirá aumentar la competitividad del puerto y atraer más tráfico marítimo. La Empresa Portuaria Austral aportará \$24.003 millones para este proyecto.

- Adquisición de grúas y ampliación de la capacidad de las losas en el Terminal José de los Santos Mardones con el fin de optimizar las operaciones de carga y descarga. Estas mejoras permitirán manejar un mayor volumen de carga y mejorar la eficiencia operativa del puerto.

Para financiar estos proyectos, se ha establecido un convenio de programación entre la Empresa Portuaria Austral y el Gobierno Regional de Magallanes, con una inversión total de \$38.315 millones. De este monto, la EPAustral contribuye con el 63% y el Gobierno Regional aporta el 37% restante. Este acuerdo, inédito en la región, materializa un compromiso conjunto de ambas entidades para impulsar el desarrollo portuario y económico de Magallanes (Mundo Marítimo, 2024).

Además, la EPAustral ha firmado una declaración de interés con Total Energies H2 para colaborar en el desarrollo de la producción de H2V en la región. Este acuerdo incluye la modernización del muelle José de los Santos Mardones, que será fundamental para la exportación de amoníaco verde hacia mercados internacionales (EPAustral, 2024).

Por su parte ENAP está desarrollando una serie de proyectos de inversión en Magallanes, con el objetivo de diversificar su matriz energética y promover el desarrollo productivo en la zona. A continuación, se detallan las principales iniciativas:

- Desarrollo del Terminal Laredo: ENAP firmó un acuerdo con las empresas Total Energies, HIF Chile y HNH Energy para transformar el Terminal Laredo en un polo industrial de H2V. El objetivo es habilitar la infraestructura necesaria para la recepción y descarga de aerogeneradores y plantas industriales, esenciales para la producción de H2V. La inversión estimada para este proyecto es de aproximadamente US\$50 millones (ENAP, 2023).
- Transformación del Terminal Marítimo Gregorio: ENAP firmó un acuerdo con seis compañías (Total Energies, HIF Chile, FreePower Group, Grupo EDF, RWE y HNH Energy) para transformar el Terminal Marítimo Gregorio en el mayor complejo industrial de H2V de la región. El objetivo es facilitar la producción y comercialización de H2V y sus derivados, mediante la construcción de un nuevo terminal marítimo y nuevas instalaciones de almacenamiento y exportación. La inversión estimada para este proyecto oscila entre US\$700 y US\$900 millones, incluyendo almacenamiento (Reporte Sostenible, 2023).

En cuanto a iniciativas 100% privadas, las empresas HNH Energy, TotalEnergies H2 (en el continente) y TEG Chile (en la Isla Grande de Tierra del Fuego) han anunciado la construcción de puertos multipropósito como parte de sus

proyectos (Diario Financiero, 2024). Algunas de estas propuestas ya cuentan con la aprobación de concesiones marítimas, marcando un avance relevante hacia la concreción de estas obras. Estos puertos servirán para las operaciones de estas empresas, pero en un formato de acceso público (Diario Financiero, 2024).

Adicionalmente, existen otras dos iniciativas portuarias en la provincia de Tierra del Fuego, una de ellas es un *hub* portuario y logístico, en un terreno de 1.400 hectáreas de extensión y 6,8 km de borde costero, cuyo objetivo es atraer carga granelera de Brasil y el resto del Mercosur para transferirla a buques de gran tamaño que tienen como destino los mercados asiáticos. La inversión estimada es de US\$700 millones (Diario Financiero, 2024). La segunda iniciativa se denomina “Puerto Armonía”, proyectada en Bahía Inútil de la comuna de Porvenir, se perfila como una infraestructura que reforzaría el desarrollo de la industria del H2V en la región. Su diseño contempla la consolidación de servicios para la construcción y operación de parques eólicos, plantas electrolizadoras y productoras de amoníaco, facilitando tanto la recepción de materiales como la exportación de productos finales. Además, se prevé la instalación de una planta desalinizadora compartida, destinada a minimizar el impacto ambiental al evitar la construcción de múltiples terminales independientes (H2 News, 2024).

Finalmente, otros dos terminales portuarios, ambos ubicados en el Seno Otway, que resultan de interés al ya contar con los permisos pertinentes para su operación, pero que deben hacer la transición desde el carbón hacia las energías renovables, son los pertenecientes a la ex Compañía de Carbones de Chile S.A. (COCAR), la cual cuenta con un muelle mecanizado, sobre pilotes de acero y de una longitud de 1.950 metros y que además cuenta con cuatro duques de alba (Belfi, 1988). El segundo es el que pertenecía a la ex Mina Invierno, construido en 2012 y operativo durante ocho años para la exportación de carbón. Situado en una bahía protegida, ofrece condiciones de operación estables en una región donde el clima y los vientos suelen ser desafiantes. Mediante información obtenida a través de fuentes primarias se indica que la reformulación del terminal permitiría el atraque de embarcaciones tipo Handy, Panamax y Cape Size, con una capacidad máxima de 200.000 toneladas de peso muerto (DWT) y hasta 18 metros de calado. Además, contaría con 419 metros de muelle, adecuado para buques de hasta 292 metros de eslora. La infraestructura estaría diseñada para manejar hasta 5 millones de toneladas de amoníaco verde por año e incluye instalaciones para la construcción de tanques de amoníaco en un área de 9 hectáreas, situados a 300 metros del muelle, y un sistema de carga con capacidad de 2.000 toneladas por hora.

## **10.6. El abastecimiento de combustibles para buques o bunkering**

El bunkering, o abastecimiento de combustible a embarcaciones, es clave en la logística marítima global, influyendo en la planificación de rutas y selección de puertos. Un puerto con bunkering eficiente, competitivo en costos y adaptado a combustibles sostenibles puede convertirse en un punto estratégico para recaladas, impactando las rutas marítimas internacionales. El peso del bunkering en las decisiones logísticas se refleja en costos como el combustible, que representa hasta 50% de los gastos operativos de un buque comercial, y el tiempo de espera en

puerto, donde cada hora de retraso puede costar hasta US\$25.000 en embarcaciones de gran tamaño. (ONU, 2023). El desarrollo de combustibles limpios, como el gas natural licuado (GNL), el metanol y el amoníaco verde, cuentan con una valoración que va al alza en la industria del bunkering. En 2022, aproximadamente el 3% de los combustibles suministrados globalmente a embarcaciones fueron alternativos, y se espera que esta cifra crezca al 10% para 2030 debido a regulaciones como la Estrategia de Descarbonización de la Organización Marítima Internacional (IMO, 2023)

En cuanto al formato en que realiza la operación del bunkering, este generalmente cuenta con tres modalidades (ALG, 2024):

- *Port-to-Ship* (PTS): Consiste en la entrega de combustible desde instalaciones terrestres en el puerto directamente al barco por medio de tuberías. Este método permite mayores volúmenes y tasas de transferencia más rápidas, pero depende de la infraestructura portuaria disponible.
- *Truck-to-Ship* (TTS): Implica el uso de camiones cisterna para abastecer el combustible directamente al barco, generalmente en puertos con infraestructura limitada. Es práctico para embarcaciones pequeñas o medianas, pero tiene capacidad y flujo limitados.
- *Ship-to-Ship* (STS): Realizado en el mar, este método transfiere combustible desde un barco abastecedor a otro, ofreciendo flexibilidad de ubicación y tiempo. Sin embargo, está sujeto a condiciones climáticas y requiere medidas estrictas de seguridad para evitar derrames.

En 2019, el volumen total de combustible vendido para el comercio marítimo internacional se estimó en 217 millones de toneladas métricas según la IEA, apoyado por cifras de la IMO. Además, el informe destaca que aproximadamente el 99.95% del combustible para buques utilizado en 2019 consistió en aquellos provenientes de fuentes fósiles (DNV, 2022). Este mercado ha evolucionado aceleradamente con la implementación de regulaciones ambientales como la IMO 2020, que limita el contenido de azufre en los combustibles marinos al 0,5%, promoviendo un cambio hacia opciones más limpias. El consumo global se distribuye principalmente entre tres combustibles convencionales: *High Sulphur Fuel Oil* (HSFO), *Very Low Sulphur Fuel Oil* (VLSFO) y *Marine Gas Oil* (MGO).

- *High Sulphur Fuel Oil* (HSFO): Con un contenido de azufre de hasta el 3,5%, representó aproximadamente entre el 25% del mercado en 2023. Su uso se ha reducido de forma constante desde la implementación de IMO 2020, siendo ahora empleado mayormente en buques equipados con sistemas de depuración de gases de escape (*scrubbers*). Aunque sigue siendo una opción económica, las altas emisiones de óxidos de azufre (SOx) lo relegan a operaciones específicas (ANAVE, 2023).
- *Very Low Sulphur Fuel Oil* (VLSFO): Representa cerca del 60% del consumo global. Su bajo contenido de azufre (máximo 0,5%) permite cumplir con las regulaciones internacionales sin requerir modificaciones importantes en los motores. Es importante destacar que, aunque el término *Low Sulphur Fuel*

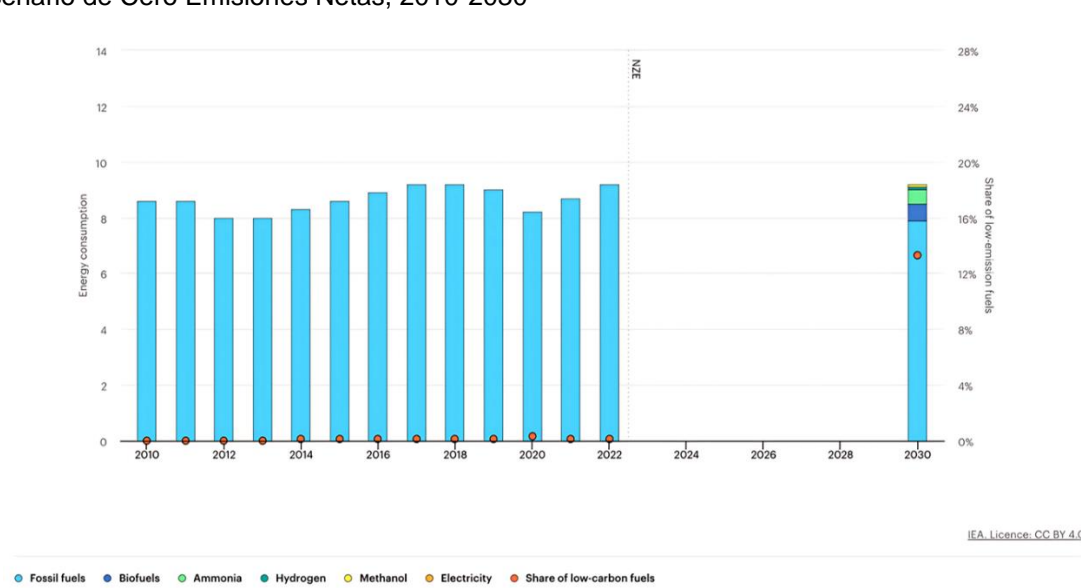
Oil (LSFO) a menudo se utiliza de manera general para referirse a combustibles con bajo contenido de azufre, el VLSFO es un subgrupo específico que cumple con el estándar IMO 2020 y es hoy el estándar predominante (VPS, 2024).

- **Marine Gas Oil (MGO):** Teniendo un contenido de azufre máximo de 0,1%, el MGO es el combustible preferido en zonas de control de emisiones (ECAs). Representa alrededor del 15% del mercado global y se valora por su combustión limpia y bajas emisiones. Sin embargo, su costo es considerablemente mayor que el de otras alternativas, limitando su adopción a regiones con estrictas normativas ambientales (VPS, 2024).

Por su parte, de forma incipiente, pero con una auspiciosa proyección se encuentran combustibles como el Gas Natural Licuado (LNG), el cual representa menos del 3% del mercado global, pero su adopción está en crecimiento, con una tasa proyectada del 6% anual hasta 2030. El LNG ofrece una importante reducción de emisiones de SOx, óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas, posicionándose como una solución intermedia hacia la descarbonización completa (IEA, 2023). Por su parte, los combustibles verdes (e-metanol, hidrógeno verde, amoníaco) aunque actualmente representan menos del 1% del mercado, tienen tasas de crecimiento proyectadas superiores al 30% anual, impulsadas por la presión regulatoria y los compromisos internacionales para reducir emisiones de carbono. Sin embargo, su adopción enfrenta desafíos relacionados con costos, infraestructura y tecnología (EMSA, 2023).

De acuerdo con la IEA, se espera que para 2030, en el escenario de cero emisiones netas, estos combustibles representen casi el 15% del consumo total de energía en el sector marítimo internacional destacando los biocombustibles, el amoníaco, el hidrógeno y el metanol (ver Figura 51).

Figura 51. Consumo de energía en el transporte marítimo internacional por tipo de combustible en el escenario de Cero Emisiones Netas, 2010-2030



Fuente: IEA, 2023.

Respecto de los factores que inciden en la competitividad y en la decisión de suministro de combustibles para buques, el año 2020 un estudio realizado en España identificó que esta decisión está influenciada por una serie de elementos, los cuales fueron categorizados y ponderados mediante un análisis multicriterio basado en encuestas realizadas a representantes de empresas navieras y expertos del sector (Observatorio de los servicios portuarios, 2020). La jerarquización y valoración de estos criterios son los que se identifican a continuación:

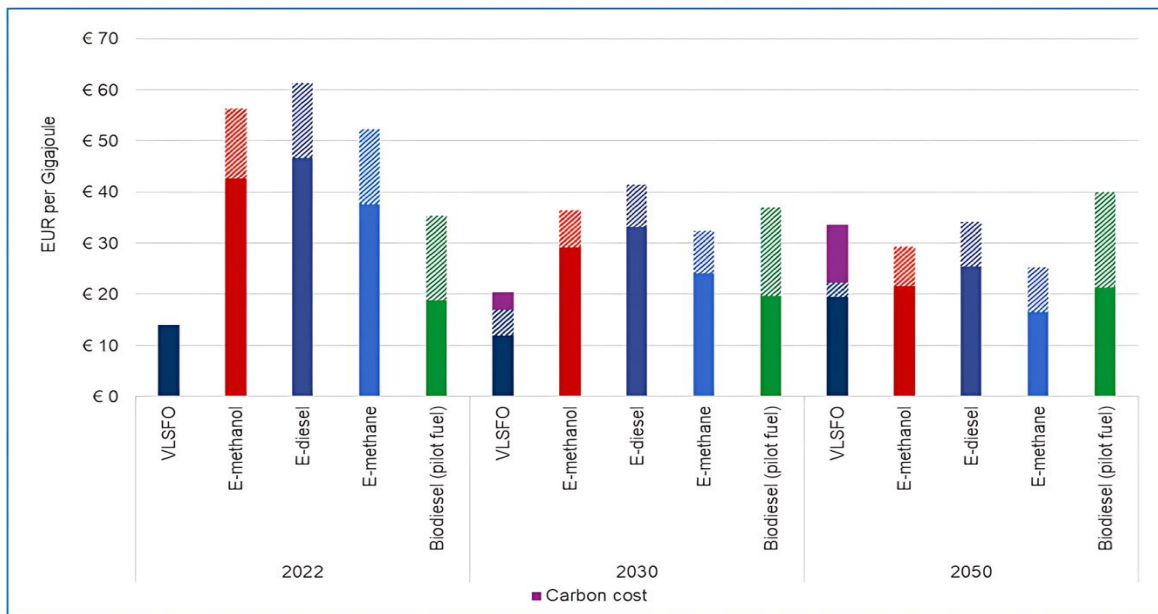
- Costos competitivos (35%): Incluyen el precio del combustible, las tasas portuarias y los costos asociados a las operaciones logísticas. Los costos directos son el factor decisivo más relevante para las navieras, ya que afectan de manera inmediata su rentabilidad.
- Infraestructura portuaria (25%): Se considera la capacidad de los puertos para ofrecer diferentes métodos de suministro, como *port-to-ship* (PTS), *truck-to-ship* (TTS) y *ship-to-ship* (STS). Infraestructuras modernas y eficientes disminuyen los tiempos de espera y garantizan seguridad en las operaciones.
- Diversidad de combustibles (20%): La oferta de combustibles convencionales (HSFO, VLSFO, MGO) y alternativos (GNL, e-metanol, hidrógeno y más atrás el amoníaco) es un aspecto de valor creciente, especialmente en un contexto de transición energética global. Los puertos que diversifican su *mix* energético son percibidos como más atractivos.
- Ubicación estratégica y conectividad (15%): La proximidad a rutas marítimas principales y la conectividad logística son determinantes para las decisiones de recalada. Las ubicaciones que minimizan desvíos en las rutas comerciales internacionales tienen mayor competitividad.
- Cumplimiento regulatorio, facilidad operativa y servicios adicionales (5%): Las normativas claras y los incentivos regulatorios, como impuestos reducidos o políticas de apoyo a combustibles alternativos, influyen en la percepción de los operadores respecto a la viabilidad del puerto como hub de abastecimiento. Adicionalmente, Las empresas valoran servicios complementarios, como mantenimiento de buques, reparación y aprovisionamiento, que puedan realizarse durante el tiempo de abastecimiento. Esto agrega valor al puerto y mejora su competitividad.

Para el criterio que se posiciona en primer lugar y que está vinculado a la competitividad del precio del producto, los combustibles alternativos aun presentan desafíos respecto de los de origen fósil, no obstante, estos debiesen tender a equipararse una vez que alcancen escalas de producción y que comiencen a regir impuestos a las emisiones. Así lo reflejan las FigurasFigura 52 yFigura 53 sobre costos de e-fuels, biodiésel y amoníaco verde respectivamente. Las zonas achuradas de las barras reflejan las variaciones entre el costo mínimo y el costo máximo proyectado.

Cabe precisar que para una mejor comparación energética se utiliza el *gigajoule* (GJ) como unidad de medida, esto porque permite cuantificar directamente la energía térmica disponible en cada combustible,

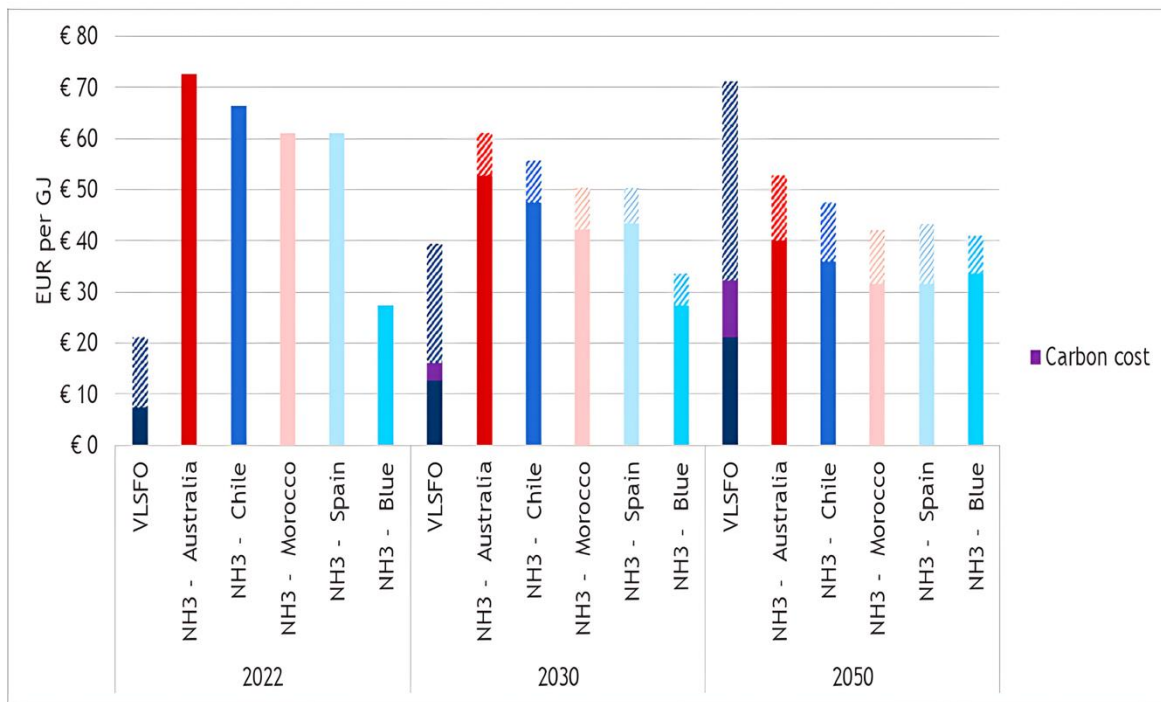
independientemente de su volumen o composición. Esto facilita la conversión de distintos tipos de energía a una base común, mejorando la evaluación de costos y eficiencia (Eastward energy, 2019).

Figura 52. Proyección de costos de e-fuels y biodiesel considerando cargos por emisiones



Fuente: EMSA, 2024

Figura 53. Proyección de costos de amoníaco considerando cargos por emisiones



Fuente: EMSA, 2023

Dos de los puertos que son referentes a nivel internacional son Singapur y Róterdam. Estos presentan de las condiciones más competitivos en el escenario

internacional. Singapur lidera el mercado global de bunkering con más de 50 millones de toneladas métricas de combustible suministradas anualmente, lo que representa cerca del 20% del consumo mundial (S&P Global, 2025). Situado en una intersección que lo favorece cercano a las rutas marítimas globales entre Asia, Europa y Medio Oriente, facilita el abastecimiento de buques en tránsito. Destaca por su infraestructura avanzada que permite operaciones rápidas y eficientes, incluyendo el uso de sistemas de medición de flujo masivo (MFM) para garantizar precisión y transparencia (S&P Global, 2023). Asimismo, Róterdam, en Países Bajos, con aproximadamente 10 millones de toneladas métricas anuales, es el puerto de bunkering más grande de Europa. Cuenta con infraestructura especializada y capacidad para manejar combustibles alternativos como el GNL. Sus años de trayectoria, su proximidad a las principales rutas comerciales europeas y su conectividad terrestre y marítima lo posicionan como un referente para el comercio regional e internacional (Port of Rotterdam, 2025).

En el caso de Chile esto se encuentra menos desarrollado, de hecho, aun considerando su amplio borde costero, el país solo cuenta con 7 puntos habilitados para la transferencia de amoníaco o metanol (ver Tabla 11).

Tabla 11. Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco y metanol

Puerto o Terminal	Comuna	Producto	Estado
Terminal Marítimo Puerto Mejillones SA	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y no transfiriendo
Terminal Marítimo Enaex S.A.	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y transfiriendo
Terminal Terquim	Mejillones	Clase 2	Habilitado, actualmente transfiere GLP
Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	Mejillones	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Muelle Oxiquim	Quintero	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.	Coronel	Metanol	Habilitado y transfiriendo
Terminal Marítimo de Cabo Negro	Punta Arenas	Metanol	Habilitado y transfiriendo

Fuente: Estudio de cuantificación de la capacidad de infraestructura portuaria chilena para proyectos de hidrógeno verde, GIZ, 2024.

De acuerdo con información provista por operadores logísticos del sector naviero, el puerto de Valparaíso es el más competitivo para el suministro de combustibles a buques en Chile. Su ubicación en la zona centro del país mejora de forma considerable su logística y distribución. Tiene una superficie aproximada de 790 mil m<sup>2</sup>, su capacidad de calado varía entre 8,5 y 14,1 metros, permitiendo la llegada de buques de gran tamaño, y cuenta con ocho sitios de atraque que permiten múltiples operaciones en simultáneo (Bnamericas, 2023). La modalidad predominante para el suministro de combustibles es el STS. Este método es utilizado tanto para buques que hacen recalada como para aquellos que permanecen a la gira, lo que reduce significativamente los costos operativos al evitar pagos asociados al ingreso al puerto, como tarifas de atraque, uso de prácticos y otros servicios portuarios. Los datos específicos sobre volumen de transferencia no se encuentran disponibles.

## 10.7. Bunkering en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena

En la región de Magallanes se suministra combustibles por medio de barcazas (STS), especialmente a cruceros en las temporadas estivales. Un crucero de referencia para el bunkering es el “*Le Commandant Charcot*” el cual cuenta con una eslora de 150 metros, una manga de 28 metros y una capacidad para 270 pasajeros. Una embarcación de este tipo demanda poco más de 800 m3 de GMO y en temporada alta se podrían producir unas 40 prestaciones de este tipo aproximándose a unos 32 mil m3 en el periodo (Mundo Marítimo, 2021).

Otro método utilizado en la región es el TTS, donde se emplean camiones cisterna que hacen ingreso al puerto para suministrar directamente el combustible a las embarcaciones. Este es el formato que emplea la EPAustral en sus instalaciones ubicadas en la ciudad de Natales y Punta Arenas tanto en el muelle Prat como en Mardones. En el peak de funcionamiento, considerando los últimos 9 años, se alcanzó un suministro de casi 70 mil m3 de GMO (ver Tabla 12).

Tabla 12. Suministro de combustibles Truck-To-Ship EPAustral

CONCEPTO	PUERTO	MED.	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TRANS-FERENCIA	Prat	M3	44,710	40,861	44,932	48,443	41,128	33,489	50,142	42,212	33,278
	Mardones	M3	9,446	12,479	13,459	14,511	11,517	9,117	14,486	9,858	5,339
	Natales	M3	1,078	1,838	1,097	2,669	3,447	2,936	4,296	2,147	1,305
<b>Total general</b>			<b>55,234</b>	<b>55,178</b>	<b>59,488</b>	<b>65,623</b>	<b>56,092</b>	<b>45,542</b>	<b>68,924</b>	<b>54,217</b>	<b>39,922</b>

Fuente: Elaboración propia con datos facilitados por EPAustral, 2024

Finalmente, se encuentra ENAP la cual opera en Cabo Negro con dos muelles especializados para el abastecimiento de combustibles (PTS). El Muelle N°1 está destinado principalmente a la transferencia de gas licuado de petróleo (LPG), diésel, gasolina y kerosene. Cuenta con un puente de acceso de 277 metros y un frente de atraque de 36 x 20 metros. Para el amarre y permanencia de las naves, dispone de seis duques de alba y cuatro postes de amarre de estructura rígida, aunque sus brazos de carga están fuera de servicio. El terminal puede recibir embarcaciones de entre 30 y 241 metros de eslora, con un calado máximo de 14 metros y un desplazamiento de hasta 75.047 toneladas. Sus líneas de transferencia incluyen una de 16 pulgadas para LPG, con capacidad de bombeo de 1.000 m3/h para butano y 1.200 m3/h para propano, transportados a -5°C y -42°C respectivamente. Además, posee líneas de 6 a 8 pulgadas para diésel, gasolina y kerosene, con flujos de 250 m3/h, 190 m3/h y 200 m3/h respectivamente, bombeados a temperatura ambiente. La línea de metanol, en tanto, está deshabilitada y fuera de servicio. El muelle también cuenta con un sistema contra incendios equipado con bombas de agua de mar de 2.680 GPM y monitores automáticos, asegurando un alto estándar de seguridad en sus operaciones.

El Muelle N°2 de ENAP está diseñado para la transferencia de metanol, cuenta con un puente de acceso de 455 metros y un frente de atraque de 36,5 x 20 metros. Dispone de cuatro duques de alba y seis postes de amarre, permitiendo la recepción de embarcaciones de entre 30 y 241 metros de eslora, con un calado máximo de



14,3 metros y un desplazamiento de hasta 100.063 toneladas. Su infraestructura incluye dos brazos de carga hidráulicos para metanol y una línea de transferencia de 24 pulgadas, con una capacidad de hasta 2.400 tm/h a lo largo de 1.000 metros. Además, cuenta con una línea de diésel de 8 pulgadas y 800 metros de longitud, con un flujo máximo de 250 m<sup>3</sup>/h. En términos de seguridad, dispone de un sistema contra incendios con bombas de agua de mar de 3.000 GPM, monitores controlados remotamente y un tanque de espuma de 2.000 galones. El Terminal Marítimo Cabo Negro es una instalación relevante para las operaciones de la región en el abastecimiento de combustibles. Sus desafíos pasan principalmente por la antigüedad de los equipos (más de 20 años) y por la necesidad de realizar adaptaciones para poder operar con nuevos combustibles como el amoníaco verde.

Hasta el cierre del presente estudio, ENAP no proporcionó información sobre los volúmenes de combustible transferidos desde sus instalaciones en Punta Arenas, lo que impide contar con datos oficiales actualizados sobre su operación. Sin embargo, se pueden considerar antecedentes financieros y productivos recientes que reflejan la importancia de sus actividades en la región.

En 2022, ENAP alcanzó una utilidad de US\$ 575,3 millones, con un resultado antes de impuestos (RAI) de US\$ 761,4 millones, el más alto en los últimos 10 años y muy superior a los US\$ 217,5 millones obtenidos en 2021. En particular, la Unidad de Negocio de ENAP Magallanes reportó un RAI de US\$ 56,5 millones, impulsado por mayores niveles de producción y venta de gas natural y productos asociados, como licuables y condensados. En 2023, la estatal registró utilidades por US\$ 565,8 millones, mientras que la línea de Exploración y Producción (E&P) de ENAP Magallanes obtuvo beneficios antes de impuestos por US\$ 28 millones en el mismo período (ENAP, 2023). En términos de producción, en 2019 ENAP alcanzó su mayor nivel histórico de combustibles hasta esa fecha, con aproximadamente 11,9 millones de m<sup>3</sup> anuales, principalmente gasolinas, diésel y kerosene o combustible de aviación (El Dínamo, 2020).

Adicionalmente, la empresa Methanex, que opera íntegramente en el Muelle N°2 de ENAP, reportó en 2023 una transferencia aproximada de un millón de toneladas métricas de metanol (ver Tabla 13). Estos antecedentes permiten dimensionar, aunque de forma referencial, la relevancia del Terminal Marítimo Cabo Negro en la logística de combustibles en la región.

Tabla 13. Cantidad anual de metanol producido por Methanex en Magallanes

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Miles de tons.	204	395	414	612	1.050	836	807	888	993

Fuente: Elaboración propia con reportes financieros anuales de Methanex al 2023.

Considerando las estimaciones de suministro en la región de Magallanes, a partir de lo distribuido mediante barcazas, los camiones operados por la EPA, y utilizando datos obtenidos de fuentes alternativas en ausencia de información directa de ENAP, se calcula que al año se entregan aproximadamente 80 mil toneladas métricas de combustible marino (principalmente MGO) y cerca de 1 millón de toneladas métricas de metanol. Al comparar estas cifras con el mercado global,

estimado en 217 millones de toneladas métricas en 2019, Magallanes representaría aproximadamente un 0,49% del consumo mundial.

### 10.8. Análisis de modelos de suministro considerando tasa de transferencia

En el ámbito del abastecimiento de combustibles para embarcaciones, evaluar el modelo más adecuado (TTS, STS o PTS) es fundamental para garantizar la eficiencia, minimizar costos operativos y cumplir con las necesidades logísticas de las embarcaciones. Un elemento relevante en este análisis es la capacidad de transferencia de combustible, que determina el tiempo necesario para completar una operación de abastecimiento y, por ende, impacta directamente en la productividad de la embarcación y del puerto.

Los métodos de suministro se diferencian por la infraestructura requerida, los tiempos asociados, la capacidad de manejo de grandes volúmenes y las implicancias administrativas. Cada modelo tiene ventajas y limitaciones que deben analizarse en el contexto de las características del combustible, el volumen demandado y la infraestructura disponible. Para el caso de Magallanes se tomará como ejemplo un camión cisterna estándar de 30 m<sup>3</sup> de capacidad como los que se utilizan en la EPAustral. Adicionalmente se considerará la infraestructura detallada de ENAP y para la transferencia por buque se tomará “Doña Ana”, embarcación perteneciente a Copec y que opera en Puerto Williams abasteciendo a cruceros que llegan a la zona. “Doña Ana” tiene una capacidad para 3.200 TM de IFO-380 y 610 m<sup>3</sup> de MGO y se estima que puede transferir hasta 1.500 m<sup>3</sup> en menos de ocho horas (se estima una tasa de transferencia de 187,5 m<sup>3</sup>/h), además esta embarcación cuenta con dos tanques con una capacidad para 100 mil litros de lubricante marino lo que puede ofrecer en simultaneo al combustible. Este servicio es complementado con una lancha de graneles líquidos de 60 mil litros de capacidad para abastecer a la gira a aquellos buques, como tanqueros y quimiqueros, que no pueden acceder al muelle por razones de seguridad (Mundo Marítimo , 2016) (Mundo Marítimo, 2023).

Teniendo en cuenta los modelos existentes en la región, se tomará el ejemplo del *Norwegian Sun*, crucero que habitualmente ha recalado en Magallanes en las últimas temporadas. Esta embarcación, considerada de nivel mediano, cuenta con una eslora de 258 metros y una manga de 32, puede trasladar cerca de 2 mil pasajeros y tiene una capacidad de combustible aproximada de 1.5 mil m<sup>3</sup> utilizando IFO o MGO (Norwegian Cruise Line, 2024). Si este crucero llega a la zona y demanda 1 mil m<sup>3</sup> de MGO, la tasa de transferencia estimada sería la que se refleja en la Tabla 14.

Tabla 14. Tasa de transferencia según modelo de suministro en Magallanes

Modelo	Capacidad de transferencia	Tiempo total
Truck-To-Ship (TTS)	30 m <sup>3</sup> /h (1 camión)	34 horas
Ship-To-Ship (STS)	187,5 m <sup>3</sup> /h	5 horas y 20 minutos
Port-To-Ship (PTS)	250 m <sup>3</sup> /h	4 horas

Fuente: Elaboración propia

De esta manera el Norwegian Sun, con una demanda estimada de 1.000 m<sup>3</sup> de combustible, puede abastecerse más eficientemente a través del modelo PTS (ENAP), con un tiempo estimado de 4 horas. Como alternativa, el modelo STS (Doña Ana) ofrece un tiempo competitivo de 5 horas y 20 minutos. Por su parte, el método TTS es notoriamente más lento, con un tiempo de 34 horas, y sería más adecuado para operaciones menores o como respaldo. Cabe destacar que, como se mencionó en una sección previa, se deben considerar los costos de ingreso al puerto los que pueden influir en la elección del modelo de abastecimiento. En aquellos casos en que los buques no requieren realizar carga o descarga de mercancías, el modelo STS resulta una alternativa más atractiva, ya que evita los costos asociados a la recalada en muelle, optimiza la operación y puede omitir los procesos de “*vetting*”<sup>19</sup> exigidos para el ingreso.

### **10.9. Equipamiento requerido para diferentes modelos de bunkering**

Como se presentó en la Tabla 11, en Chile son solo siete los terminales marítimos autorizados para la transferencia de combustibles, y aquellos que cuentan con infraestructura especializada presentan diferencias relevantes en capacidad, eficiencia operativa y tipo de productos manejados. Dentro de estos, el Terminal Multipropósito de Oxiquim, en la Bahía de Quintero, región de Valparaíso, destaca por sus altas tasas de transferencia, las cuales, salvo en el caso del metanol, superan las registradas en Cabo Negro. Su infraestructura y eficiencia logística lo convierten en un referente útil para evaluar el desarrollo de bunkering en Magallanes.

Este terminal, diseñado para la transferencia de graneles sólidos y líquidos, cuenta con dos sitios operativos: uno destinado al manejo de concentrado de cobre y carbón mineral, y otro especializado en la transferencia de líquidos, con capacidad para recibir tanqueros de hasta 60.000 toneladas de peso muerto (DWT). Dispone además de un sistema de atraque para embarcaciones de 225 metros, calado de 12,4 metros en el sitio norte y de 235 metros de eslora y 12,55 metros de calado en el sitio sur. Está conectado a una infraestructura terrestre que incluye sistemas de almacenamiento con capacidades de hasta 110 mil toneladas para sólidos y 400 mil toneladas anuales para líquidos. Además, el sistema de transferencia está equipado con redes de cañerías avanzadas que permiten manejar diferentes tipos de productos con flujos óptimos para cada operación. Para su terminal concebido para líquidos consideró cañerías especializadas, bombas de alta capacidad y sistemas de medición para monitorear el flujo, volumen y calidad de los productos transferidos. Gracias a estas características, el terminal alcanza tasas de transferencia destacadas, con una capacidad de carga de diésel y gasolina de hasta 500 m<sup>3</sup>/h, descarga de hasta 600 m<sup>3</sup>/h, descarga de propano a 600 m<sup>3</sup>/h y transferencia de productos químicos a 400 m<sup>3</sup>/h (SEIA, 2013).

---

<sup>19</sup> El *vetting* es un proceso de inspección y validación que realizan los puertos, compañías navieras o cargadores para asegurarse de que un buque cumple con estándares de seguridad, medioambientales y operativos antes de autorizar su ingreso o contratación.

La inversión total para su desarrollo se estimó en US\$126 millones, distribuidos en infraestructura marítima (45%), que incluyó la construcción de muelles, duques de alba y el dragado para alcanzar profundidades de hasta 22 metros; equipamiento (30%), que consideró la adquisición de bombas, líneas de transferencia y sistemas de control de emisiones; sistemas de seguridad y medio ambiente (15%), con instalaciones contra incendios, supresores de polvo y plantas de tratamiento de aguas residuales; y finalmente, gastos de ingeniería y gestión del proyecto (10%), destinados al diseño técnico, permisos y supervisión de la construcción (SEIA, 2013).

El desarrollo del Terminal Multipropósito de Oxiquim constituye un interesante ejemplo para el análisis de infraestructura en la transferencia de combustibles en tierra. Sin embargo, en el ámbito del abastecimiento marítimo, las operaciones STS mediante barcasas especializadas también desempeñan un rol clave en la logística de suministro de combustibles. A modo referencial, la inversión en barcasas equipadas para el suministro de combustibles IFO-MGO varía entre 8 y 15 millones de euros para buques con capacidades de 3 mil, 5 mil y 7.5 mil toneladas, mientras que el costo total anual de operación oscila entre 2,2 y 3,5 millones de euros (Observatorio de los Servicios Portuarios, 2020). Ver Tabla 15.

Tabla 15. Estructura de costos Ship-To-Ship

<b>ESTRUCTURA DE COSTES ESTIMADOS STS – PRODUCTOS IFO - MGO</b>			
<b>Capacidad del buque</b>	<b>3.000 t</b>	<b>5.000 t</b>	<b>7.500 t</b>
<b>Cifra de inversión</b>	<b>8.000.000 €</b>	<b>12.000.000 €</b>	<b>15.000.000 €</b>
<b>Costes Fijo Anual Total</b>	<b>1.733.000 €</b>	<b>2.220.000 €</b>	<b>2.731.000 €</b>
<b>Costes Fijos (Costes T/C)</b>	<b>1.460.000 €</b>	<b>1.880.000 €</b>	<b>2.280.000 €</b>
<b>Operativos</b>	<b>850.000 €</b>	<b>970.000 €</b>	<b>1.140.000 €</b>
Personal	530.000 €	590.000 €	700.000 €
Seguros	110.000 €	140.000 €	170.000 €
Mantenimiento	210.000 €	240.000 €	270.000 €
<b>Costes de capital (amortización + coste financiero)</b>	<b>610.000 €</b>	<b>910.000 €</b>	<b>1.140.000 €</b>
<b>Costes Puerto</b>	<b>73.000 €</b>	<b>100.000 €</b>	<b>151.000 €</b>
<b>Tasas</b>	<b>36.000 €</b>	<b>59.000 €</b>	<b>106.000 €</b>
Tasa al buque (T-1)	32.000 €	52.000 €	94.000 €
Recepción de desechos	4.000 €	7.000 €	12.000 €
<b>Técnico náuticos</b>	<b>37.000 €</b>	<b>41.000 €</b>	<b>45.000 €</b>
Practicaje	13.000 €	16.000 €	19.000 €
Amarre	24.000 €	25.000 €	26.000 €
<b>Costes de gestión y otros</b>	<b>200.000 €</b>	<b>240.000 €</b>	<b>300.000 €</b>
<b>Costes variables</b>	<b>504.000 €</b>	<b>630.000 €</b>	<b>720.000 €</b>
<b>Coste de consumo de combustible</b>	<b>460.000 €</b>	<b>570.000 €</b>	<b>630.000 €</b>
<b>Tasa de actividad</b>	<b>44.000 €</b>	<b>60.000 €</b>	<b>90.000 €</b>
<b>Coste Total Anual Estimado</b>	<b>2.237.000 €</b>	<b>2.850.000 €</b>	<b>3.451.000 €</b>

Fuente: Adaptado de Observatorio de los servicios portuarios, 2020.

Por su parte, la inversión referencial para camiones cisterna, ya sea para combustible IFO-MGO o para aquellos especializados en GNLm, podría oscilar entre los 200 mil y los 360 mil euros, más un costo anual de 151 mil y 229 mil euros respectivamente, dependiendo si es un vehículo de 32 o 50 m<sup>3</sup> (Observatorio de los Servicios Portuarios, 2020). Ver Tabla 16.

Tabla 16. Estructura de costos Truck-To-Ship

<b>ESTRUCTURA DE COSTES ESTIMADOS TTS – IFO/MGO Y GNL</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Cisterna Convencional 32 m3 + Tractora</b>	<b>Cisterna GNL 50 m3 + Tractora</b>
<b>Cifra de inversión</b>	<b>200.000 €</b>	<b>360.000 €</b>
<b>Costes Fijo Anual Total</b>	<b>151.000 €</b>	<b>229.800 €</b>
<b>Costes fijos</b>	<b>126.000 €</b>	<b>191.800 €</b>
<b>Operativos</b>	<b>96.000 €</b>	<b>132.800 €</b>
Personal	80.000 €	104.000 €
Seguros	7.000 €	12.600 €
Mantenimiento	9.000 €	16.200 €
<b>Costes de capital (amortización + coste financiero)</b>	<b>30.000 €</b>	<b>59.000 €</b>
<b>Costes de gestión y margen</b>	<b>25.000 €</b>	<b>38.000 €</b>
<b>Costes variables</b>		
Combustible	0,34 €/km	0,34 €/km
Tasa de actividad		

Fuente: Adaptado de Observatorio de los servicios portuarios, 2020

### 10.10. Implicancias de abastecer combustibles para buques en el territorio

El bunkering conlleva efectos adicionales con implicancias ambientales, comerciales y estratégicas. En el caso de los combustibles limpios, el amoníaco y el metanol, su implementación en la región representa una oportunidad tanto por su contribución a la descarbonización como por los posibles incentivos comerciales y beneficios arancelarios asociados a su uso. Desde el punto de vista ambiental, la introducción de combustibles verdes busca reemplazar los fósiles tradicionales, contribuyendo a la reducción de emisiones en una de las industrias más contaminantes. Un caso ilustrativo es el del crucero Norwegian Sun, que consume entre 100 y 150 toneladas diarias de Marine Gas Oil (MGO), lo que equivale a aproximadamente 30 mil toneladas anuales. Dado que el MGO genera 3,1 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de combustible, su consumo actual produce cerca de 93 mil toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. En contraste, el uso de metanol verde reduciría las emisiones directas a 0,375 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de combustible, disminuyendo las emisiones anuales a 11.2 mil toneladas, lo que representa una reducción del 88% (81.7 mil toneladas menos de CO<sub>2</sub>). Por su parte, el amoníaco verde, que no genera emisiones directas de CO<sub>2</sub> en su combustión, permitiría la eliminación de las 93 mil toneladas de CO<sub>2</sub>, alcanzando una reducción del 100%.

Además de los beneficios ambientales, la producción local de estos combustibles con orientación al comercio internacional permitiría aprovechar regímenes tributarios favorables, como exenciones arancelarias y beneficios fiscales asociados a zonas francas y leyes de excepción, aumentando la competitividad del producto en mercados globales. Uno de los instrumentos más ventajosos es la franquicia de Zona Franca, un régimen legal permanente, sin fecha de caducidad, que permite la integración de recintos remotos. Este mecanismo no solo posibilita la importación de maquinaria y equipos sin aranceles, sino que también permite la venta de productos exentos de IVA, mejorando de forma relevante la estructura de costos. Para efectos del ejercicio que se presentará a continuación, se ha considerado que la aplicación de esta franquicia supondrá una reducción del 10% en el valor normal estimado (ver Tabla 17).

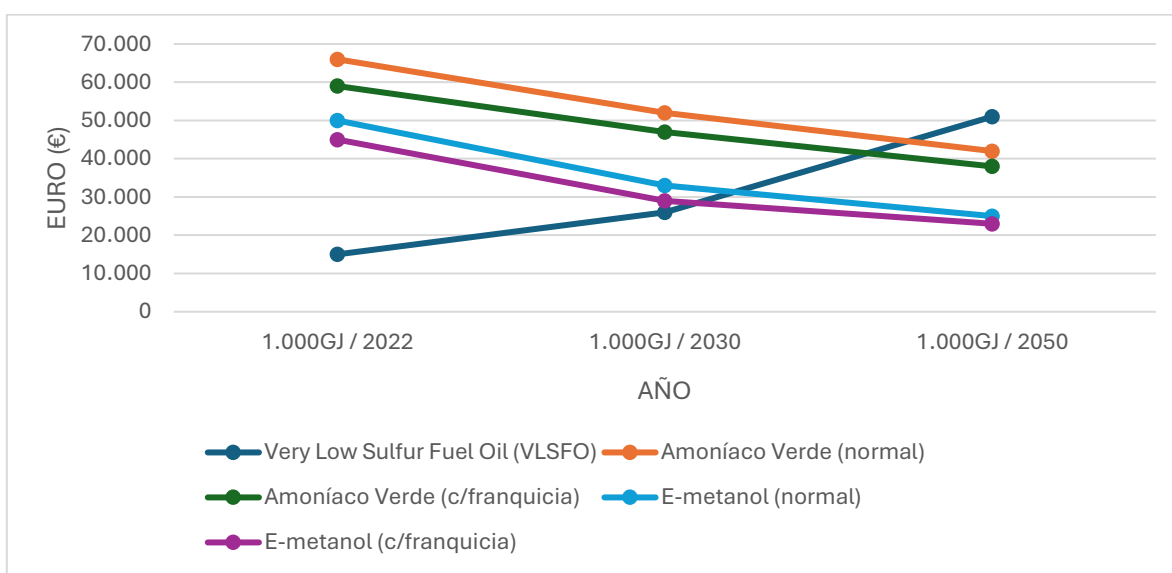
Tabla 17. Proyección de precios de combustibles en euros por Gigajoules (€/GJ) con y sin beneficios arancelarios de Zona Franca remota.

Tipo de combustible	2022 €/GJ (prom)	2030 €/GJ (prom)	2050 €/GJ (prom)
VLSFO (normal)	8 – 21 (15)	12 – 40 (26)	32 – 70 (51)
Amoníaco Verde (normal)	60 – 71 (66)	48 – 55 (52)	35 – 48 (42)
Amoníaco Verde (con franquicia)	54 – 64 (59)	43 – 50 (47)	32 – 43 (38)
E-metanol (normal)	42 – 57 (50)	28 – 37 (33)	21 – 29 (25)
E-metanol (con franquicia)	38 – 51 (45)	25 – 33 (29)	19 – 26 (23)

Fuente: Elaboración propia con datos EMSA 2023 y 2024

La competitividad de los combustibles derivados del H2V dependerá, entre otros factores, de la evolución de sus costos frente a alternativas fósiles y del impacto de impuestos progresivos a las emisiones y beneficios arancelarios. Los precios proyectados bajo estas condiciones, presentados en las Figuras Figura 52 y Figura 53 y en la Tabla 17, de la *European Maritime Safety Agency* (EMSA), reflejan cómo la combinación de regulaciones ambientales y exenciones tributarias podría modificar la estructura de costos en el tiempo, reduciendo la brecha entre combustibles convencionales y opciones bajas en emisiones. En este ejercicio, para 1 mil GJ, se analiza cómo la aplicación de regímenes fiscales favorables, como la Zona Franca Remota, puede influir en la reducción de costos de producción y distribución. A partir de las proyecciones de precios, la gráfica permite observar una tendencia donde los combustibles alternativos se vuelven gradualmente más competitivos, especialmente en un escenario donde los combustibles fósiles enfrentan una mayor carga impositiva debido a sus emisiones (Ver Figura 54).

Figura 54. Proyección de precios de combustibles por 1.000 GJ



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el beneficio de ser parte de una zona franca involucra el estar exento del impuesto a la primera categoría, lo que actualmente en Chile equivale a un 27% sobre las utilidades (SII, 2024). Suponiendo que la venta de los 1 mil GJ de combustibles fuera la utilidad de la empresa, entonces, la rebaja de impuestos sería según se expresa en la Tabla 18.

Tabla 18. Beneficio exención impuesto de 1era categoría combustibles

Energía suministrada	Venta 1000 GJ / € - 2030	Impto. 1era categ.	Beneficio exento (€)
Amoníaco verde c/franquicia	47.000	27%	12.690
Metanol verde c/franquicia	29.000	27%	7.830

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, si bien las proyecciones indican que los combustibles alternativos serán progresivamente más competitivos en términos de precio, su adopción enfrenta desafíos adicionales, como la densidad energética y la capacidad de almacenamiento a bordo. En términos de poder calorífico, los combustibles fósiles como el *Very Low Sulfur Fuel Oil* (VLSFO) cuentan con una mayor eficiencia energética en relación con su volumen, lo que implica que su almacenamiento y uso requieren menos espacio en comparación con alternativas como el metanol o el amoníaco verdes. Por ejemplo, para cubrir los 1 mil GJ del ejercicio anterior, un buque necesitaría aproximadamente 26 toneladas de VLSFO, mientras que el mismo requerimiento energético demandaría alrededor de 50 toneladas de metanol verde y 54 toneladas de amoníaco verde. Esto implica que, al optar por combustibles derivados del H2, las embarcaciones deberán adaptar su capacidad de almacenamiento o recurrir a un abastecimiento más frecuente, lo que podría impactar en la logística operativa y la autonomía de navegación (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Comparación de características energéticas de combustibles marítimos

Combustible	Poder calorífico (GJ/Ton)	Densidad (Kg/Lts)	Toneladas cada 1.000 GJ	Precio estimado 2030 (€/Ton)	Kilos cada 1.000 GJ	Litros cada 1.000 GJ
Heavy Fuel Oil (HFO)	40,2	0,99	25	Sin información	24.876	25.127
Intermediate Fuel Oil (IFO)	41,2	0,96	24	Sin información	24.272	25.283
Very Low Sulfur Fuel Oil (VLSFO)	41,8	0,92	24	1.087	23.923	26.004
Marine Gas Oil (MGO)	42,7	0,86	23	Sin Información	23.419	27.232

Metanol Verde	19,9	0,79	50	Normal: 657 c/franquicia: 577	50.251	63.609
Amoníaco Verde	18,6	0,74	54	Normal: 967 c/franquicia: 874	53.763	72.653
Gas Natural Licuado	48	0,45	21	Sin información	20.833	46.296
Hidrógeno líquido	120	0,07	8	Sin información	8.333	119.048

Fuente: Elaboración propia con GIZ, 2022, Directemar, 2016 y EMSA 2023 y 2024.

No obstante, a estas consideraciones técnicas se debería añadir algo más complejo de cuantificar, y que es el costo real de mantener las condiciones actuales. La dependencia de combustibles fósiles no solo implica costos crecientes por regulaciones ambientales e impuestos a las emisiones, sino que perpetúa una industria altamente contaminante con impactos irreversibles en el cambio climático. La transición hacia combustibles limpios representa un desafío de infraestructura y adaptación, pero también una oportunidad para construir un sector marítimo más sostenible, competitivo y alineado con los objetivos globales de descarbonización.

### 10.11. Servicios adicionales al bunkering

La implementación de operaciones de bunkering en el territorio también podría generar una demanda de servicios complementarios que apoyan la operatividad de los buques y mejoran su eficiencia durante las escalas. Estos servicios adicionales pueden fortalecer la economía local al crear nuevas oportunidades de negocio y empleo, diversificando las actividades asociadas al puerto y maximizando el impacto del abastecimiento de combustibles en la región.

De acuerdo con información provista por empresas dedicadas a la operación logística de naves, entre los servicios adicionales que podrían demandarse se incluyen: Cambio de tripulantes asociado a la gestión de desembarco y embarco de personal, lo que requiere coordinación con aeropuertos, agencias marítimas y servicios de transporte; Retiro de basura como el manejo de desechos sólidos y líquidos, cumpliendo con regulaciones internacionales como MARPOL; el suministro de agua potable para consumo y uso operativo, especialmente en escalas prolongadas; el suministro de lubricantes e insumos lo cual incluye aceites y otros consumibles críticos para el mantenimiento de los motores y sistemas a bordo; el suministro de víveres como alimentos frescos y secos, adaptado a las necesidades específicas de las tripulaciones; los servicios de lavandería para la tripulación y ropa operativa; inspecciones y mantenimiento lo que incluye inspecciones técnicas, reparaciones menores y revisión de sistemas críticos como propulsión, electricidad y navegación y reparaciones y servicios más avanzados que pueden incluir



reparaciones estructurales o mecánicas realizadas en puerto o por equipos especializados.

### **10.12. Consideraciones de seguridad según tipo de combustible**

El informe "*Future Fuels Risk Assessment*" elaborado por "Together in Safety" (2022), alianza internacional no regulatoria de la industria marítima dedicada a mejorar la seguridad en el sector, aborda una evaluación integral de riesgos relacionados con el uso de combustibles alternativos en buques, en el contexto de la transición energética hacia alternativas más sostenibles. Entre los participantes se encuentran: *APM Terminal, Carnival Corporation, Chevron, Euronav, Lloyd's Register, Maersk, MSC Ship Management, Oil Companies International Marine Forum (OCIMF)* y *Shell*. El estudio analizó cuatro combustibles principales que se proyectan como opciones para el transporte marítimo: Gas Natural Licuado (LNG), Hidrógeno (H<sub>2</sub>), Amoníaco (NH<sub>3</sub>) y Metanol (CH<sub>3</sub>OH). Estos combustibles fueron evaluados desde la perspectiva de los riesgos asociados a su almacenamiento, manejo y uso a bordo, con el fin de identificar salvaguardas y formular recomendaciones para una implementación segura. El informe concluye que cada combustible presenta un perfil de riesgo único. En el caso del metanol, es clasificado como el combustible más seguro entre los evaluados, presenta ventajas debido a su estado líquido a temperatura ambiente, lo que facilita su manejo y almacenamiento. Sin embargo, su bajo punto de inflamación requiere precauciones adicionales contra incendios. Por su parte el LNG, se indica, ofrece un nivel intermedio de riesgos gracias a su madurez tecnológica y la existencia de regulaciones específicas. Sin embargo, sus características criogénicas exigen medidas de seguridad avanzadas para evitar fugas y explosiones. El hidrógeno, también evaluado como combustible para buques, presenta beneficios en cuanto a que solo produce agua como subproducto y a su vez plantea riesgos elevados debido a su alta inflamabilidad y la complejidad de su almacenamiento, que requiere condiciones criogénicas extremas o alta presión. Finalmente, el amoníaco se señala es el combustible más riesgoso debido a su toxicidad y corrosividad, lo que representa desafíos para la seguridad de la tripulación y el entorno. Igualmente se señala que es una tecnología madura y que requiere sistemas de manejo más exigentes si se quiere utilizar de forma directa en las embarcaciones (Together in Safety, 2022).

### **11.Data centers como hub potencial de desarrollo**

Los data centers representan una valiosa oportunidad para la diversificación productiva de la región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Su integración como parte de un *hub* industrial permitiría aprovechar la disponibilidad de energía renovable e insumos generados por la industria del H<sub>2</sub>V y sus derivados, además de hacer realidad el posicionamiento de la región como un polo de desarrollo tecnológico y sostenible.

### 11.1. Contextualización internacional

El mercado de tecnologías de la información en el mundo aumenta de forma exponencial. De acuerdo con antecedentes expuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la cantidad de usuarios de internet pasó de 1 mil millones en el año 2005 a 5.4 mil millones en 2023. Una conexión más rápida facilita la generación, almacenamiento y análisis de datos, esenciales para tecnologías como el análisis de macrodatos, el Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), la conectividad digital y la inteligencia artificial (IA), en particular la de tipo generativa. De esta manera se estima que el tráfico de datos pasó, desde 2015, de 0.6 zettabyte (ZB), equivalente a 1 mil exabytes (EB), a 4.4 ZB en 2022, que los dispositivos conectados a internet aumenten de 13 mil millones en 2022 a 35 mil millones en 2028 y que la cobertura de la banda ancha móvil 5G se incremente desde un 25% de la población en 2021 a un 85% para 2028 (Naciones Unidas, 2024).

El impacto potencial en el medio ambiente de este avance tecnológico no dispone de un análisis integrado, sino que las visiones e indicadores difieren dependiendo del tipo de metodología empleada o los modelos de hipótesis utilizados. Las estimaciones de GEI anuales emitidos por este sector pueden ir desde 0,69 hasta 1,6 gigatoneladas expresadas en CO<sub>2</sub>, lo cual sería equivalente a un indicador de entre 1,5% y 3,2% de las emisiones mundiales de GEI durante el año 2020, un nivel comparable al de la aviación o al del transporte marítimo (Naciones Unidas, 2024).

En cuanto a los centros de datos o data centers, las infraestructuras que albergan servidores y sistemas de almacenamiento para procesar, gestionar y almacenar grandes cantidades de datos, tienen un impacto considerable en la demanda de electricidad y recursos hídricos durante su etapa de funcionamiento. Este sector, que integra entre sus máximos exponentes a empresas como Amazon, Alphabet, Google, Microsoft y Meta, consumió, aproximadamente, 460 teravatios/hora (TWh) de electricidad al año 2022, equivalente a un 2% del consumo mundial, y podría llegar hasta los 1 mil TWh en 2026. Como referencia se indica que el consumo total de Francia al 2022 fue de 459 TWh (IEA, 2024).

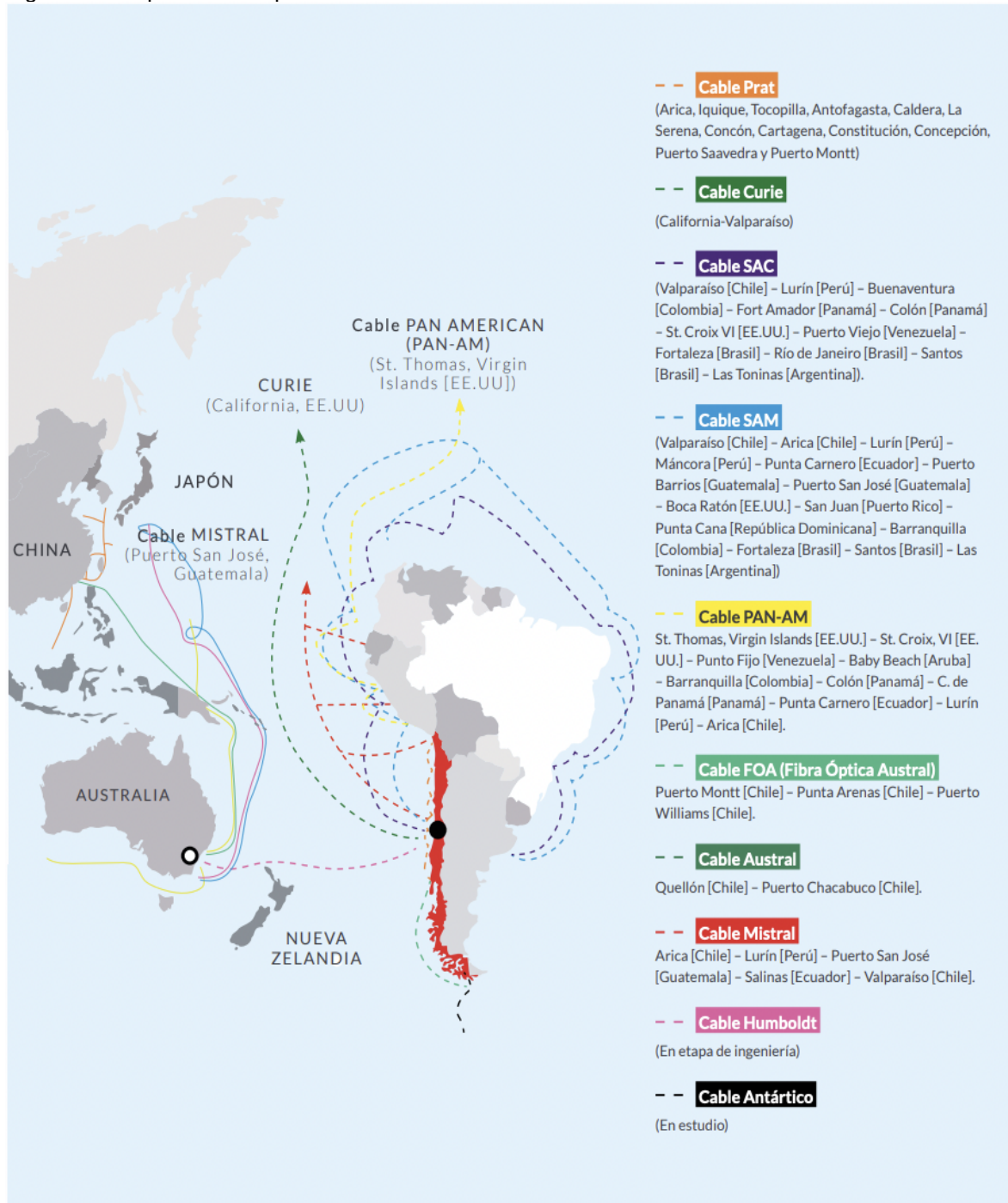
Respecto del recurso hídrico, se estima que el promedio de agua diario demandado por un data center de hiper escala (se considera así a infraestructuras de 930 metros cuadrados como mínimo y unos cinco mil servidores), es de, aproximadamente, 2,1 millones de litros. En contraste, uno calificado como de menor tamaño, puede llegar a consumir un promedio diario de 68 mil litros (Diario Financiero, 2024). Adicionalmente, sobre todo en países o lugares cálidos lo cual exige de una mayor refrigeración, los data centers de IA generativa podrían consumir entre 4.2 y 6.6 mil millones de m<sup>3</sup>, lo que sería equivalente a la mitad del consumo anual del Reino Unido (Colorado Riverside University, 2023).

## 11.2. Contextualización nacional

Chile es el país que se ubica en el primer lugar en América Latina y en el puesto 30 a nivel mundial en el índice de Conectividad de Huawei con un puntaje promedio de 49,5 y donde el primer lugar lo obtiene Estados Unidos con un indicador de 78,8. Esto lo clasifica dentro del grupo intermedio de países donde supera a naciones europeas como Polonia (36°) y Croacia (38°) y otros países de la región sudamericana como son Brasil (40°), Colombia (49°), Perú (51°) y Uruguay (52°) (Huawei, 2024). Adicionalmente, las exportaciones chilenas vinculadas a las telecomunicaciones, servicios IT, I+D y a los servicios empresariales, se vieron incrementadas en más de un 20% en los últimos 10 a 12 años, logrando alcanzar un valor de US\$3.5 mil millones en 2022 y superando los US\$4 mil en 2023. Junto con ello el avance del país en esta actividad productiva se ve reflejado en un considerable aumento de inversiones potenciales en infraestructura digital y de empresas de desarrollo de software donde Invest Chile señala que, cuando en 2017 el portafolio de la agencia contaba con 25 proyectos valorizados en US\$1.5 mil millones, en la actualidad se gestiona una cartera con más de 191 proyectos tecnológicos, considerando distintos estados de avance, y que se estima en una inversión de US\$5.9 mil millones (Invest Chile, 2024).

En cuanto a conectividad y robustez de infraestructura digital que permita el movimiento, almacenamiento y procesamiento rápido y confiable de los datos, Chile ha avanzado en diversificar su acceso a la fibra óptica, tanto terrestre como submarina, lo que permite mejorar los niveles de redundancia lo cual es valorado por las empresas digitales. Actualmente el país cuenta con una cobertura de ocho redes que presentan una expansión anual de un 40% (ver Figura 55), destacando el cable submarino transoceánico Humboldt el cual considera una inversión público-privada de US\$400 millones y una extensión de 14.8 mil kilómetros. Se espera que estará operativo en 2026 siendo el primer cable que conectará América del Sur con Oceanía (Invest Chile, 2024).

Figura 55. Mapa de fibra óptica de Chile



Fuente: Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (Subtel), 2024

En lo que atañe exclusivamente a los data centers, el país refleja un importante crecimiento en la atracción de inversiones proyectando alrededor de US\$1.7 mil millones al 2030. En capacidad instalada se observa un aumento de un 620% considerando los últimos 10 años, desde los 24 MW en 2014, a un total de 174 MW en 2024. Además, en cuanto a la superficie de terreno utilizada, se pasó de 55 mil m<sup>2</sup> (2014) a 202 mil m<sup>2</sup> en la actualidad, demostrando una expansión de

más de 250%. Mirando hacia el futuro, se espera que este crecimiento se acelere, dado que actualmente operan 31 data centers en Chile, mientras que existen 35 proyectos en desarrollo. Solo en la región Metropolitana, la superficie requerida se duplicaría, alcanzando casi 490 mil m<sup>2</sup> (GPS, 2024).

Debido a los antecedentes expuestos es que el Gobierno de Chile ha decidido avanzar hacia la elaboración de un Plan Nacional de Data Centers (2024-2030) el cual se ha propuesto establecer lineamientos y medidas para crear un entorno que permita acelerar las inversiones en este tipo de infraestructuras y consolidar a Chile como un *hub* tecnológico en América Latina. Además, busca garantizar que el desarrollo de los Data Centers sea sustentable, minimice el impacto en los ciudadanos y el medio ambiente e integre su visión y necesidades en el proceso. De esta manera establece tres objetivos: 1) Promover el crecimiento de la industria de Data Centers a través de la aplicación de acciones que estimulen la inversión; 2) Potenciar una industria de Data Centers descentralizada, de bajo impacto socioambiental y sostenida por energías renovables y; 3) Fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo del país, adoptando una visión de futuro que fortalezca las tecnologías de datos en Chile. La iniciativa se encuentra aún en proceso de elaboración cerrando recientemente un proceso de consulta ciudadana (Ministerio de Ciencias, 2024).

### 11.3. Factores que determinan la instalación de data centers

De acuerdo con el estudio denominado *Global Data Center Market Comparison* (Cushman & Wakefield , 2024), los factores evaluados a la hora de seleccionar un emplazamiento para un data center son múltiples y han variado a lo largo de los años. En este sentido, como criterio transversal está la sostenibilidad ambiental, el uso de energía renovable y poder acreditar que la instalación es carbono neutral.

Los factores identificados, ordenados por grado de relevancia, son los que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Factores que determinan el emplazamiento de un data center

ALTA RELEVANCIA	MEDIANA RELEVANCIA	MENOR RELEVANCIA
Disponibilidad de energía	Pipeline de desarrollo	Riesgos naturales
Disponibilidad de terrenos	Precios de terrenos	Impuestos
Tamaño del mercado	Conectividad de fibra óptica	Disponibilidad de agua
	Vacancia y absorción	
	Regulaciones e incentivos	
	Costo de la energía	
	Disponibilidad de nubes y presencia de operadores	
	Opciones de energía renovable	

Fuente: Elaboración propia con datos de Cushman & Wakefield, 2024

En cuanto a los factores calificados como de alta relevancia, la disponibilidad de energía resulta ser el elemento preponderante, incluso, a través de fuentes primarias, se señala que podría ser un factor que represente alrededor de un 80%

de la decisión de emplazamiento. La disponibilidad de terrenos también resulta crítica considerando aspectos como la zonificación de usos y proximidad a infraestructura clave (como cables de fibra óptica). Finalmente, como tamaño de mercado, se evalúa la demanda de local de potenciales clientes y la conectividad internacional. Respecto de los factores calificados como de segundo orden, el pipeline de desarrollo se refiere a proyectos ya en planificación y en ejecución en el territorio que podrían impactar en la demanda o saturar la capacidad existente. Otros elementos que se consideran son el coste de los predios en las zonas de interés; la disponibilidad de redes de fibra óptica confiables y redundantes para asegurar una conectividad eficiente; la vacancia y absorción que hacen referencia a la disponibilidad de espacios existentes y su capacidad para satisfacer la demanda de nuevas instalaciones (por ejemplo, la capacidad de la fibra óptica existente); las regulaciones, incentivos y políticas gubernamentales favorables como, por ejemplo, los beneficios fiscales o tributarios; el costo de la energía el cual influye de forma significativa en los costos de operación y dentro de lo cual una característica a evaluar es el tipo de clima que ofrece el lugar analizado pues, si es de condiciones frías, implicaría una menor demanda energética en asuntos de refrigeración; la presencia de grandes proveedores de servicios en la nube y operadores establecidos en el territorio y; la disponibilidad de energía renovable que, como se señaló al inicio, es un elemento al que cada vez se le asigna un mayor grado de relevancia. Por último, el grupo identificado como de tercer orden, considera como factores los riesgos ambientales, esto asociado a la exposición que tenga el lugar a desastres naturales como terremotos, inundaciones o tormentas; los impuestos, relacionado a la carga fiscal asociada a operar en el territorio y; la disponibilidad de agua la cual dependerá del modelo de data center y de lo relevante que pueda ser para los métodos de refrigeración (Cushman & Wakefield , 2024).

#### **11.4. Atributos de Magallanes para la recepción de estas instalaciones**

Considerando los factores analizados por empresas dedicadas al desarrollo de infraestructura digital, como los data centers, la región de Magallanes y de la Antártica Chilena podría satisfacer ampliamente varios de estos criterios, especialmente en el contexto de la industria del H2V y sus derivados. Entre los elementos más relevantes, la disponibilidad de recursos energéticos juega un papel fundamental. Como se expone en el capítulo 9 de este informe, se han evaluado diversos escenarios de generación eléctrica a partir de parques eólicos, con estimaciones sobre la capacidad instalada y la producción anual de energía. A esto se debe añadir el valor diferenciador de que el tipo de energía que se producirá será de carácter renovable.

Para comprender mejor lo relevante que puede ser la industria del H2V en este aspecto resulta necesario precisar algunos conceptos de electricidad para aclarar elementos que serán abordados a continuación (Tabla 21).

Tabla 21. Conceptos relevantes en electricidad

Concepto	Descripción
Generación o producción eléctrica	Es el proceso mediante el cual se produce electricidad a partir de fuentes como energía eólica, solar, hidroeléctrica, gas natural o carbón. Se mide en MW (megawatts) de capacidad instalada y en MWh (megawatt-hora) o GWh (gigawatt-hora) de energía generada en un período de tiempo.
Potencia (MW)	Representa la capacidad máxima de generación o demanda instantánea de un sistema eléctrico.
Energía consumida (MWh o GWh)	Es la cantidad total de electricidad utilizada durante un período de tiempo. Se calcula en función de la potencia requerida y el tiempo de operación.
Transmisión eléctrica	Es el proceso mediante el cual la electricidad generada en una planta es transportada a través de redes de alta tensión hasta los puntos de consumo.
Distribución eléctrica	Se refiere a la última etapa del suministro eléctrico, donde la energía transportada es adaptada a niveles de tensión más bajos para ser entregada a los consumidores finales, como industrias, empresas o residencias.

Fuente: Elaboración propia con datos de BBVA y Comisión Nacional de Energía, 2024.

Hoy la región de Magallanes, en particular su capital regional que es Punta Arenas y que es la que cuenta con mejores condiciones de infraestructura respecto de las demás comunas de la zona, no estaría en condiciones de recibir un data center como el que será analizado en el ejercicio siguiente. La capacidad instalada de generación eléctrica en la región es de 108 MW: 96 MW provienen de combustibles fósiles, con una predominancia del gas natural (94,1%) y el resto de diésel (Ministerio de Energía, 2017), y 12 MW adicionales corresponden a generación eólica (CChC, 2020).

En términos de energía consumida, como se ha presentado en este informe, el consumo promedio regional es de aproximadamente el 50% de la capacidad instalada. Sin embargo, la capacidad disponible no se traduce en un margen real de operación para nuevas infraestructuras de alto consumo energético como los data centers. Requisitos normativos de seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico, como el criterio N-1, un estándar internacional en planificación y operación de redes eléctricas, señalan que el sistema debe ser capaz de soportar la falla de un solo componente sin comprometer el suministro eléctrico a los usuarios, lo que implica que parte de la capacidad instalada debe permanecer como reserva operativa (CNE, 2018). Por otro lado, la infraestructura de transmisión en Magallanes es limitada. La región cuenta con solo dos líneas de transmisión: Una línea de 66 kW, que transporta la energía generada a partir del gas y otra línea de 23 kW, que transporta la energía generada a partir de fuentes eólicas. Ambas líneas, según entrevistas realizadas, operan cerca de su máxima capacidad, lo que restringe aún más la posibilidad de integrar nuevos proyectos eléctricos de alto consumo.

En este contexto, si bien Magallanes cuenta con condiciones favorables para la generación de energía renovable, el desarrollo de la industria del H2V y nuevas inversiones en infraestructura serán determinantes para ampliar su capacidad de suministro eléctrico. Estas mejoras permitirían fortalecer la competitividad de la región y aumentar las posibilidades de atraer industrias como la de los data centers, ofreciendo energía limpia y confiable en un entorno estratégico.

Respecto de la disponibilidad de terrenos, como se señala en secciones introductorias del presente estudio, la región de Magallanes, solo considerando la zona continental, cuenta con una superficie de 132.291 km<sup>2</sup> (BCN, 2024), similar al tamaño de Grecia (131.957 km<sup>2</sup>), y que es equivalente al 17,5% del territorio nacional. Esto, teniendo en cuenta la cantidad de habitantes que tiene la región, da un indicador de densidad poblacional de 1,26 habitantes por km<sup>2</sup>. En la misma línea, si solo se considerara a las comunas de San Gregorio (6.883,7 km<sup>2</sup>) y Laguna Blanca (3.695,6 km<sup>2</sup>), zona donde se concentraría la mayor parte de los proyectos de H2V en el territorio, la superficie total es de 10.579,3 km<sup>2</sup>, esto es equivalente a unas cinco veces la ciudad de Tokio (2.194 km<sup>2</sup>), solo que en la capital japonesa habitan 9.7 millones de personas, mientras que en las comunas mencionadas alrededor de 1.050 habitantes (INE, 2017).

Sobre el tamaño de mercado, la región de Magallanes, según se observa en la sección 2.1 del presente informe, cuenta con una economía pequeña estimada en unos tres mil millones de dólares, es decir, cerca de un 1% del PIB a nivel nacional, no obstante, con la llegada de la industria del H2V, solo las inversiones de uno de los proyectos en Magallanes casi cuadruplica el PIB regional (Diario Financiero, 2024) y además, considerando diversos escenarios de esta industria, la región podría rápidamente duplicar o triplicar su nivel de producción actual (Schmidt-Hebbel, Quiroz y Givovich, 2022).

Entre los demás elementos evaluados para el establecimiento de un data center, la condición del clima es un elemento favorable pues implica un uso más eficiente de los recursos energéticos, de esta manera, según la norma de la *International Computer Room Experts Association*, ICREA-STD-131-2017, la temperatura ideal para estas estructuras es entre los 18 y los 27 grados Celsius (HAVC&R, 2018). En la región de Magallanes, la temperatura promedio anual es de 6°C, con un máximo promedio de 10,8°C y un mínimo promedio de 1,7°C (BCN, 2024). Adicionalmente, la región austral se considera como una zona asísmica donde se conoce de 2 terremotos en la historia, el primero en el año 1879 y el segundo en 1949 (Universidad de Chile, 2024). Otro factor que resulta relevante es lo favorable que podría llegar a ser el sistema tributario acogiendo a beneficios como el de la zona franca remota, esto se presentará de forma detallada en la sección siguiente.

Finalmente, un criterio determinante en el asentamiento de esta industria es la infraestructura digital correspondiente a disponibilidad de cable de fibra óptica. Si bien la región cuenta con este tipo de conexión que además dispone de vacancia al tener una capacidad de transporte de 16 terabits por segundo (CTR, 2024), estimándose su uso en alrededor de un 10%, lo que no resulta favorecedor es que el territorio disponga solo de un cable de fibra pues esto limita la redundancia, es decir, el poder contar con diversas líneas de conexión que otorguen una mayor garantía de estabilidad al servicio ante eventuales interrupciones.



### 11.5. Proyección de costo de electricidad de un data center en Magallanes

Como un ejercicio de proyección conceptual, se analizará el caso de un data center de hiperescala actualmente en operación en la comuna de Lampa, Región Metropolitana. Esta infraestructura, con una inversión estimada de US\$373 millones y una vida útil proyectada de 30 años, cuenta con tres centros de almacenamiento de datos de alta tecnología, destinados al procesamiento de información para diversas empresas.

El data center incluye 63 salas eléctricas, 60 equipos *chillers* de 1.500 kW, seis estanques de agua para la red de incendios, salas técnicas, oficinas administrativas por edificio, ocho salas de datos y otras instalaciones de soporte. La superficie total utilizada asciende a 176.386 m<sup>2</sup>. En términos de demanda energética, la empresa operadora indica que, solo en la primera etapa de un total de tres, el centro de datos requeriría una potencia máxima de 45 MW, operando de manera continua las 24 horas del día. Esto se traduce en un consumo energético estimado de 1.080 MWh diarios, 32.400 MWh mensuales y 394.200 MWh anuales (SEIA, 2021). Para contextualizar esta cifra, la demanda energética del data center en su primera fase sería comparable a la demanda máxima registrada en Punta Arenas, cuya potencia tope, como ya se indicó, alcanza aproximadamente 48 MW.

El coste nivelado de electricidad (LCOE) de referencia a nivel mundial, al primer semestre de 2022, para plantas solares fue de US\$45, para plantas eólicas fue de US\$46, para plantas de carbón US\$74 y para plantas a gas fue de US\$81, todo esto en valor/MWh (Bloomberg NEF, 2022). En Chile, para el año 2023, la industria de la minería señaló que el coste de energía consumida promedio fue de US\$107/MWh (Diario Financiero, 2024). De acuerdo con fuentes primarias, un data center ubicado en la comuna de Pudahuel, en la región Metropolitana, a diciembre de 2024, pagó un valor promedio de US\$110/MWh, valor similar al que se suministra la energía eléctrica para industrias en la región de Magallanes a la misma fecha (Edelmag, 2024). Adicionalmente, en Magallanes, considerando el factor de planta de los parques eólicos que podría llegar a un 55% o 60%, de acuerdo con datos facilitados por la industria del H<sub>2</sub>V, se estima que el costo del MWh podría ser de entre US\$33 y US\$40, con lo que se considera el valor mayor (US\$40/MWh).

Tomando los antecedentes expuestos y proyectando un ejercicio a 10 años para el data center modelo, la energía renovable proveniente de los parques eólicos en Magallanes podría ofrecer costes notablemente competitivos llegando a un valor anual de unos US\$15.768.000, algo muy inferior a lo que se oferta en la región Metropolitana (US\$43.362.000) y a nivel global con valores promedio de plantas de carbón (US\$29.170.800) y gas (US\$31.930.200). Además, si esto se proyecta en el tiempo, por ejemplo, a 5 años como se observa en la Tabla 22, las diferencias acumuladas son sustanciales. Como referencia, el cable de Fibra Óptica Austral (FOA) que conecta a Magallanes tuvo un costo de US\$63 millones (CTR, 2023).

Tabla 22. Proyección de coste anual acumulado según tipo de energía

Tipo Energía	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Eólica/Magallanes (US\$40/MWh)	15.768.000	31.536.000	47.304.000	63.072.000	78.840.000	236.520.000
Carbón/Mundo (US\$74/MWh)	29.170.800	58.341.600	87.512.400	116.683.200	145.854.000	437.562.000
Gas/Mundo (US\$81/MWh)	31.930.200	63.860.400	95.790.600	127.720.800	159.651.000	478.953.000
R. Metropolitana (US\$110/MWh)	43.362.000	86.724.000	130.086.000	173.448.000	216.810.000	650.430.000

Fuente: Elaboración propia.

Además, similar al ejemplo utilizado para la proyección del bunkering, si una empresa productora de H2V y derivados asentada en Magallanes se acoge al beneficio de Zona Franca remota, y el data center se ubica dentro de estas dependencias, probablemente cerca de una subestación eléctrica del parque eólico, entonces podría vender la electricidad exenta de IVA (19%), con lo que el precio resultaría aún más atractivo (ver Tabla 23).

Tabla 23. Proyección de valor anual acumulado de energía provista con franquicia ZF.

Coste con rebaja de IVA	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Eólica/Magallanes	15.768.000	31.536.000	47.304.000	63.072.000	78.840.000	236.520.000
Rebaja de 10%	14.191.200	28.382.400	42.573.600	56.764.800	70.956.000	212.868.000
Rebaja de 19%	12.772.080	25.544.160	38.316.240	51.088.320	63.860.400	191.581.200

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, otro de los beneficios, como ya fue señalado, es que quien vende bajo la condición de estar inserto en una zona franca, queda exento del impuesto a la primera categoría (27%), lo que, en este caso, para la venta anual estimada, podría llegar a ser de US\$4.257.360. Ver detalle en Tabla 24.

Tabla 24. Beneficio exención impuesto de 1era categoría electricidad

Energía suministrada	Venta anual US\$	Impto. 1era categ.	Beneficio exento US\$
Eólica en Magallanes	15.768.000	27%	4.257.360
Rebaja 10% IVA	14.191.200	27%	3.831.624
Rebaja 19% IVA	12.772.080	27%	3.448.462

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se debe considerar que, aun cuando esto representa un ejercicio simplificado, es decir, no contemplando costos de líneas y redes de transmisión, transformadores, sub estaciones eléctricas, sistemas de estabilización, almacenamiento y respaldo que garanticen el suministro, entre otros, permite visibilizar lo competitiva que podría llegar a ser la región en el suministro de energía, y esto añadiendo que se trata de una de tipo renovable lo cual es un valor diferencial significativo pues para el ejercicio realizado, ya sea con solar o eólica, se evitarían hasta 318.816 toneladas de CO2 anuales si se comparan con fuentes energéticas provenientes del carbón y 190.512 toneladas de CO2 anuales frente al gas.

## 11.6. Implicancias adicionales de establecer data centers en el territorio

El desarrollo de actividades productivas intensivas en tecnología, combinado con la formación de habilidades digitales, puede aumentar la competitividad de los países, logrando mejoras en el crecimiento de la productividad. A su vez, esto impulsa la innovación, fortalece otros sectores económicos y fomenta la inclusión, reduciendo la vulnerabilidad y la desigualdad de ingresos a nivel de hogares (Banco Mundial, 2023).

Y si bien el desarrollo de data centers no se caracteriza por ser una actividad intensiva en cantidad de trabajadores directos, en el ejemplo utilizado, con una inversión de US\$373 millones, se proyectaba el empleo de 37 personas en la etapa de operación, los perfiles requeridos son calificados, actualmente cuentan con una amplia demanda y existe un efecto mayor en la creación de empleos indirectos, generados en la cadena de suministros, e inducidos, entendiendo estos como empleos producidos por el gasto adicional de los ingresos provenientes de la industria y su cadena de suministros. Así lo demuestra un estudio realizado por PricewaterhouseCoopers (PwC) para la *Data Center Coalition* en Estados Unidos donde se midió, entre los años 2017 y 2021, el impacto económico, ambiental y social de este sector en el país y en tres de los estados más relevantes en la materia (Arizona, Ohio y Virginia). De esta manera se obtuvo que, por cada empleo directo en data centers, se generan 6,4 empleos adicionales entre indirectos e inducidos. En cuanto a los perfiles más demandados por este sector (ver Tabla 25), destacan las ocupaciones de técnicos y profesionales en áreas informáticas y especialistas en operaciones comerciales. Adicionalmente, los otros sectores económicos que demuestran tener un impacto de empleos al alero de esta industria son los servicios (profesionales, administrativos, consultoría, alimentación, alojamiento, etc.), comercio, transportes, manufactura (fabricación de cables de fibra, servidores, dispositivos de almacenamiento, entre otros) y construcción. (PwC, 2023).

Tabla 25. Áreas de empleo más demandadas por empresas de data centers

Ocupación	Porcentaje de Empleados
Ocupaciones en informática	38,9%
Especialistas en operaciones comerciales	10,5%
Empleados de información y registro	8,1%
Gerentes de especialidades operativas	6,6%
Otros trabajadores de apoyo administrativo y de oficina	5,8%
Representantes de ventas, servicios	5,7%
Altos ejecutivos	4,2%
Especialistas financieros	2,9%
Publicidad, marketing, promociones, relaciones públicas y gerentes de ventas	2,7%
Empleados financieros	1,9%
Supervisores de trabajadores de apoyo administrativo y de oficina	1,7%
Representantes de ventas, comercio mayorista y manufactura	1,2%
Ocupaciones en ciencias matemáticas	1,2%
Ingenieros	1,2%
Todas las demás ocupaciones	7,5%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de PwC, 2023

En este aspecto cabe señalar que si Chile quiere aprovechar este tipo de oportunidades enfrenta desafíos en la formación de talento especializado, particularmente en la participación de mujeres en disciplinas STEM. Actualmente, solo el 30% de las mujeres en el país persigue carreras universitarias en estas áreas, lo que podría limitar la diversidad y disponibilidad de profesionales para este tipo de industrias que van en crecimiento (CIAE, 2024).

En cuanto al nivel educativo de los empleos demandados por este sector, casi el 60% de los trabajadores tiene al menos un título universitario de cuatro años o superior, esto es superior a la tasa promedio de los Estados Unidos donde alrededor de 30% de los empleos demanda de este grado formativo (ver Tabla 26).

Tabla 26. Nivel educativo demandado por Data Centers vs promedio Estados Unidos

Nivel Educativo	Centros de Datos	Total trabajos en USA
Menos que un diploma de escuela secundaria	0,8%	9,9%
Diploma de escuela secundaria o equivalente	16,5%	35,2%
Certificado postsecundario o algunos cursos universitarios	14,2%	17,4%
Título asociado (o título de 2 años)	10,8%	8,5%
Licenciatura	46,7%	19,5%
Postgrado	11,1%	9,6%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de PwC, 2023

El emplazamiento de un data center impacta otras actividades productivas al atraer empresas proveedoras que buscan establecerse cerca, facilitando la logística y reduciendo costos operativos. Esto incluye la llegada de empresas tecnológicas y startups en sectores como energía, infraestructura, telecomunicaciones, seguridad, desarrollo de software y modernización de servicios públicos. De esta manera, el sector actúa como un catalizador en las economías locales y regionales, impulsando negocios y fomentando infraestructura que beneficia a múltiples sectores. Finalmente, en términos económicos, otra forma de medir su impacto es el pago de impuestos, recursos que pueden destinarse a educación, salud, obras viales y programas sociales. En Estados Unidos, esta recaudación pasó de US\$66,2 a US\$99,6 billones entre 2017 y 2021, reflejando un incremento cercano al 50% (PwC, 2023).

En materia de impactos sociales, los resultados más evidentes están asociados al aspecto formativo. Se indica que, ante la creciente demanda de personal y la falta de calificación adecuada, las empresas del rubro han invertido miles de millones de dólares en programas de educación STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas), incluyendo certificaciones en programación, computación en la nube y fibra óptica, tanto para la reconversión de personal como para la formación de nuevos profesionales. Estas iniciativas tienen un foco especial en grupos que califican como marginados: mujeres y niñas, minorías étnicas y raciales, estudiantes de comunidades rurales y adultos mayores. Es importante destacar que estos grupos no son homogéneos ni están en la misma etapa dentro de un pipeline de desarrollo de capital humano. Mientras que las mujeres representan la mitad de la población y forman parte de la fuerza laboral

activa, niños, niñas y estudiantes están en una etapa formativa inicial, y los adultos mayores en una fase posterior.

Además, se ha mejorado la conectividad en zonas rurales sin cobertura previa, promoviendo inversiones en infraestructura digital, como rutas de fibra óptica y conexiones de alta calidad para escuelas vulnerables. Finalmente, se destaca el apoyo al crecimiento de empresas de menor tamaño mediante campañas de servicios gratuitos de soporte y asistencia técnica. (PwC, 2023).

Un ejemplo para destacar en Chile es el de la empresa de origen ucraniano SoftServe, especializada en desarrollo de softwares quienes, con apoyo de Corfo, se establecieron en la región del Ñuble con un programa de aceleración de talentos dirigido a 150 jóvenes (Invest Chile, 2024).

## **12.Hubs industriales a nivel internacional: Casos de éxito y buenas prácticas**

Como parte del desarrollo de esta investigación, se realizaron revisiones internacionales para identificar casos de éxito y buenas prácticas relacionadas con el emplazamiento de hubs industriales y el desarrollo productivo en general. Cada experiencia fue analizada considerando su capacidad de adaptación a distintos contextos culturales, económicos, ambientales y sociales. El objetivo de este análisis no es replicar directamente políticas o incentivos aplicados en otros países, sino identificar elementos estratégicos recurrentes y documentar las medidas implementadas para su ejecución. De esta manera, se busca aportar insumos que permitan evaluar enfoques aplicables a la realidad chilena con criterios de sostenibilidad.

### **12.1. El caso de Nueva Zelanda**

Nueva Zelanda, con una superficie total de 268.021 km<sup>2</sup> y una población aproximada de 5.1 millones de habitantes (Banco Mundial, 2024), se sitúa en el Pacífico Sur, al este de Australia. A pesar de ser un país pequeño y distante de los principales mercados globales, Nueva Zelanda logró realizar una transformación productiva que hoy le permite ser un país desarrollado y un referente en sostenibilidad, competitividad e innovación económica. Hasta mediados del siglo XX, Nueva Zelanda era una economía altamente dependiente de la exportación de productos primarios, especialmente lácteos, carne y lana, con el Reino Unido como su principal mercado. Este modelo funcionó durante décadas, pero comenzó a colapsar en los años 70 tras la entrada del Reino Unido en la Comunidad Económica Europea, lo que redujo drásticamente las exportaciones neozelandesas (OECD, 2024). Además, los shocks petroleros de esa década exacerbaron la crisis, dejando al país con bajo crecimiento, altos niveles de endeudamiento y una economía

sobreprotegida lo cual se evidenciaba en generosos subsidios, un sector público sobredimensionado y barreras arancelarias que le restaban competitividad (Evans, Grimes & Wilkinson, 1996).

Ante esta situación de crisis, en 1984 Nueva Zelanda implementó un paquete de reformas económicas que transformó su estructura productiva y sentó las bases de la actualidad. Esto consideró la eliminación de subsidios y aranceles, la desregulación de sectores, la privatización de empresas públicas y un sistema fiscal más acotado, pero más eficiente (Evans, Grimes & Wilkinson, 1996). Adicionalmente, el país oceánico, en su condición de ser una economía pequeña y aislada, comprendió que necesitaba enfocarse en sectores donde pudiera sobresalir globalmente. Con esa visión, se fortalecieron las redes portuarias y logísticas, lo que permitió superar las barreras de su aislamiento geográfico, y se promovió la innovación tecnológica, especialmente en sectores estratégicos como la agricultura avanzada, las energías renovables y la biotecnología. En este sentido, el logro de acuerdos transversales entre el sector público, privado y la academia fueron determinantes en brindar una orientación consistente y de largo plazo, esto a su vez facilitó la definición sobre el tipo de empresas y de inversión extranjera que era deseable ser atraída (Productivity Commission, 2020)

Por otra parte, en las últimas décadas, Nueva Zelanda ha efectuado esfuerzos decididos en reforzar la eficiencia del sector público, esto introduciendo disciplinas habituales del sector privado en las instituciones y agencias gubernamentales, e incluso externalizando o privatizando aquellas disciplinas que puedan ser mejor empleadas por los privados. Por ejemplo, se han establecido acuerdos, con total transparencia en los reportes financieros (*accountability*), para implementar gerentes públicos, altamente capacitados, que cuentan con una toma de decisión descentralizada lo cual ha reducido la burocracia e ineficiencia y ha promovido la participación de profesionales especializados/as donde se les permite tomar riesgos e incentiva el proceso creativo (The New Zealand Institute, 2007).

Hoy en día más del 80% de su electricidad proviene de fuentes renovables, como la hidroeléctrica, la geotérmica y la eólica, y ha logrado diferenciarse en mercados internacionales con productos premium, como alimentos orgánicos y vinos de alta gama, además de sectores de sofisticación tecnológica como la biotecnología y la manufactura avanzada (Banco Mundial, 2024). Al mismo tiempo, la inversión en capital humano, con un enfoque en la educación técnica y la capacitación especializada, aseguró que la transición económica beneficiara a una amplia base de la población lo cual le permite contar con un respaldo para perseverar en un modelo que demuestra ser el que mejor satisface a sus ciudadanos (OECD, 2024).

## 12.2. El caso de Singapur

Con una superficie de solo 728 km<sup>2</sup> y una población aproximada de 5.9 millones de habitantes, este Estado insular ubicado en el sudeste asiático ha convertido su posición geográfica en una ventaja competitiva. Situado en el extremo sur de la península de Malaca, una de las rutas comerciales más relevantes a nivel mundial que conecta Asia, Europa y Medio Oriente, Singapur ha sabido explotar su ubicación estratégica para atraer inversión extranjera, fomentar la innovación y construir una economía robusta y diversificada. Al lograr su independencia en 1965, Singapur enfrentaba una serie de desafíos: alta dependencia de la actividad portuaria, una economía orientada al comercio básico y una sociedad con niveles elevados de pobreza y desempleo. Su falta de recursos naturales y territorio acotado parecían impedimentos para su desarrollo económico. Además, dependía casi exclusivamente de la exportación de productos básicos y servicios portuarios, con bajas perspectivas de diversificación. Sin embargo, ante un contexto adverso, logró adoptar una estrategia diferenciadora que le significó posicionarse como una de las economías más prósperas, diversificada y sofisticada de la actualidad. De esta manera se establecieron políticas a largo plazo que priorizaron el fortalecimiento institucional, la atracción de inversión extranjera y la construcción de un sistema educativo enfocado en la capacitación técnica y profesional (MTI, 2024)

Entre las acciones emprendidas por el país asiático estuvo el diseño, en 1961, del *Economic Development Board* (EDB), la hoja de ruta que definía el enfoque productivo del país, esto poco antes de su independencia de la Federación de Malasia en 1965. Esta determinación facilitó el direccionamiento para la atracción de inversión extranjera directa considerando aquellos sectores estratégicos para el crecimiento económico (BCN, 2024). Como parte del plan industrial, en 1964 se crea la Autoridad Portuaria de Singapur con el fin de gestionar y expandir la infraestructura portuaria del país lo cual representó una decisión que tuvo impactos sustanciales en su economía siendo hoy en día uno de los más grandes y eficientes del mundo logrando gestionar más de 37 millones de TEUs anuales (PSA, 2024). En los años 70, Singapur apostó también por un modelo de industrialización basado en sectores intensivos en mano de obra y manufactura como la industria textil y electrónica. Con el tiempo, este enfoque evolucionó hacia industrias de alta tecnología y valor agregado, como la biotecnología, las ciencias biomédicas y las tecnologías de la información (Banco Mundial, 2023). En décadas más recientes el país, a través de iniciativas como “*Smart Nation*”, ha buscado invertir en sectores estratégicos con alto grado de sofisticación y desarrollo tecnológico como la industria digital, siempre resguardando la participación transversal de los actores públicos, privados y la sociedad civil (Smart Nation Singapore, 2024).

Finalmente, los principios que impulsaron el desarrollo de Singapur hasta la posición que tiene actualmente fueron el establecimiento de objetivos, el fortalecimiento en cuanto a autonomía y capacidad de las instituciones y agencias ejecutoras de políticas y proyectos, la adherencia a una política de desarrollo consistente en el tiempo, el orden en la toma de decisiones lo cual funciona de forma centralizada considerando que es un país pequeño, promoción de intercambios e integración de mejores prácticas internacionales y la evaluación y ajuste permanente basado en el cumplimiento de indicadores (Naciones Unidas, 2010).

### **12.3. El caso de Irlanda**

Irlanda, una isla ubicada en el noroeste de Europa con una población aproximada de 5.1 millones de habitantes (CSO, 2023), ha pasado por una transformación económica en las últimas décadas. Este proceso la llevó de ser una economía rural con uno de los ingresos per cápita más bajo de Europa, a consolidarse como un referente internacional en sectores de alta tecnología, servicios y manufactura avanzada. El desarrollo económico irlandés se ha centrado principalmente en la atracción de inversiones extranjeras, sistemas impositivos atractivos para las multinacionales, la adhesión a la Comunidad Económica Europea (CEE), formación especializada de capital humano, especialmente en áreas de ciencia, tecnología e ingeniería, y diversificación productiva (Horák, 2024).

Hasta mediados del siglo XX, Irlanda enfrentaba importantes desafíos estructurales. Su economía estaba dominada por la agricultura de bajo valor agregado, con una fuerte dependencia del Reino Unido para las exportaciones. La pobreza, las altas tasas de emigración y la falta de diversificación productiva limitaban su crecimiento. Además, eventos históricos como la Gran Hambruna de 1845-1849 y décadas de inestabilidad política influyeron de manera notable en su estructura económica y social. La independencia en 1922 no significó un cambio inmediato, ya que el país optó por políticas proteccionistas que acentuaron su aislamiento económico. Para fines de la década de 1950, Irlanda figuraba entre las economías más débiles de Europa, con un crecimiento lento y limitado acceso a mercados globales (Horák, 2024).

En la década de 1960, Irlanda adoptó un modelo de apertura económica que marcó el inicio de su transformación. Este proceso incluyó la implementación de políticas para atraer inversión extranjera directa (IED) sumado a una tasa impositiva corporativa baja, la modernización del sistema educativo y la mejora de la infraestructura apalancada en fondos basales de agencias internacionales. Para esto fue determinante la adhesión a la CEE en 1973 lo cual permitió a Irlanda acceder a mercados europeos más amplios y recibir fondos estructurales (Vidal, 2019). Adicionalmente Irlanda amplió la cobertura de su sistema educativo y promovió la especialización orientándola hacia la ciencia, la tecnología y la ingeniería, lo que permitió formar una fuerza laboral calificada generando un entorno favorable tanto en términos fiscales como de recursos humanos (García, 2021).



En las décadas de 1990 y 2000, Irlanda experimentó un crecimiento económico acelerado, conocido como el “Tigre Celta”. Este período estuvo impulsado principalmente por sectores de alto valor agregado como la tecnología, la farmacéutica y los servicios financieros. Empresas globales como Intel, Google, Pfizer y Johnson & Johnson establecieron operaciones en el país, aprovechando la baja tasa impositiva corporativa del 12,5 % y su acceso al mercado europeo. El país también desarrolló su industria exportadora, con bienes y servicios avanzados, en áreas como los productos farmacéuticos y servicios digitales que consolidaron su posición en la economía global (O'Clery, 2015).

Tras la crisis financiera global de 2008, que impactó severamente a Irlanda, la economía del país logró recuperarse con rapidez gracias a su capacidad de resiliencia. Mediante la implementación de ajustes fiscales y la continuidad de sus políticas orientadas al mercado, Irlanda superó el desafío económico y sentó las bases para un crecimiento sostenido (García, 2021).

Actualmente, Irlanda se encuentra entre las economías más avanzadas del mundo, con un PIB per cápita de más de US\$100 mil (Banco Mundial, 2024) y se indica que los resultados de superávit de años recientes les permiten avanzar a contracorriente de la media europea al disponer de un abundante presupuesto fiscal que analiza cómo invertir (The Economist, 2024).

No obstante, aun cuando se logran apreciar resultados destacados producto de la atracción de inversiones y políticas arancelarias que han favorecido el asentamiento de multinacionales, se identifican brechas respecto de efectos más robustos en cuanto a la transferencia de beneficios al tejido productivo nacional (spillovers) con el cual no se ha logrado afianzar cadenas productivas que impulsen el crecimiento de las empresas locales. La mayoría de los exportadores extranjeros de alto valor de Irlanda, que llegaron al país gracias a una campaña muy exitosa para atraer inversiones, se encuentran en regiones periféricas del espacio de productos, lejos del clúster nacional. Esto sugiere que los conocimientos y las habilidades no son fácilmente transferibles a la fuerza laboral local, y se observa que la evidencia de efectos indirectos en términos de creación de nuevas industrias de propiedad nacional estrechamente relacionadas es limitada, solo apreciable en menor medida en servicios relacionados como desarrollo de software y mantenimiento de equipos computacionales. En general, en un análisis sobre complejidad económica se sugiere que el nivel de complejidad de Irlanda es inferior al que se esperaría de un país de riqueza comparable. Sin embargo, si bien este nivel de complejidad de crecimiento moderado ha sido impulsado por una alta especialización y una reciente consolidación en algunos sectores altamente sofisticados impulsados por la inversión extranjera, la evidencia es más prometedora en el sentido de que un aumento de la complejidad "doméstica" puede ser impulsado por la expansión hacia productos e industrias cercanas al clúster de alimentos y agricultura existente y no, necesariamente, desde las multinacionales que han sido atraídas al territorio, lo que genera riesgos y vulnerabilidad ante eventuales cambios fiscales (O'Clery, 2015).

Una comparación con economías como Singapur y Corea del Sur (Tabla 27), dos países que se destacan en el Atlas sobre Índice de Complejidad Económica (ECI) (Harvard, 2024), pone de relieve que, aunque la atracción de inversión extranjera puede impulsar el crecimiento económico medido en términos de PIB, no necesariamente se traduce en un aumento proporcional en la complejidad y en la capacidad innovadora de la economía local.

Tabla 27. Comparativo entre Irlanda, Singapur y Corea del Sur sobre complejidad económica y PIB per cápita

País e indicador / Año	1995	2000	2010	2022
Irlanda (Ranking ECI)	17	10	18	15
Irlanda (PIB Per Cápita USD)	19.158	26.334	48.679	103.290
Singapur (Ranking ECI)	19	12	4	4
Singapur (PIB Per Cápita USD)	24.914	23.852	47.236	88.428
Corea del Sur (Ranking ECI)	22	20	9	2
Corea del Sur (PIB Per Cápita USD)	12.564	12.257	23.079	32.394

Elaboración propia con datos de ECI Harvard y Banco Mundial, 2024.

#### 12.4. El caso de Islandia

Islandia, un país insular, con una superficie de 103.592 km<sup>2</sup>, está ubicado en el Atlántico Norte, al límite del círculo polar ártico. Es la segunda isla más grande de Europa después de Reino Unido. Su vecino más cercano es Groenlandia a unos 286 km de distancia. La temperatura promedio en Reikiavik, su capital, es de 0,4 °C en invierno y de 12,5 °C en verano (Visit Iceland, 2024). Actualmente cuenta con una población de aproximadamente 387.758 habitantes (Statistics Iceland, 2024).

Hasta mediados del siglo XX, la economía islandesa estaba basada principalmente en la pesca, que representaba más del 70 % de las exportaciones. Esto hacía al país dependiente de los mercados internacionales y vulnerable a fluctuaciones en los recursos naturales. La agricultura de subsistencia y la limitada infraestructura complementaban una economía que carecía de diversificación y opciones para generar valor agregado. La industrialización comenzó con la electrificación rural y el desarrollo de infraestructuras básicas en las décadas de 1950 y 1960, sustentada en la exportación de productos primarios. Los ingresos derivados de la pesca, especialmente el bacalao, permitieron financiar proyectos de infraestructura, como la construcción de carreteras y puertos (Porter, 2009). De esta manera, Islandia fortaleció la actividad pesquera modernizando embarcaciones, incorporando plantas de procesos automatizadas y estableciendo cuotas de pesca que permitieron asegurar la sostenibilidad de largo plazo de uno de los recursos más relevantes en la historia del país (Arnason, 2008).

En la década de los 90, Islandia redujo su tasa de impuesto corporativo del 50% a, aproximadamente, el 18 % (actualmente es de un 20%), una de las más bajas de Europa en ese momento. Esta medida buscaba atraer empresas multinacionales, especialmente en sectores intensivos en capital, como la

producción de aluminio y energías renovables. Adicionalmente se introdujeron exenciones fiscales y beneficios dirigidos a empresas que invirtieran en sectores estratégicos, como la manufactura y la tecnología, así como a proyectos que utilizaran energía renovable. De esta manera Islandia comenzó a utilizar sus recursos naturales con un enfoque en la energía geotérmica e hidroeléctrica. La disponibilidad de electricidad barata y limpia permitió la instalación de industrias intensivas en energía, particularmente la producción de aluminio, que actualmente representa más del 20% de las exportaciones del país (McKinsey & Company, 2012).

Poco a poco comenzaron a emerger nuevos sectores que lograron diversificar la matriz productiva y disminuir la dependencia de la pesca. El turismo, por ejemplo, se ha erigido como uno de los sectores relevantes de la economía pasando de 500 mil visitantes en 2010 a más de 2.2 millones anuales en 2023 (Icelandic Tourist Board, 2023). También se ha logrado atraer empresas especializadas en biotecnología y tecnología médica, además de lograr la exportación de conocimientos en energía, en particular la geotérmica (McKinsey & Company, 2012), lo que ha impulsado el desarrollo de la economía más allá de los productos físicos, algo muy relevante para economías pequeñas y remotas que no están conectadas a las cadenas globales de producción (CEPAL, 2009).

Islandia es ahora una de las economías más desarrolladas y sostenibles del mundo donde el 100% de su energía proviene de fuentes renovables, su actividad productiva se basa en sectores diversificados y dispone de un capital humano altamente calificado (Landsvirkjun, 2016). A esto se debe añadir la apuesta que el país ha realizado en el sector de servicios globales donde se ubica entre los países de menor riesgo para la instalación de data centers al contar en la actualidad con conexión a cuatro cables de fibra óptica y que totalizan una capacidad de 194,6 Terabits (Farice, 2024). Adicionalmente, Islandia destaca por encabezar el ranking *Global Gender Gap Report* gracias a la combinación de su marco legislativo, políticas públicas y su cultura social. El país ha implementado medidas pioneras, como la certificación obligatoria de igualdad salarial y políticas de licencia parental que promueven un reparto equitativo de las responsabilidades familiares, las cuales han contribuido de manera determinante a cerrar brechas de género en ámbitos laborales y políticos (World Economic Forum, 2023).

Con todo esto Islandia ha logrado alcanzar en la actualidad un PIB per cápita superior a US\$79 mil (Banco Mundial, 2023).

## **12.5. Rankings de países analizados en el contexto internacional**

Finalmente, con el objetivo de comparar los países analizados en esta sección y evaluar el desempeño de Chile en el contexto internacional, se revisaron rankings globales que ofrecen una visión multidimensional de las condiciones de cada nación, reflejando su nivel de competitividad en la facilidad para el desarrollo de negocios, la innovación, el desarrollo humano y la equidad, entre otros aspectos relevantes.

El *Ease of Doing Business*, índice publicado por el Banco Mundial, evaluaba la facilidad para hacer negocios en 190 países considerando regulaciones, apertura a los mercados, tasas impositivas, entre otros. El ranking observado corresponde a su última publicación (Banco Mundial, 2020). El *Global Competitiveness Index* es elaborado por el Foro Económico Mundial y mide, entre 141 países, aspectos como infraestructura, innovación, mercado laboral, entre otras. Las posiciones reflejan su último reporte (WEC, 2019). El *Global Innovation Index* es publicado por la Universidad de Cornell, INSEAD y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) y mide la capacidad de innovación de 132 países para lo cual se cuenta con su último reporte (WIPO, 2024). El *World Competitiveness Ranking* es realizado por el Instituto Internacional para el Desarrollo Gerencial (IMD) el cual evalúa el grado de competitividad que presentan las economías. Su último informe corresponde al año 2024 donde se analizaron 64 países (IMD, 2024). El *Global Gender Gap Report* es elaborado por el Foro Económico Mundial y tiene como propósito medir brechas de equidad de género considerando ingresos, participación laboral, roles de liderazgo, acceso a la educación, entre otros. Las posiciones corresponden a su último reporte donde se evaluaron 146 países (WEC, 2023). El *World Happiness Report* es desarrollado por la Organización de Naciones Unidas y evalúa la felicidad en 156 países basándose en encuestas y factores como el PIB per cápita, apoyo social, esperanza de vida, libertad para tomar decisiones, ausencia de corrupción, entre otros. El ranking corresponde a su último reporte (University of Oxford, 2024). El PIB per cápita corresponde a datos provistos por el Banco Mundial, representan lo acontecido el año 2023 y se encuentra expresado en dólares estadounidenses (Banco Mundial, 2023). El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es evaluado por Naciones Unidas y mide, entre 191 países, elementos como la esperanza de vida, niveles educacionales, ingresos per cápita, entre otros. Las posiciones corresponden al a su último reporte (UNDP, 2023). Finalmente, el coeficiente de Gini es el indicador con que se mide la desigualdad en la distribución de los ingresos en una economía, donde 0 representa perfecta igualdad y 100 máxima desigualdad. Los valores corresponden a los datos más recientes disponibles para cada país, los que se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Comparativo de rankings e indicadores globales entre países analizados

Índice / País	Nueva Zelanda	Singapur	Irlanda	Islandia	Chile
Ease of Doing Business (2020)	1	2	24	26	59
Global Competitiveness Index (2019)	19	1	24	26	33
Global Innovation Index (2024)	25	4	19	22	51
IMD World Competitiveness R. (2024)	32	1	4	17	44
Global Gender Gap Report (2023)	4	49	11	1	27
World Happiness Report (2024)	11	30	17	3	38
PIB per cápita (USD) (2023)	48.281	84.734	103.888	79.637	17.068
Índice Desarrollo Humano (IDH) (2021)	0,939 (16°)	0,949 (9°)	0,950 (7°)	0,959 (3°)	0,860 (44°)
Coeficiente de Gini (2017-18)	33,9	45,9	31,4	26,1	44,9

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, Foro Económico Mundial, Universidad de Cornell, INSEAD, OMPI, IMD, ONU y FMI, 2024.

### **13. Desafíos y oportunidades para la implementación de los hubs industriales adyacentes al H2V en Magallanes**

La región de Magallanes y de la Antártica Chilena, actualmente responsable del 0,8% del PIB nacional y hogar del 0,9% de la población del país, enfrenta signos de estancamiento económico, reflejados en una falta de crecimiento y dinamismo de su producto interno bruto en más de una década. En este contexto, la industria del H2V y sus derivados emerge como una oportunidad para transformar el panorama económico del territorio, debido al volumen de inversión proyectado, como también por su capacidad de atraer nuevos sectores productivos que diversifiquen la economía regional.

Este nuevo sector posiciona a Magallanes como un candidato natural para el establecimiento de hubs industriales estratégicos. La disponibilidad de energía renovable abundante y económica convierte a la región en una de las más competitivas para estas actividades, tanto a nivel nacional como internacional. No obstante, para que estas oportunidades se materialicen, es esencial garantizar condiciones habilitantes. Infraestructura crítica, como un sistema portuario de nivel internacional y redundancia en la conectividad de fibra óptica, son elementos basales cuya ausencia impide la proyección y el desarrollo de las actividades analizadas en esta investigación.

La capacidad portuaria debe permitir la recalada de buques de gran envergadura en simultáneo, tanto aquellos necesarios para la importación de equipos, partes y piezas y la exportación de productos de la industria del H2V, como para aquellos que buscan alternativas ante las dificultades que encuentran en pasos internacionales como el Canal de Panamá, y también para la creciente demanda turística que busca explorar las rutas antárticas. Para todo aquello resulta evidente la necesidad de mejorar y fortalecer lo existente, pero también de crear nuevas alternativas que otorguen diversificación, agilidad y resiliencia de servicios portuarios a la región.

En cuanto a la conectividad digital, la región requiere al menos un segundo y tercer acceso a cables de fibra óptica para garantizar estabilidad y minimizar riesgos ante eventuales cortes de la red. Contando con esto como base y disponiendo de energía renovable abundante y barata, la zona podría ofrecer condiciones altamente competitivas para el establecimiento de esta infraestructura digital, esto promovería la descentralización de este sector, atrayendo empresas especializadas a la zona las cuales generan un círculo virtuoso en la generación de capacidades. En este sentido, parece correcto señalar que las oportunidades vinculadas al transporte marítimo y a los data centers no necesariamente resultarían como consecuencia de la industria del H2V, sino que también pueden ser catalizadores que se apalanquen

de forma conjunta reduciendo riesgos mutuos y gatillando una demanda interna que facilite la puesta en marcha de la industria. Esto deja de manifiesto la necesidad de adoptar una visión integral y de largo plazo, que articule de manera efectiva los intereses del sector público, privado y las comunidades locales avanzando en la construcción de un proyecto común.

Adicionalmente, un marco regulatorio moderno y eficiente, además de impuestos corporativos más competitivos, resulta prioritario para acelerar la llegada de inversiones (OECD, 2025). Si bien se han planteado avances en la simplificación de trámites y reducción de tiempos en la evaluación ambiental y permisos sectoriales, el esfuerzo debiese abordar desafíos relacionados con la forma a través de la cual se produce la multiplicidad de exigencias normativas, publicación de nuevas guías de efecto inmediato y la judicialización de proyectos que ya han cumplido con las exigencias planteadas por la autoridad ambiental. Es imperativo avanzar hacia un sistema ágil y minimalista el cual conserve el espíritu y el propósito para el cual fueron creadas las normas, considerando el cuidado del medioambiente y sus comunidades, pero reduciendo drásticamente costos y plazos, unificando criterios, evitando duplicidades y otorgando certeza jurídica a los inversionistas. Un sistema donde se fortalezca la fiscalización preventiva (on-line y en terreno) y se profundice en penalizaciones ejemplificadoras para las empresas y sus representantes en caso de incumplimientos. En este sentido, el programa de "regulación de base cero" implementado en el estado de Idaho, Estados Unidos (Manhattan Institute, 2024), presenta un modelo interesante para llevar a cabo reformas regulatorias efectivas. La lección principal de la experiencia de Idaho radica en que, para impulsar un cambio regulatorio a nivel estatal, quienes gobiernan deben reconocer que las agencias regulatorias generalmente carecen de incentivos internos para eliminar regulaciones obsoletas o innecesarias. Por lo tanto, es fundamental que establezcan un sistema que contrarreste esta inercia y permita obtener resultados concretos en la reducción de la carga regulatoria acumulada.

En línea con lo recientemente expuesto, contar con una adecuada estratificación del territorio que preserve las áreas protegidas e identifique con claridad qué zonas están disponibles para la actividad industrial, debiese otorgar agilidad y precisión a las evaluaciones respectivas. De esta manera, poder disponer de instrumentos actualizados para la planificación territorial como la zonificación del borde costero, el plan regulador intercomunal y los planes reguladores comunales, entre otros, sin duda avanzan en la dirección correcta.

Tomar perspectiva de la ubicación geográfica de Magallanes, alejada de las principales cadenas globales de producción, exige estrategias que mejoren su

competitividad. Experiencias internacionales muestran que regiones remotas, reducidas poblacionalmente y/o de clima hostil han logrado atraer grandes empresas mediante incentivos fiscales diseñados para estos fines. Magallanes cuenta con instrumentos tributarios propios, pero estos necesitan una actualización y alineación estratégica que considere los horizontes temporales de los proyectos de H2V cuya etapa productiva inicial coincidiría con el vencimiento de varias de estas políticas. Acelerar esfuerzos hacia la puesta en marcha de la zona franca de servicios y analizar desde ya las adecuaciones que tengan incentivos como la ley austral y navarino para, por ejemplo, unificar, ampliar su cobertura y extender su duración, son parte de las acciones que se debiesen implementar en el corto plazo con el fin de brindar una batería de incentivos claros y predecibles para los próximos 30 o 40 años.

Otro aspecto central a la hora de construir un ideario colectivo, compartido y dialogante sobre el futuro deseado para la región, facilitar el aterrizaje de la industria del H2V de manera adecuada a las características del territorio y promover el desarrollo de actividades productivas complementarias, es la gobernanza. Este debe ser el eje central para canalizar inquietudes, maximizar los beneficios para la comunidad local y garantizar que las decisiones reflejen una visión inclusiva, sostenible y con foco en equidad de género. En esta materia es importante destacar el trabajo desplegado por el programa Transforma Hidrógeno Verde, iniciativa conjunta entre Corfo y el Gobierno Regional de Magallanes y de la Antártica Chilena. A través de este programa, que ya cuenta con más de 4 años de ejecución, se ha logrado conectar a los actores públicos y privados, canalizar inquietudes y requerimientos de la comunidad, levantar antecedentes y estudios para la toma de decisiones basadas en datos siendo esta investigación un resultado de esto y también el próximo Centro Tecnológico de H2V, a cargo de Fundación Chile, ad portas de iniciar sus operaciones en la región. Adicionalmente, se han generado instancias abiertas y masivas para educar a la población a través de las ferias de hidrógeno, ejecutadas en alianza con las empresas productoras, se han gestionado coordinaciones sectoriales y así un sin número de acciones que sin duda representan una contribución notable al ecosistema regional. Este tipo de programas involucran un proceso de madurez y consolidación en el tiempo para lo cual se debe perseverar en su esfuerzo.

En relación con las empresas que desarrollan proyectos de H2V en el territorio, las experiencias internacionales analizadas muestran que, con los incentivos adecuados, es posible impulsar un desarrollo industrial que dinamice la economía. Sin embargo, los beneficios directos y el fortalecimiento de los tejidos productivos locales no siempre se materializan de forma clara, presentando dificultades para lograr integrarse plenamente en las cadenas de suministro. Desde

el sector público, se están implementando estudios para identificar brechas en los ámbitos de proveedores y capital humano, acompañadas de programas destinados a promover el desarrollo de competencias. No obstante, si esta oferta no está respaldada por una demanda activa y consistente, los resultados probablemente serán limitados. En este sentido, parece fundamental tomar la decisión estratégica de integrar las políticas de proveedores y contratación de capital humano, con foco en inclusión y equidad, en el *core business* de la organización, en lugar de abordarlas únicamente como iniciativas de relacionamiento comunitario o con una visión exclusivamente social. Estudios y prácticas empresariales han demostrado que las organizaciones que incorporan la diversidad y la equidad en su estrategia principal tienden a ser más innovadoras, atraen y retienen el talento, y mejoran su reputación ante stakeholders, lo que se traduce en ventajas competitivas y, por ende, en mayor rentabilidad (McKinsey & Company, 2023), (World Economic Forum, 2023). Por ello, adoptar esta perspectiva desde las etapas iniciales puede determinar el éxito y el impacto a largo plazo de las iniciativas implementadas.

Adicionalmente, avanzar en fortalecer las gobernanzas regionales evitando duplicidades de esfuerzos, especialmente en aquellas áreas de común acuerdo, proveer información certera y oportuna, propender al desarrollo de comunas rurales, facilitar la opinión informada de la población más allá de la zona de influencia y exigir, desde la demanda, que proveedores de gran tamaño, o gremios que congregan a estas empresas, cuenten a su vez con programas de sostenibilidad de tipo social, ambiental y productivo, son acciones que contribuirán a la aprobación transversal que impulse el desarrollo de la industria.

#### **14. Propuestas para el desarrollo productivo y la conformación de hubs industriales**

- a) Promover un pacto nacional y/o regional procrecimiento. La propuesta se plantea como un acuerdo amplio y consensuado entre gobiernos nacionales y/o regionales, el sector privado, la academia, y la sociedad civil, coordinando acciones en áreas como: i) Diversificación productiva sostenible (promoción para el desarrollo y la vinculación de múltiples sectores económicos); ii) Infraestructura habilitante (planificación territorial y priorización de una cartera de proyectos que habiliten actividades productivas y mejoren la conectividad y logística potenciando el desarrollo regional<sup>20</sup>); iii) Formación de capital humano e innovación (estrechando la vinculación academia-industria, dando prioridad al desarrollo de carreras STEAM, fortaleciendo la

---

<sup>20</sup> Un modelo para analizar es el que ha venido desarrollando el programa Transforma del Gobierno Regional y Corfo Magallanes en un trabajo conjunto con el Ministerio de Obras Públicas y la Asociación de Productores H2V Magallanes.



educación técnico profesional y promover la innovación y transferencia tecnológica con entidades especializadas); iv) Atracción de inversiones (otorgar certeza jurídica al inversionista, modernizar los sistemas de otorgamiento de permisos ambientales y sectoriales y fortalecer o ampliar el alcance de las leyes de incentivos tributarios generando un entorno atractivo para la inversión); v) Modernización del Estado y descentralización (propender a la integración de gerencias públicas no dependientes de los gobiernos de turno, modernizar metas de gestión y empleo público y avanzar en el traspaso de competencias a los gobiernos regionales fortaleciendo su autonomía y capacidad de acción). Todo esto teniendo como principios transversales la sostenibilidad, la inclusión y la equidad de género.

Lo que se plantea se puede considerar como una evolución del actual Pacto de Magallanes, capitalizando el trabajo realizado y ampliando su alcance a nuevas áreas estratégicas. Si bien comparte objetivos como el fortalecimiento del capital humano, la infraestructura y el desarrollo económico, este nuevo modelo busca integrar sectores productivos adicionales y visualizar el país y a sus respectivas regiones desde una mirada holística y de largo plazo.

En cuanto a estructura de funcionamiento, esta debiese mantener el liderazgo en los gobiernos regionales incorporando a los ministerios, gremios y un consejo asesor multisectorial que permita ampliar la gobernanza.

- b) Conformación de un consejo regional para el desarrollo productivo sostenible. A través del fortalecimiento de entidades existentes, como la División de Fomento e Industrias, la Corporación de Desarrollo de Magallanes o los Comités de Desarrollo Productivo Regionales, o bien mediante la creación de una nueva agencia, corporación o comisión (según lo que se acuerde), es posible asignar competencias con facultades amplias para articular y coordinar a todas las entidades y sectores relacionados con el desarrollo productivo sostenible en el territorio. Esta propuesta busca garantizar que los proyectos productivos (industriales, energéticos, sociales y ambientales, entre otros) se implementen de manera eficiente, integrada y alineada con los objetivos estratégicos nacionales y regionales, bajo un marco de transparencia y participación multisectorial. Entre sus funciones, el consejo podrá definir directrices vinculantes para la implementación de proyectos, asegurando que cumplan con criterios de sostenibilidad y equidad; contratar estudios especializados que permitan identificar oportunidades y desafíos en sectores estratégicos; proponer políticas o estrategias de desarrollo económico acotadas a sectores productivos específicos, adaptadas a las necesidades regionales; brindar recomendaciones a todas las instituciones participantes, fomentando la coordinación y evitando duplicidades, y velar por el cumplimiento de plazos

y objetivos de sostenibilidad, resolviendo discrepancias entre las entidades participantes y garantizando que los proyectos avancen de manera eficiente. Este modelo guarda ciertas similitudes con el Consejo Económico y Social de Irlanda, un órgano consultivo que reúne a representantes del gobierno, sindicatos, empleadores y organizaciones comunitarias para asesorar en políticas económicas y sociales. Al igual que el modelo irlandés, este consejo regional buscaría fomentar la colaboración multisectorial, la transparencia y la gobernanza inclusiva, adaptando estos principios al contexto local para impulsar un desarrollo productivo sostenible y alineado con las necesidades de la región.

- c) Agilizar la discusión y promulgación de la ley de rentas regionales. La descentralización fiscal podría fortalecer el desarrollo regional, permitiendo que los territorios cuenten con mayor autonomía en la toma de decisiones y en la administración de sus recursos. La experiencia internacional demuestra que la descentralización puede mejorar la eficiencia del sector público, fortalecer la democracia y contribuir a la estabilidad política (Fuguet, 2014). Además, se ha encontrado una correlación positiva entre mayores niveles de descentralización del gasto público y mayores niveles de ingresos nacionales (OCDE, 2020). En este contexto, una descentralización efectiva que aproveche el potencial competitivo de las regiones debería ser parte de los esfuerzos para elevar la productividad y el crecimiento del país (BID, 2022). En este marco, se propone agilizar la discusión y promulgación de la Ley de rentas regionales, como un paso esencial para profundizar en los procesos de descentralización y fortalecer la autonomía de los gobiernos regionales. Esta legislación permitiría que una parte relevante de los ingresos generados en los territorios permanezcan localmente, asegurando que estos recursos sean invertidos en prioridades definidas por los propios actores regionales, tales como infraestructura, seguridad, educación, salud, deporte y fomento productivo.

En el caso de Magallanes, esta iniciativa debe vincularse a la modernización de las leyes de excepción, como el régimen de zona franca, la Ley Austral, la Ley Navarino, la bonificación a la mano de obra y el DFL 15. Para ello, se propone analizar la extensión de la superficie beneficiada, unificar criterios de aplicación, añadir nuevos beneficios (como la zona franca de servicios) y extender la vigencia de estas normativas.

- d) Impulsar la creación del Servicio Regional de Energía: Actualmente, las decisiones energéticas en Chile se concentran a nivel central, lo que limita la capacidad de las regiones para aprovechar sus recursos y diseñar estrategias adaptadas a sus particularidades. Por su parte, los Gobiernos Regionales cuentan hoy con la facultad de crear servicios públicos regionalizados. Magallanes, con su potencial en H2V y otros recursos energéticos, enfrenta una oportunidad histórica que requiere coordinación permanente y autonomía para la toma de decisiones desde el territorio. Por ello, se propone la creación de un Servicio Regional de Energía que funcione

como una entidad ejecutiva con capacidad para coordinar proyectos, resolver problemas y actuar como ventanilla única para los actores involucrados.

Este servicio tendría un rol complementario a la Seremi de Energía, la cual mantendría sus funciones normativas y orientadoras. El Servicio Regional de Energía, en cambio, se enfocaría en la ejecución y coordinación de iniciativas energéticas, contando con dirección regional y un equipo técnico especializado.

- e) Reforma estructural del sistema de evaluación ambiental y permisos sectoriales. Se recomienda la conformación de un grupo de especialistas en derecho ambiental, regulación, gestión pública, planificación territorial y evaluación de impacto, con experiencia en procesos normativos y administrativos, para diseñar y ejecutar una reforma estructural del sistema de evaluación ambiental y de los permisos sectoriales, con el objetivo de simplificar, modernizar y optimizar su funcionamiento. Esta iniciativa busca evitar ajustes parciales que perpetúan la complejidad del sistema y generar un marco regulatorio más eficiente sin comprometer los estándares ambientales.

Como referencia se puede considerar la experiencia de Idaho (Estados Unidos), donde se implementó el modelo de "*Zero-Based Regulation*", que obliga a revisar y justificar periódicamente la existencia de cada regulación en lugar de asumir su permanencia indefinida, incorporar presupuestos y análisis de impacto regulatorio. Este método ha permitido eliminar regulaciones redundantes, integrar procesos fragmentados y reducir significativamente la carga administrativa sin afectar el cumplimiento de estándares ambientales.

- f) Elaboración de un plan de conectividad y desarrollo de infraestructura digital para Magallanes. Esta propuesta tiene como objetivo fortalecer la infraestructura digital en la región, garantizando una conectividad segura y redundante que potencie la competitividad y la atracción de inversiones tecnológicas. Este plan incluiría un estudio de prefactibilidad para evaluar la instalación de un segundo y tercer cable de fibra óptica, identificando rutas óptimas, costos y beneficios. Además, contemplaría la realización de una ingeniería de detalle que sustente técnica y económicamente el desarrollo del proyecto. Posteriormente, se promovería la implementación de infraestructura digital mediante alianzas público-privadas, asegurando conectividad confiable y fomentando la llegada de empresas tecnológicas a la región. Asimismo, se impulsaría la formación de capital humano en STEAM, con el fin de preparar talento local para la transformación digital y la diversificación productiva. Este plan podría ser financiado a través de fuentes como la banca multilateral, cooperación internacional e inversión privada, asegurando su viabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

- g) Estudio de levantamiento sobre necesidades de transmisión eléctrica. Esta propuesta busca identificar las brechas actuales y futuras en la infraestructura de transmisión eléctrica, considerando los requerimientos asociados al desarrollo de nuevas industrias, como el H2V y los data centers, además de las necesidades de comunas rurales y zonas remotas, enfocándose en evaluar la capacidad actual de la red, proyectar la demanda futura y proponer soluciones para fortalecer y expandir la infraestructura de transmisión, asegurando una distribución eficiente, estable y segura. Para ello, se realizará un diagnóstico detallado de las capacidades y limitaciones de la red de transmisión actual, considerando su capacidad para integrar fuentes de energía renovable y su sostenibilidad a largo plazo, identificando brechas críticas tanto en términos de capacidad como de cobertura, con especial atención a las necesidades de industrias estratégicas y zonas aisladas. Con base en este diagnóstico, el cual debe incluir instrumentos como la política energética regional, el plan estratégico energético regional, entre otros, se elaborarán propuestas concretas para priorizar inversiones, evaluar tecnologías innovadoras y diseñar mecanismos que permitan una expansión eficiente y sostenible de la red, asegurando que la infraestructura responda a las demandas actuales y futuras de manera eficiente y sostenible.
- h) Integración y optimización del desarrollo portuario en Magallanes. Diseñar un plan de manejo marítimo-portuario que permita identificar la vocación productiva de cada puerto, ya sea nuevo o existente, considerando su especialización en contenedores, graneles, pasajeros, pesca, investigación científica u otras actividades. Este enfoque facilitará la integración y operación coordinada de los puertos como un sistema, optimizando su uso y maximizando sinergias. Asimismo, permitirá determinar con mayor precisión qué ubicaciones ofrecen las condiciones óptimas para el desarrollo de infraestructura estratégica, como instalaciones de bunkering para combustibles limpios, incluyendo amoníaco, metanol, GLP u otros. Además, el plan impulsará una planificación eficiente de inversiones y el desarrollo de capacidades locales alineadas con las necesidades de los sectores emergentes. Para su implementación, se priorizará la colaboración público-privada, garantizando que el desarrollo portuario sea ambientalmente sostenible y económicamente viable, promoviendo así un crecimiento equilibrado y competitivo para la región. Este trabajo debiera considerar como referencia modelos internacionales exitosos, como los puertos de Róterdam, Amberes o Singapur, que han logrado integrar sus operaciones, diversificar su infraestructura y consolidarse como referentes en logística y combustibles sostenibles, adaptando estas mejores prácticas a la realidad de Magallanes.
- i) Ampliar y modernizar la infraestructura de transferencia de granel líquido en la región, considerando combustibles verdes, con el objetivo de fortalecer la capacidad existente y fomentar la participación de nuevos actores en el sector. Esto implicaría la expansión y/o modernización de las instalaciones

actuales, como las operadas por ENAP en Cabo Negro y Clarencia, así como el desarrollo de nuevos puntos estratégicos en zonas con potencial, considerando la aglomeración de proyectos, como San Gregorio y otros puntos en la isla de Tierra del Fuego. La implementación de esta infraestructura debe estar alineada con las soluciones portuarias anunciadas y podría, eventualmente, apoyarse en modelos de colaboración público-privada para facilitar el ingreso de nuevos competidores que aporten dinamismo y eficiencia al sistema. Para ello, se pueden considerar esquemas como concesiones, *joint ventures* o coinversión público-privada, tomando como referencia experiencias exitosas de puertos internacionales como Róterdam, Amberes y Singapur. En Magallanes, este avance contribuiría a diversificar la oferta de servicios, mejorar la competitividad y consolidar a la región como un nodo relevante en el abastecimiento de combustibles.

- j) Retomar y fortalecer Invest Magallanes. Es una unidad que podría operar bajo el alero del Gobierno Regional con el objetivo de posicionar a la región como un destino atractivo para la inversión, aprovechando sus ventajas comparativas y competitivas. Esta entidad deberá contar con un profundo conocimiento de las particularidades y características diferenciadoras de la región para diseñar estrategias efectivas de promoción de inversiones. En línea con el convenio firmado entre el Gobierno Regional de Magallanes e Invest Chile, que busca potenciar la inversión extranjera en la zona, Invest Magallanes puede desempeñar un rol relevante en la identificación de oportunidades de inversión, el levantamiento de condiciones habilitantes y la articulación de canales para maximizar el impacto económico en el territorio. Esta unidad debe consolidarse como un puente entre inversionistas, instituciones públicas y sectores productivos, asegurando que las oportunidades regionales sean visibilizadas a nivel nacional e internacional.
- k) Incentivar que las empresas tributen en el territorio donde operan, con especial prioridad en comunas rurales, con el objetivo de descentralizar recursos y fortalecer a los gobiernos locales. Esta medida permitiría que los beneficios económicos generados por las actividades productivas se reinviertan en las comunidades que las acogen, promoviendo el desarrollo territorial y reduciendo brechas económicas. Su implementación puede realizarse de inmediato, sin necesidad de esperar la actualización de normativas locales que fomenten esta práctica. Adicionalmente, parte de los impuestos recaudados por la industria podrían destinarse directamente al desarrollo de infraestructura, capacitación y encadenamientos productivos locales, asegurando un impacto positivo en el territorio. También se pueden fortalecer alianzas público-privadas que garanticen compromisos de contribución territorial a través del financiamiento de programas de empleo y mejora de servicios en las comunas beneficiadas.

En términos de implementación, algunas empresas referentes del sector del H2V ya están tributando en las comunas donde desplegarán sus proyectos, sentando un precedente para consolidar esta práctica. Como punto límite para su aplicación generalizada, se propone que, desde la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), las empresas concreten el proceso de tributación en la comuna de operación. En el contexto del desarrollo de hubs industriales adyacentes al H2V en Magallanes, esta estrategia permitiría capturar parte del valor económico generado por la nueva industria para fortalecer la infraestructura local, mejorar la calidad de vida de la población y fomentar la formación de una base productiva competitiva en la región.

- l) Acordar estándares mínimos de vinculación productiva. Si bien cada empresa tiene autonomía para definir sus estrategias y modelos de operación, es posible avanzar hacia un acuerdo voluntario que establezca estándares mínimos para la vinculación productiva. Este acuerdo, que dependería únicamente en la voluntad privada, permitiría generar impactos sistemáticos en el tejido empresarial local, asegurando una mayor integración de proveedores y fomentando la creación de valor compartido en la región. Dado que la población y la base empresarial de Magallanes son más reducidas en comparación con otras regiones del país, en lugar de establecer porcentajes de vinculación, se propone fijar compromisos cuantificables en términos de cantidad de empresas o emprendedores beneficiados. Los compromisos que se podrían adoptar, por ejemplo, son:
  - Política de proveedores: Contar con una estrategia definida para la integración de proveedores locales, estableciendo un número mínimo de empresas incorporadas a la cadena de valor anualmente.
  - Capacitación y desarrollo de proveedores: Cada empresa capacitará a un mínimo de proveedores al año en estándares de calidad, certificaciones y procesos de mejora.
  - Condiciones de pago justas: Agilizar pagos a microempresas dentro de un plazo máximo de días.
  - Fomento del emprendimiento y la innovación: Generar al menos un desafío de innovación anual o apoyar el desarrollo de startups vinculadas a la industria.
  - Compromisos sociales y medioambientales: Definir acciones concretas para mejorar las condiciones locales en los ámbitos social y ambiental.

Este acuerdo busca establecer una base mínima que todas las empresas puedan asegurar, sin limitar la posibilidad de que cada una desarrolle estrategias particulares más ambiciosas. Además, podría extenderse a los proveedores grandes y medianos, incentivándolos a replicar estos principios dentro de sus propias cadenas de suministro. De esta forma, se fomentaría

un ecosistema productivo dinámico y sostenible, en el que el desarrollo industrial se traduzca en oportunidades concretas para el crecimiento del tejido empresarial local.

Tabla 29. Cuadro resumen de las propuestas

NOMBRE	ETAPA	HITOS	PERIODO TEMPORAL	ACTORES INVOLUCRADOS
a) Promover un pacto nacional y/o regional procrecimiento	Diagnóstico y diseño	Acuerdo amplio entre gobierno, sector privado, academia y sociedad civil y firma del pacto	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno nacional, regional y comunal, sector privado, academia, gremios, sociedad civil, ministerios
	Implementación	Implementación de medidas acordadas por sector productivo con una hoja de ruta para los próximos 10 o 20 años	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Análisis de impacto de los acuerdos alcanzados y los resultados obtenidos	Largo plazo (5-10 años)	
b) Conformación de consejo regional para el desarrollo productivo sostenible	Diagnóstico y diseño	Fortalecimiento o creación de entidad con competencias amplias en desarrollo productivo sostenible	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno regional y comunal, sector privado, academia, gremios, sociedad civil, seremis, instituciones de fomento
	Implementación	Coordinación multisectorial para garantizar eficiencia en proyectos productivos	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Definición de directrices vinculantes para sostenibilidad y equidad.	Largo plazo (5-10 años)	
c) Agilizar la discusión y promulgación de la ley de rentas regionales	No aplica	Discusión y promulgación de la Ley	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno central, Congreso, gobiernos regionales
d) Impulsar la creación del Servicio Regional de Energía	Diagnóstico y diseño	Diseño de un organismo ejecutor para la gestión de proyectos energéticos regionales.	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno Regional, Seremi de Energía, Ministerio de Energía
	Implementación	Coordinación con Seremi de Energía y actores del sector energético.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Estrategia de autonomía para la toma de decisiones regionales.	Largo plazo (5-10 años)	
e) Reforma estructural del sistema de evaluación ambiental y permisos sectoriales	Diagnóstico y diseño	Acuerdo de una reforma estructural y conformación de un equipo de especialistas en regulación y evaluación ambiental.	Corto plazo (0-2 años)	Ministerio de Medio Ambiente, SEA, sector privado, expertos en regulación y derecho ambiental
	Implementación	Revisión, modernización y eliminación de regulaciones redundantes.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Implementación de un nuevo sistema de evaluación	Largo plazo (5-10 años)	
f) Plan de conectividad y desarrollo de infraestructura	Diagnóstico y diseño	Estudio de prefactibilidad para nuevas rutas de fibra óptica.	Corto plazo (0-2 años)	Min. de Transportes y Telecomunicaciones, Min de Ciencias, Gobierno regional,
	Implementación	Desarrollo de infraestructura digital con financiamiento mixto.	Mediano plazo (2-5 años)	

digital para Magallanes	Expansión y consolidación	Atracción de inversiones tecnológicas a la región.	Largo plazo (5-10 años)	sector privado, banca multilateral, academia
g) Estudio de levantamiento sobre necesidades de transmisión eléctrica	Diagnóstico y diseño	Evaluación de la capacidad actual y futura de la red de transmisión.	Corto plazo (0-2 años)	Ministerio de Energía, Coordinador Eléctrico Nacional, empresas del sector energético, Gobierno regional
	Implementación	Identificación de brechas críticas para sectores estratégicos.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Desarrollo de propuestas de inversión y expansión de la red.	Largo plazo (5-10 años)	
h) Integración y optimización del desarrollo portuario en Magallanes	Diagnóstico y diseño	Acuerdo integrado por el sector público y las empresas del sector	Corto plazo (0-2 años)	Ministerio de Transportes, empresas portuarias, sector privado, gobiernos regionales y locales
	Implementación	Identificación de la vocación productiva de cada puerto.	Mediano plazo (2-5 años)	
	Expansión y consolidación	Desarrollo de un modelo de operación integrada para puertos de la región.	Largo plazo (5-10 años)	
i) Ampliar y modernizar la infraestructura de transferencia de granel líquido	Diagnóstico y diseño	Identificación de oportunidades para fortalecer infraestructura existente	Corto plazo (0-2 años)	ENAP, Ministerio de Energía y Ministerio de Transportes, sector privado, gobiernos regionales y gobiernos locales
	Implementación	Determinación de necesidades de infraestructura en nuevos puntos estratégicos.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Evaluación de esquemas de concesión y colaboración público-privada.	Largo plazo (5-10 años)	
j) Retomar y fortalecer Invest Magallanes	Diagnóstico y diseño	Activación del convenio entre Gore e Invest Chile y conformación de equipos de trabajo	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno Regional, Invest Chile, sector privado, gremios empresariales
	Implementación	Identificación de oportunidades de inversión y condiciones habilitantes	Corto plazo (0-2 años)	
	Expansión y consolidación	Gestión de atracción de inversiones	Corto plazo (0-2 años)	
k) Tributación de las empresas en el territorio	Diagnóstico y diseño	Incentivar la tributación en comunas donde operan las empresas.	Corto plazo (0-2 años)	Gobierno central, gobiernos regionales, sector privado, gobiernos locales
	Implementación	Extender la práctica a toda la industria desde la aprobación del EIA.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Análisis de impacto directo e indirecto en desarrollo local y reducción de brechas económicas.	Largo plazo (5-10 años)	
l) Acordar estándares mínimos de vinculación productiva	Diagnóstico y diseño	Acuerdo voluntario de empresas y definición de estándares mínimos en proveedores, capacitación e innovación.	Corto plazo (0-2 años)	Empresas privadas, gremios empresariales, gobiernos regionales, gobiernos locales, academia
	Implementación	Extensión del modelo a proveedores grandes y medianos.	Mediano plazo (2-3 años)	
	Expansión y consolidación	Análisis de impacto directo e indirecto en desarrollo local y fortalecimiento del tejido productivo regional	Largo plazo (5-10 años)	



## 15.Referencias

- Acciona. (13 de agosto de 2024). [www.acciona.com](https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?_adin=11734293023). Obtenido de Business as unusual: [https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?\\_adin=11734293023](https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?_adin=11734293023)
- ACE. (27 de julio de 2023). Asociación de Cargadores de España. Obtenido de Las tecnologías disruptivas se abren paso en el negocio portuario: <https://www.ace-cargadores.com/2023/07/27/las-tecnologias-disruptivas-se-abren-paso-en-el-negocio-portuario-que-busca-su-eficiencia/>
- ACS Omega. (2022). Technical and Economic Analysis of Fuel Cells for ForkliftApplications. ACS Publications, 18267-18275.
- Agora Verkehrswende and PtX Hub. (2024). Defossilising aviation with e-SAF. Berlin: Agora Verkehrswende and PtX Hub.
- ALG. (01 de agosto de 2024). ALG. Obtenido de Bunkering in brief: What you need to know about this essential maritime practice: <https://www.alg-global.com/blog/maritime/bunkering-brief-what-you-need-know-about-essential-maritime-practice>
- Americas Quaterly. (23 de abril de 2024). Americas Quaterly. Obtenido de ¿Por qué Estados Unidos y China se agolpan sobre un puerto en el sur de Chile?: <https://www.americasquarterly.org/article/por-que-estados-unidos-y-china-se-agolpan-sobre-un-puerto-en-el-sur-de-chile/>
- ANAVE. (24 de marzo de 2023). Asociación de navieros españoles. Obtenido de El HSFO sigue suponiendo un 26% de las ventas mundiales de combustible: <https://anave.es/el-hsfo-sigue-suponiendo-un-26-de-las-ventas-mundiales-de-combustible/>
- Arnason. (2008). Iceland's ITQ system creates sustainable fisheries. Reikiavik: The Electronic Journal of Sustainable Development.
- Banco Mundial. (20 de diciembre de 2024). Data. Obtenido de Población Nueva Zelanda: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL?locations=NZ>
- Banco Mundial. (2020). Doing Business. Washington: Grupo Banco Mundial.
- Banco Mundial. (2023). Conectados: Tecnologías digitales para la inclusión y el crecimiento. Washington: Banco Mundial.
- Banco Mundial. (2023). The Evolution and State of Singapore's Start-up Ecosystem. Washington: Banco Mundial.
- Banco Mundial. (2024). Grupo Banco Mundial. Obtenido de Pib per cápita UMN: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CN?locations=XM>
- Banco Mundial. (31 de diciembre de 2023). Grupo Banco Mundial. Obtenido de PIB per cápita Iceland: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=IS>
- BBVA . (28 de octubre de 2024). BBVA Sostenibilidad: Consumo energético. Obtenido de Potencia eléctrica: ¿Qué es y cómo calcularla?: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-calcular-la-potencia-electrica/>
- BCN. (12 de diciembre de 2024). Biblioteca del Congreso Nacional . Obtenido de Clima y vegetación de Magallanes:

- <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region12/clima.htm#:~:text=En%20la%20zona%20transandina%20oriental,C%20durante%20todo%20el%20a%C3%B1o.>
- BCN. (12 de Diciembre de 2024). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de Región de Magallans y de la Antártica Chilena: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region12>
- BCN. (2024). Comercio exterior en Singapur: La apertura comercial y su visión de futuro. Santiago: Biblioteca Congreso Nacional de Chile.
- Belfi. (Marzo de 1988). Belfi. Obtenido de Instalaciones para Carga y Manejo de Carbón en Pecket : <https://empresaconstructorabelfi.cl/portafolio-obras/instalaciones-para-carga-y-manejo-de-carbon-en-pecket/>
- Bird&Bird. (12 de junio de 2024). Two Birds. Obtenido de Powering the future: renewable energy and hydrogen for data centres: <https://www.twobirds.com/en/insights/2024/global/powering-the-future-renewable-energy-and-hydrogen-for-data-centres#:~:text=The%20potential%20of%20hydrogen%20for,into%20electrical%20energy%20whenever%20needed.>
- Bloomberg NEF. (30 de junio de 2022). Bloomberg NEF. Obtenido de El costo de las nuevas energías renovables aumenta temporalmente a medida que la inflación comienza a afectar: <https://about.bnef.com/blog/cost-of-new-renewables-temporarily-rises-as-inflation-starts-to-bite/>
- Bnamericas. (2023). Bnamericas. Obtenido de Empresa Portuaria Valparaíso S.A. (Puerto Valparaíso): <https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/empresa-portuaria-valparaiso-sa>
- Caterpillar. (19 de enero de 2024). Corporate press. Obtenido de Caterpillar Demonstrates Viability Of Using Hydrogen Fuel Cell Technology For Backup Power At Microsoft Data Center: <https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/caterpillar-microsoft-collaboration.html>
- CChC. (2020). Energía limpia desde el fin del mundo. Punta Arenas: CChC.
- CEPAL. (2009). Las exportaciones de servicios de América Latina y su integración en las cadenas globales de valor . Santiago: CEPAL.
- CIAE. (19 de diciembre de 2024). Centro de investigación avanzada en educación Universidad de Chile. Obtenido de Sólo un 30% de las mujeres elige carreras STEM: ¿Dónde se origina la brecha y qué efectos tiene?: <https://ciae.uchile.cl/noticia/solo-un-30-de-las-mujeres-elige-carreras-stem-donde-se-origina-la-brecha-y-que-efectos-tiene>
- Clarkson PLC. (2023). Annual Report. Londres: Clarkson.
- CNE. (2018). Norma técnica de seguridad y calidad del servicio. Santiago: Comisión Nacional de Energía.
- Colorado Riverside University. (2023). Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. Colorado: Colorado Riverside University.
- Conicet. (2020). Competitividad de Ushuaia como puerta de entrada marítima del turismo antártico. Buenos Aires: Conicet.
- Corfo. (10 de julio de 2024). Transforma H2V Magallanes. Obtenido de [www.h2vmagallanes.com](http://www.h2vmagallanes.com)

- Corfo. (12 de Agosto de 2024). Corfo. Obtenido de Ley de I+D: [https://www.corfo.cl/sites/cpp/incentivo\\_tributario#:~:text=Con%20la%20Ley%201%2BD,del%20giro%20de%20la%20empresa](https://www.corfo.cl/sites/cpp/incentivo_tributario#:~:text=Con%20la%20Ley%201%2BD,del%20giro%20de%20la%20empresa).
- Corporación de Puertos del Cono Sur. (2023). Puertos del Cono Sur. Obtenido de Estudio sobre la industria de cruceros en Chile.: <https://www.puertosconosur.cl>
- CPI. (2024). Infraestructura para el desarrollo de las regiones. Santiago: Consejo de Políticas de Infraestructura.
- CSO. (30 de junio de 2023). Central Statistics Office. Obtenido de Census of Population: <https://www.citizensinformation.ie/en/government-in-ireland/how-government-works/government-records-and-statistics/census/#:~:text=access%20the%20information.-,Census%20results,that%20Ireland's%20population%20was%205%2C149%2C139>.
- CTR. (12 de diciembre de 2024). CTR. Obtenido de Proyecto Fibra Óptica Submarina Austral (FOA): <https://www.ctr.cl/proyecto-fibra-optica-submarina-foa/>
- Cushman & Wakefield. (2024). Global data center market comparison. New York: Cushman & Wakefield Data Center Advisory Group.
- Déficit Cero. (2022). Informe Territorial región de Magallanes. Santiago: Déficit Cero.
- Department of Energy, United States Government. (2021). Market research study: Hydrogen fuel cells in farm equipment. New York: DOE.
- Diario Financiero. (13 de junio de 2024). Diario Financiero. Obtenido de Los retos de la industria de los data centers para adaptarse al cambio climático en un contexto de auge tecnológico: <https://www.df.cl/sostenibilidad/los-retos-de-la-industria-de-data-centers-para-adaptarse-al-cambio#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Agencia%20Internacional%20de,del%20consumo%20de%20electricidad%20mundial>.
- Diario Financiero. (14 de Agosto de 2024). Diario Financiero. Obtenido de Ministerio de Defensa entregará cuatro concesiones marítimas por US\$24 mil millones en septiembre de este año: <https://www.df.cl/empresas/industria/ministerio-de-defensa-entregara-cuatro-concesiones-maritimaspor-us-24>
- Diario Financiero. (19 de octubre de 2024). Diario Financiero. Obtenido de El auge del Estrecho de Magallanes en el mapa del comercio mundial: <https://www.df.cl/senal-df/el-deal/el-auge-del-estrecho-de-magallanes-en-el-mapa-del-comercio-mundial>
- Diario Financiero. (24 de julio de 2024). Diario Financiero. Obtenido de HNH Energy ingresa proyecto de amoníaco verde por US\$11 mil millones, el más alto tramitado por el SEIA: <https://www.df.cl/empresas/energia/consorcio-hnh-energy-ingresa-a-evaluacion-ambiental-el-primer-proyecto>
- Diario Financiero. (26 de junio de 2024). Diario Financiero. Obtenido de Costo promedio de la electricidad en mineras chilenas supera en 19% al resto de los productores del mundo: <https://www.df.cl/empresas/mineria/mineras-en-chile-tienen-el-mayor-costo-electrico-del-mundo-19-mas-alto>
- Diario Financiero. (28 de Noviembre de 2023). Magallanes y su potencial en el despegue de la industria de hidrógeno verde. págs. 25-26.
- DNV. (2022). Energy Transition Outlook: Maritime Forecast to 2050. Baerum: DNV.

- DW. (25 de Octubre de 2023). Deutsche Welle. Obtenido de La disputa territorial en el Mar de la China Meridional: <https://www.dw.com/es/la-disputa-territorial-en-el-mar-de-la-china-meridional/a-67214690>
- Eastward energy. (11 de julio de 2019). Eastward Energy. Obtenido de ¿Qué es un GJ?: <https://eastwardenergy.com/what-is-a-gj/>
- Edelmag. (10 de Diciembre de 2024). Empresa Eléctrica de Magallanes. Obtenido de Tarifas de suministro: <https://www.edelmag.cl/informacion-comercial/tarifas-y-opciones-tarifarias/tarifas-de-suministros/>
- El Dínamo. (24 de Febrero de 2020). El Dínamo. Obtenido de 2019: el año en que las refinerías de Enap alcanzaron su récord en producción de combustibles : <https://www.eldinamo.cl/pais/2020/02/24/2019-el-ano-en-que-las-refinerias-de-enap-alcanzaron-su-record-en-produccion-de-combustibles/>
- Miller, S. A. (2022). Decarbonising cement and concrete production: Strategies, challenges and pathways for sustainable development. *Journal of Building Engineering*, 57, 104945. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104945>.
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2022). Sources of data center energy estimates: A comprehensive review. *Joule*, 6(9), 2032-2056. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.07.005>
- Dursun, E., & Güler, Ö. (2021). Meeting the electricity demand for the heating of greenhouses with hydrogen: Solar photovoltaic-hydrogen-heat pump system application in Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(3), 2510-2517. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.10.194>
- Miller, S. A., John, V., & Pacca, S. (2023). Decarbonising cement and concrete production: Strategies, challenges and pathways for sustainable development. *Journal of Building Engineering*, 65, 105167. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105167>
- Pagliero, L., McIntyre, N., Aitken, D., Bolz, P., Jamett, N., Pérez-Murillo, G., Rivero, F., Herrera-León, S., Ordens, C. M., Campos, L., García, G., & Cisternas, L. A. (2024). Sustainable integration of desalinated seawater into regional water supply networks using a participatory modelling framework. *Environmental Science and Policy*, 1-14.
- EMSA. (2023). European Maritime Safety Agency. Lisboa: EMSA.
- Enaex. (julio de 2010). Declaración de impacto ambiental operación planta de ANFO en dependencias de Enaex Río Loa. Obtenido de Biblioteca Centro de Información de Recursos Naturales: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/2cd034cc-5642-42f4-8097-150c99680af9/content>
- ENAP. (13 de abril de 2023). ENAP. Obtenido de El Terminal Laredo se transformaría en la primera instalación para el ingreso de equipamiento especializado, con una inversión cercana a US\$ 50 millones: <https://www.enap.cl/sala-de-prensa/enap-firma-acuerdo-con-privados-para-desarrollar-infraestructura-de-hidrogeno-verde-en-magallanes>
- ENAP. (2023). Reporte Integrado. Santiago: ENAP.
- EPAustral. (09 de noviembre de 2024). EPAustral. Obtenido de TOTAL ENERGIES H2 CHILE Y EPAUSTRAL FIRMAN ACUERDO VINCULADO A LA INDUSTRIA H2V

- EN MAGALLANES: <https://www.epaustral.cl/total-energies-h2-chile-y-epaustral-firman-acuerdo-vinculado-a-la-industria-h2v-en-magallanes/>
- EPAustral. (2022). Manual de tarifas y reglamento de servicios portuarios. Punta Arenas: EPA Austral.
- European Commission. (2020). Obtenido de Scientific Committees: [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/blanqueado-res-dentales/glosario/pqrs/peroxido-hidrogeno.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/blanqueado-res-dentales/glosario/pqrs/peroxido-hidrogeno.htm)
- Evans, Grimes & Wilkinson. (1996). Economic Reform in New Zealand 1984-95: The Pursuit of Efficiency. *Journal of Economic Literature*, 1856-1895.
- Farice. (18 de diciembre de 2024). The network for future needs. Obtenido de Connecting Iceland to the world: <https://farice.is/network/>
- García, N. (2021). El impacto de la adhesión a la Unión Europea en el desarrollo y crecimiento económico de Irlanda. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- GIZ . (2019). Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile. Santiago : GIZ.
- GIZ. (2022). Industria del Amoníaco: estado actual y oportunidades para la descarbonización. Santiago: GIZ.
- GIZ. (2023). Análisis de la disponibilidad de CO2 para la producción de derivados de H2 verde en Uruguay. Montevideo: GIZ.
- GIZ. (2023). Disponibilidad del recurso hídrico en el desarrollo del hidrógeno verde y sus derivados en Chile. Santiago: GIZ.
- GIZ. (2023). Estudio de encadenamientos productivos para el H2V en Magallanes. Santiago: GIZ.
- Gobierno de Chile. (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. Santiago: Gobierno de Chile.
- GPS. (2024). Data Centers: Reporte Global de Mercado. Santiago: GPS.
- Green Chemistry. (2022). Carbon neutral methanol from pulp mills towards full energy decarbonization: an inside perspective and critical review. *Green Chemistry*, 1-26.
- H2 News. (03 de diciembre de 2024). H2 News. Obtenido de Covacevich: “Puerto Armonía será un eslabón clave, pero el futuro de Tierra del Fuego está en la industria del hidrógeno verde”: <https://h2news.cl/2024/12/03/covacevich-puerto-armonia-sera-un-eslabon-clave-pero-el-futuro-de-tierra-del-fuego-esta-en-la-industria-del-hidrogeno-verde/>
- Harvard University. (2015). Una historia de dos clusters: la evolución de la complejidad económica de Irlanda desde 1995. Cambridge: Harvard University.
- Harvard. (24 de febrero de 2024). Atlas ECI. Obtenido de Growth Lab : <https://atlas.hks.harvard.edu/rankings>
- HAVC&R. (11 de octubre de 2018). HAVC&R. Obtenido de El data center y su enfriamiento: <https://www.mundohvacr.com/2018/10/el-data-center-y-su-enfriamiento/>
- Hitachi Energy. (28 de 02 de 2024). Hitachi Energy. Obtenido de Backup power for data centers of the future: the case for hydrogen fuel cells: <https://www.hitachienergy.com/news-and-events/blogs/2024/02/backup-power-for-data-centers-of-the-future-the-case-for-hydrogen-fuel-cells>
- Horák, B. (2024). Using Stones to Build Stairs – The Story of the Irish Economic Miracle. *Financial and Economic Review*, Vol. 23 Issue 1, 167-181.

- Huawei. (2024). Global Digitalization Index 2024. Shenzhen: Huawei.
- Iberdrola. (13 de agosto de 2024). iberdrola.com. Obtenido de iberdrola - sostenibilidad: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/hidrogeno-verde>
- Icelandic Tourist Board. (diciembre de 2023). Icelandic Tourist Board. Obtenido de Tourism in Iceland in Figures – December 2023: <https://www.ferdamalastofa.is/static/files/ferdamalastofa/talnaefni/ferdatjonusta-i-tolum/2023/des/december-2023.pdf>
- IEA. (11 de Julio de 2023). International Energy Agency. Obtenido de Transporte marítimo: <https://www.iea.org/energy-system/transport/international-shipping>
- IEA. (2023). Global Hydrogen Review . Amsterdam: International Energy Agency.
- IEA. (2023). International Energy Agency. Obtenido de District Heating: <https://www.iea.org/energy-system/buildings/district-heating>
- IEA. (2024). Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026. Paris: IEA.
- IFA. (18 de Agosto de 2024). International Fertilizer Association. Obtenido de Fertilizer Industry by Numbers: <https://www.fertilizer.org/about-ifa/our-industry/fertilizer-industry-by-numbers/>
- IMD. (30 de diciembre de 2024). World Competitiveness Center. Obtenido de World Competitiveness Ranking: [https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/rankings/wcr-rankings/#\\_tab\\_Rank](https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/rankings/wcr-rankings/#_tab_Rank)
- IMO. (2018). Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships. International Maritime Organization. Londres: IMO.
- IMO. (2021). Fourth IMO GHG study 2020. London: IMO.
- IMO. (30 de Diciembre de 2023). International Maritime Organization. Obtenido de Estrategia de la OMI para la reducción de las emisiones de GEI de los buques en 2023: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>
- INE. (10 de Julio de 2017). Instituto Nacional de Estadísticas. Obtenido de Resultados censo 2017: <http://resultados.censo2017.cl>
- INE. (2021). Censo agropecuario . Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas: <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario/resultados-finales/graficas-regionales#12>
- International Chamber of Shipping. (2024). Turning Hydrogen Demand Into Reality: Which Sectors Come First? Londres: International Chamber of Shipping.
- International Energy Agency. (2021). Global Hydrogen Review. International Energy Agency.
- International Energy Agency. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency.
- International Plant Nutrition Institute - IPNI . (2018). Fuentes de nutrientes específicos: amoníaco. Quito: IPNI.
- International Water Association IWA. (2017). Desalination for agriculture: water quality and plant chemistry, technologies and challenges. Water Supply, 1505-1517.

- Invest Chile. (02 de octubre de 2024). Blog Invest Chile. Obtenido de SoftServe gana financiamiento para proyecto en Ñuble: <https://blog.investchile.gob.cl/bloges/softserve-proyecto-nuble>
- Invest Chile. (2024). Servicios Globales e Industria Tecnológica en Chile. Santiago: Invest Chile.
- KTH. (2019). Techno-economic Study of Hydrogen as a Heavy-duty Truck Fuel A Case Study on the Transport Corridor Oslo – Trondheim. Estocolmo: KTH.
- La Prensa Austral. (08 de diciembre de 2024). La Prensa Austral. 17 años demorarían los trabajos de descarga de aerogeneradores con los dos puertos operativos que tiene hoy Magallanes.
- La Prensa Austral. (12 de Febrero de 2025). La Prensa Austral. Obtenido de Jornada histórica vivirá Ushuaia: por primera vez un mega crucero realizará recambio de 5 mil turistas, que arribarán en 26 aviones: <https://laprensaaustral.cl/2025/02/12/jornada-historica-vivira-ushuaia-por-primera-vez-un-mega-crucero-realizara-recambio-de-5-mil-turistas-que-arribaran-en-26-aviones/>
- Landsvirkjun. (2016). 18 reasons why. Reikiavik: Iceland Government .
- Liebreich Associates. (15 de agosto de 2021). Obtenido de The Clean Hydrogen Ladder: <https://www.liebreich.com/the-clean-hydrogen-ladder-now-updated-to-v4-1/>
- Liga Marítima de Chile. (03 de junio de 2024). Obtenido de El Estrecho de Magallanes es una joya en bruto: <https://www.ligamar.cl/el-estrecho-de-magallanes-es-una-joya-en-bruto>
- Mærsk Mc-Kinney Møller Center. (2024). Center for Zero Carbon Shipping. Copenhagen: Maersk.
- Manhattan Institute. (18 de julio de 2024). Manhattan Institute. Obtenido de Zero-Based Regulation A Step-by-Step Guide for States: <https://manhattan.institute/article/zero-based-regulation-a-step-by-step-guide-for-states>
- McKinsey & Company. (17 de enero de 2023). Technology, Media & Telecommunications. Obtenido de Investing in the rising data center economy: <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy>
- McKinsey & Company. (2012). Charting a Growth Path for Iceland. Nueva York: McKinsey.
- McKinsey & Company. (2023). Diversity matters even more. New York: Mckinsey & Company.
- MDPI. (2021). A Comparative Review of Alternative Fuels for the Maritime Sector: Economic, Technology, and Policy Challenges for Clean Energy Implementation. World, 1-26.
- MDPI. (2022). Review of Energy Challenges and Horizons of Hydrogen City Buses. Energies, 1-27.
- MDPI. (2023). Agricultural Greenhouses: Resource Management Technologies and Perspectives for Zero Greenhouse Gas Emissions. Agriculture, 1-46.
- MDPI. (2023). An Overview of Major Synthetic Fuels. Energies, 1-35.

- MDPI. (2023). Hydrogen Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges. Sustainability, 1-26.
- MDPI. (2024). A Review of Port Decarbonisation Options: Identified Opportunities for Deploying Hydrogen Technologies. Sustainability, 1-36.
- MDPI. (2024). A Review of the Role of Hydrogen in the Heat Decarbonization of Future Energy Systems: Insights and Perspectives. Energies, 1-29.
- MDPI. (2024). Comparative Technical and Economic Analyses of Hydrogen-Based Steel and Power Sectors. Energies, 1-30.
- MFFChemicals. (18 de junio de 2023). Hydrochloric Acid: A Powerful Solution for Multiple Industries. Obtenido de MFFChemicals: <https://mffchem.com/unlocking-the-potential-of-hydrochloric-acid-applications-safety-and-best-practices/>
- Minae - PNUD. (2021). Refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global. San José: Ministerio de Ambiente y Energía - Costa Rica.
- Ministerio de Ciencias. (2024). Plan Nacional de Data Centers 2024-2030. Santiago : Gobierno de Chile.
- Ministerio de Economía. (10 de julio de 2023). [economia.gob.cl](https://www.economia.gob.cl). Obtenido de Gobierno presenta Fondo por US\$ 1.000 millones para el desarrollo del Hidrógeno Verde en Chile: <https://www.economia.gob.cl/2023/06/19/gobierno-presenta-fondo-por-us-1-000-millones-para-el-desarrollo-del-hidrogeno-verde-en-chile.htm>
- Ministerio de Energía. (14 de 12 de 2023). Ministerio de Energía. Obtenido de Noticias : <https://energia.gob.cl/noticias/nacional/ministerio-de-energia-lanza-plan-de-desarrollo-logistico-para-el-impulso-de-la-industria-de-hidrogeno-verde-en-magallanes>
- Ministerio de Energía. (2017). Política energética de Magallanes. Santiago: Ministerio de Energía.
- Ministerio de Energía. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde . Santiago : Ministerio de Energía.
- Ministerio de Energía. (2021). Política Energética Nacional. Santiago: Ministerio de Energía.
- Ministerio de Energía. (2023). Documento de trabajo del Comité Estratégico para el Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2024). Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile. (2023). Minrel. Obtenido de <https://www.minrel.gob.cl>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2022). Fortalecimiento de la contribución determinada a nivel nacional . Santiago: Ministerio del Medio Ambiente.
- MTI. (2024). Economic survey of Singapore. Singapore: Ministry of Trade and Industry.
- Mundo Acuícola. (20 de octubre de 2024). Obtenido de Opinión: ¿Por qué es crucial medir la huella de carbono en la salmonicultura?: <https://www.mundoacuicola.cl/new/opinion-por-que-es-crucial-medir-la-huella-de-carbono-en-la-salmonicultura/>
- Mundo Marítimo . (09 de mayo de 2016). Mundo Marítimo . Obtenido de Copec Marine Fuels, estableciendo presencia y calidad de servicio en Chile:



<https://www.mundomaritimo.cl/noticias/copec-marine-fuels-estableciendo-presencia-y-calidad-de-servicio-en-chile>

- Mundo Marítimo. (05 de noviembre de 2021). Mundo Marítimo. Obtenido de Copec Marine Fuels concreta exitosa operación de bunkering ship to ship a crucero en Punta Arenas: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/copec-marine-fuels-concreta-exitosa-operacion-de-bunkering-ship-to-ship-a-crucero-en-punta-arenas>
- Mundo Marítimo. (11 de Junio de 2024). Mundo Marítimo. Obtenido de Se invertirán más de US\$41 millones en infraestructura y equipamiento portuario para Punta Arenas, el extremo sur de Chile: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/se-invertiran-mas-de-us41-millones-en-infraestructura-y-equipamiento-portuario-para-punta-arenas-el-extremo-sur-de-chile>
- Mundo Marítimo. (13 de noviembre de 2024). Obtenido de Canal de Panamá espera volver a los 36 tránsitos diarios en enero: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/canal-de-panama-espera-volver-a-los-36-transitos-diarios-en-enero>
- Mundo Marítimo. (20 de febrero de 2023). Mundo Marítimo . Obtenido de Copec Marine Fuels & Lubs brinda certeza en el abastecimiento de búnker a cruceros que arriban a Chile: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/copec-marine-fuels-lubs-brinda-certeza-en-el-abastecimiento-de-bunker-a-cruceros-que-arriban-a-chile>
- Mundo Marítimo. (21 de noviembre de 2024). Información Marítima de Latinoamérica. Obtenido de Sólo Maersk y CMA CGM optan por utilizar metanol y GNL: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/solo-maersk-y-cma-cgm-optan-por-utilizar-metanol-y-gnl>
- Naciones Unidas. (2010). The Singapore success story: public-private alliance for investment attraction, innovation and export development. Santiago: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (2024). Informe sobre la economía digital. New York: Naciones Unidas.
- National Renewable Energy Laboratory NREL. (2015). Hydrogen Fuel Cell Performance as Telecommunications Backup Power in the United States. New York: Department of Energy US.
- Norwegian Cruise Line. (22 de diciembre de 2024). Norwegian Cruise Line. Obtenido de <https://www.ncl.com/ar/es/Cruceros/Norwegian-Sun-dmeg/>
- O'Clery, N. (2015). Una historia de dos clusters: la evolución de la complejidad económica de Irlanda desde 1995. Cambridge: Harvard University.
- Observatorio de los servicios portuarios. (2020). ESTUDIO DE LAS NECESIDADES E IMPLICACIONES DE LA DETERMINACIÓN DEL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE A BUQUES COMO SERVICIO PORTUARIO CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO UE 2017/352. Madrid: Observatorio de los servicios portuarios.
- OECD. (2024). OECD Economic Surveys: New Zealand 2024. Paris: OECD.
- OECD. (2025). OECD Economic Surveys: Chile 2025. Santiago: OECD.
- ONU. (2023). La gestión portuaria. Ginebra: Organización de Naciones Unidas.

- Oxford Academic. (2019). Development and Analytical Validation of the Methodology for Vitamins in Tablets by Ultra-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatographic Science*, 881 - 891.
- Port of Rotterdam. (30 de enero de 2025). Obtenido de Maritime shipping bunkered slightly less fuel in Rotterdam in 2024, but demand for LNG rose by 52 percent.: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/maritime-shipping-bunkered-slightly-less-fuel-rotterdam-2024-demand-lng>
- Portal Portuario. (31 de diciembre de 2023). Portal Portuario. Obtenido de Conflictos armados de 2023: Efectos en la industria marítima-portuaria: <https://portalportuario.cl/conflictos-armados-de-2023-efectos-en-la-industria-maritima-portuaria/>
- Porter, M. (2009). *Iceland: Small fish in a global pond*. Cambridge: Harvard business school.
- Prensa Presidencia. (15 de Diciembre de 2023). Presidente de la República en firma de acuerdo para el desarrollo sostenible de la industria de hidrógeno verde. Obtenido de Prensa Presidencia: <https://prensa.presidencia.cl/comunicado.aspx?id=277912>
- Productivity Commission. (2020). *Te Kōmihana Whai Hua o Aotearoa Briefing to the Incoming Minister*. Wellington: New Zealand Productivity Commission.
- PSA. (23 de Diciembre de 2024). PSA Singapore. Obtenido de Global PSA: <https://www.singaporepsa.com/>
- PtX Hub International. (12 de Diciembre de 2023). How Power-to-X works. Obtenido de <https://ptx-hub.org/how-ptx-works/>
- PwC. (2023). *Economic, Environmental, and Social Impacts of Data Centers in the United States*. Nueva York: PwC.
- Reporte Sostenible. (28 de julio de 2023). Reporte Sostenible. Obtenido de Transformarán el Terminal Marítimo Gregorio de ENAP en el mayor complejo industrial de hidrógeno verde de Magallanes: <https://reportesostenible.cl/blog/transformaran-el-terminal-maritimo-gregorio-de-enap-en-el-mayor-complejo-industrial-de-hidrogeno-verde-de-magallanes/>
- Riviera. (18 de julio de 2023). Riviera. Obtenido de Content hub: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/green-methanol-bunkering-makes-historic-voyage-possible-76979>
- S&P Global. (13 de enero de 2023). S&P Global. Obtenido de SINGAPORE DATA: 2022 bunker sales down 4.2% on year, lowest since 2019: <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/shipping/011323-singapore-data-2022-bunker-sales-down-42-on-year-lowest-since-2019>
- S&P Global. (15 de Enero de 2025). Latest News. Obtenido de Maritime & Shipping, Refined Products, Wet Freight, Fuel Oil: <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/refined-products/011525-singapore-bunker-sales-hit-5492-million-mt-record-in-2024-amid-red-sea-reroutes>
- S&P Global. (23 de noviembre de 2020). S&P Global. Obtenido de How Hydrogen Can Fuel The Energy Transition: <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/201119-how-hydrogen-can-fuel-the-energy-transition-11740867>

- Schmidt-Hebbel, Quiroz y Givovich. (2022). La revolución del hidrógeno verde y sus derivados en Magallanes. Santiago: El Libero.
- Sea Rates . (2024). SeaRates. Obtenido de Distance & Transit Time Calculator: <https://www.searates.com/es/distance-time>
- SEIA. (10 de septiembre de 2021). Servicio de Evaluación Ambiental. Obtenido de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: <https://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=data%20center>
- SEIA. (16 de agosto de 2013). SEIA. Obtenido de Ficha del Proyecto: Terminal Multipropósito Oxiquim, Bahía de Quintero: [https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id\\_expediente=2128412649](https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2128412649)
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA). (2023). Shoa. Obtenido de Descripción geográfica del Estrecho de Magallanes.: <https://www.shoa.cl>
- Siemens Energy. (2022). Hydrogen power and heat with Siemens Energy gas turbines. Erlangen: Siemens Energy Global GmbH & Co. KG.
- SII. (13 de diciembre de 2024). Servicio de Impuestos Internos. Obtenido de Impuesto a la renta de primera categoría: [https://www.sii.cl/ayudas/aprenda\\_sobre/3072-1-3080.html](https://www.sii.cl/ayudas/aprenda_sobre/3072-1-3080.html)
- Smart Nation Singapore. (16 de diciembre de 2024). Smart Nation Singapore. Obtenido de Digital Government Services: <https://www.smartnation.gov.sg/initiatives/digital-government-services/>
- SNI Chile. (03 de julio de 2024). Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente: [snichile.mma.gob.cl](http://snichile.mma.gob.cl)
- Soza-Amigo & Correa. (2014). Regiones extremas chilenas y su invisibilidad económica. Santiago : Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos .
- Springer. (2023). A Review of Hydrogen Fuel Cell Applications in Rail Transit. *Electrical engineering*, 217-224.
- Springer. (2024). Hydrogen, ammonia and methanol for marine transportation. *Environmental Chemistry Letters*, 1-8.
- Springer. (2024). Hydrogen, ammonia and methanol for marine transportation. *Environmental Chemistry Letters*, 1-8.
- State of Green. (14 de Septiembre de 2023). State of Green. Obtenido de Energy Storage: <https://stateofgreen.com/en/news/the-worlds-first-green-methanol-container-vessel-has-reached-copenhagen/>
- Statistics Iceland. (18 de diciembre de 2024). Obtenido de Population projections: <https://www.statice.is/statistics/population/population-projections/population-projections/>
- Subsecretaría de Transportes. (23 de Diciembre de 2024). Desarrollo Logístico. Obtenido de Plan de Desarrollo Logístico de Magallanes: <https://logistica.mtt.cl/document/plan-desarrollo-logistico-magallanes/>
- The Economist. (31 de octubre de 2024). Finance & Economics. Obtenido de Ireland's government has an unusual problem: too much money:

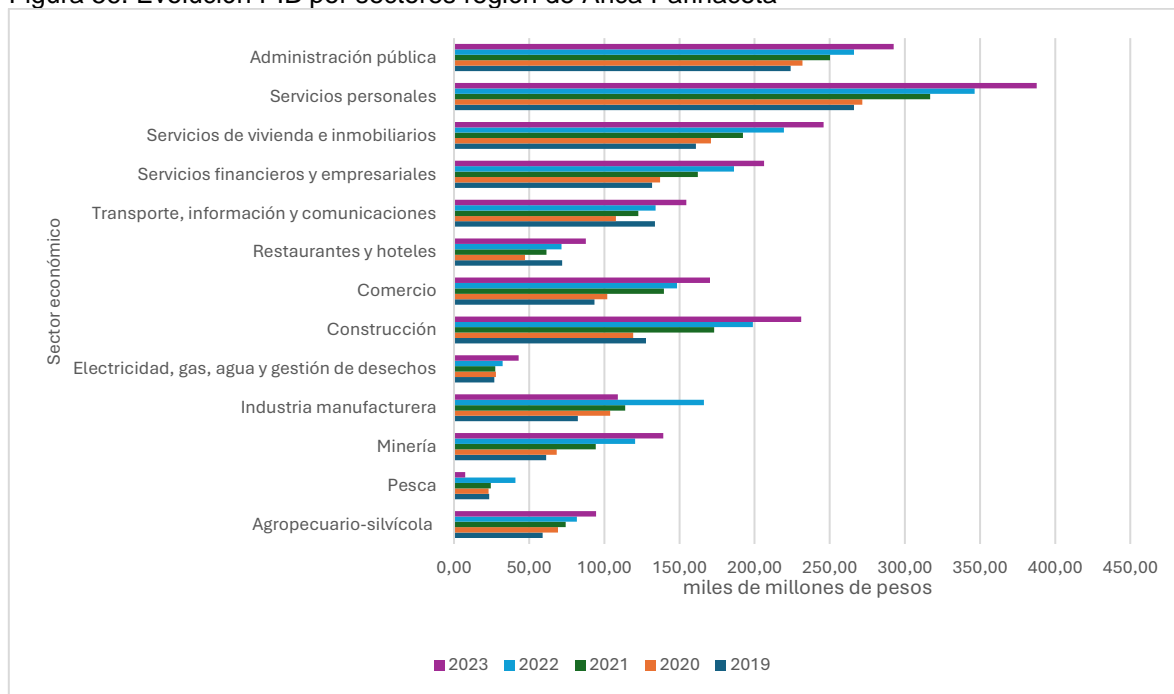
- <https://www.economist.com/finance-and-economics/2024/10/31/irelands-government-has-an-unusual-problem-too-much-money>
- The New Zealand Institute. (2007). *Institucionalidad para el Desarrollo: Los Nuevos Desafíos. Preparándonos para el Futuro: Algunas Perspectivas desde Nueva Zelanda* (págs. 7-24). Santiago: The New Zealand Institute.
- Together in Safety. (2022). *Future Fuels Risk Assessment*. Londres: Together in Safety.
- UNDP. (20 de diciembre de 2023). *Human Development Report*. Obtenido de Human Development Insights: <https://hdr.undp.org/data-center/country-insights#/ranks>
- UNIDO. (2023). *Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines*. Nueva York: Organización de Naciones Unidas.
- Universidad de Barcelona. (2016). *El método Delphi*. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 16.
- Universidad de Chile. (12 de diciembre de 2024). *Programa de Riesgo Sísmico*. Obtenido de *La sismología en Chile: cronología histórica*: <https://prs.uchile.cl/linea-de-tiempo/>
- University of Oxford. (2024). *World Happiness Report*. Oxford: University of Oxford.
- US Maritime Administration. (2020). *Macroeconomic and Environmental Impacts of Port Electrification: Four Port Case Studies*. US Maritime Administration.
- Veson Nautical. (2023). *Veson Nautical*. Obtenido de *Optimize fuel efficiency and contain one of the largest cost drivers of the modern maritime shipping voyage.*: <https://veson.com/industry-solutions/bunker-management/>
- Vidal. (2019). *Economía irlandesa: factores de crecimiento*. Madrid: Universidad de Comillas.
- Visit Iceland. (18 de diciembre de 2024). *Visit Iceland*. Obtenido de *La tierra de hielo y fuego*: <https://www.visiticeland.com/es/article/geografia-de-islandia>
- VPS. (29 de enero de 2024). *VPS Veritas*. Obtenido de *Reseña de combustibles marinos para búnkeres | 2023*: <https://www.vpsveritas.com/knowledgecentre/articles/marine-bunker-fuels-review-2023>
- WEC. (2019). *The Global Competitiveness Report*. Ginebra: World Economic Forum.
- WEC. (2023). *Global Gender Gap Report*. Ginebra: World Economic Forum.
- WIPO. (2024). *Global Innovation Index 2024 Unlocking the Promise of Social g Entrepreneurship*. Ginebra: World Intellectual Property .
- World Economic Forum. (2023). *Global Parity Alliance: Diversity, Equity and Inclusion Lighthouses 2023*. Ginebra: World Economic Forum.

## 16. Anexos

### 16.1. Anexo 1: Detalle antecedentes económicos por cada región

#### Arica Parinacota

Figura 56. Evolución PIB por sectores región de Arica Parinacota



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 30. Cantidad de empresas por rubro 2022 Arica Parinacota

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	6.510	37
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2.062	12
Transporte y almacenamiento	2.025	12
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1.298	7
Industria manufacturera	1.210	7

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 31. Ventas por rubro en UF 2022 Arica Parinacota

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	58.135.745	67
Industria manufacturera	6.585.479	8
Transporte y almacenamiento	5.649.663	6
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	4.367.221	5
Enseñanza	2.726.424	3

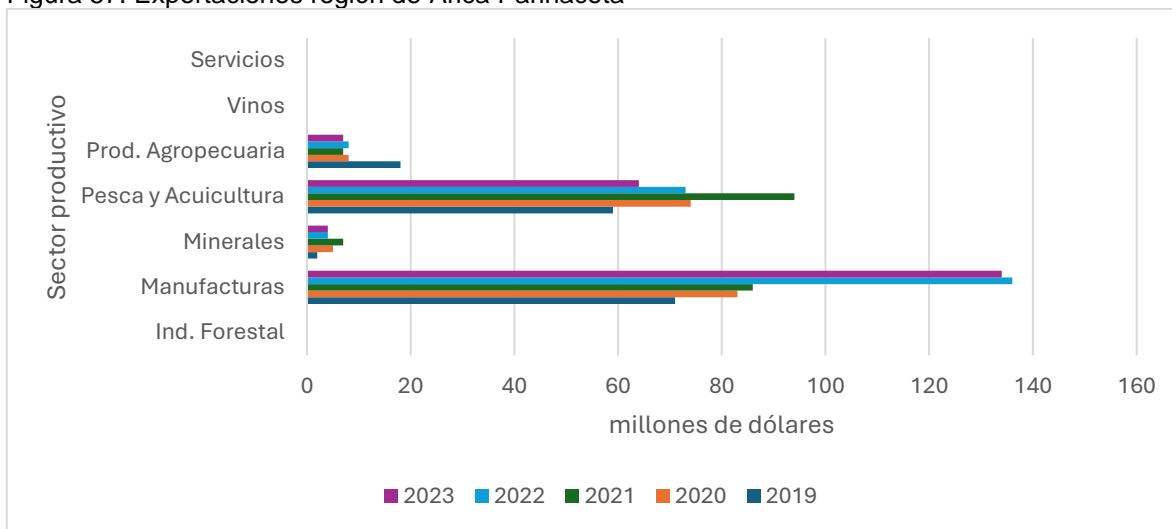
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 32. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Arica Parinacota

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Comercio	9.843	19	3.508	6.338
Enseñanza	9.446	19	6.597	2.818
Construcción	6.236	12	820	5.409
Servicios administrativos y de apoyo	5.001	10	1.627	3.350
Alojamiento y de servicio de comidas	4.338	9	2.492	1.852

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 57. Exportaciones región de Arica Parinacota

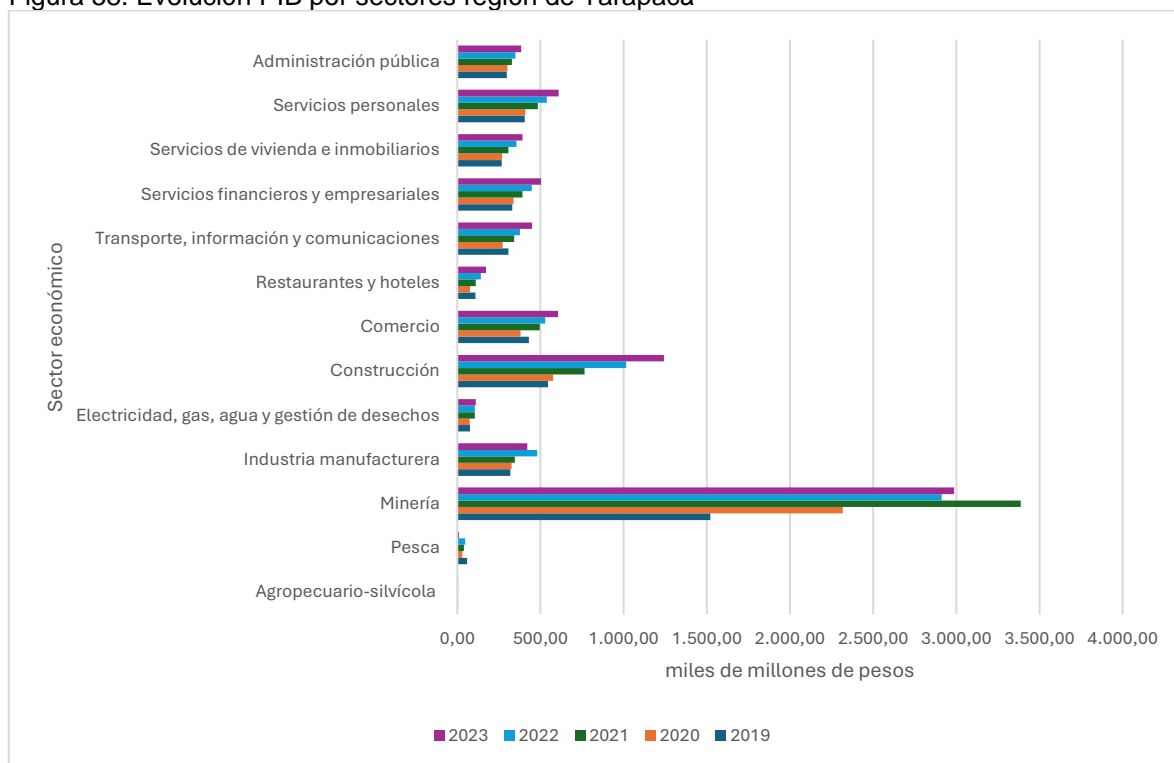


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile.

La región de Arica Parinacota, al año 2023, contaba con un PIB de \$1.597 (Un billón novecientos cincuenta y un mil setecientos millones de pesos chilenos) representando el 0,8% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 15 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Administración Pública, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios, Construcción y Servicios Financieros y Empresariales. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (37%), Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca (12%) y Transporte y Almacenamiento (12%). Respecto de las ventas en UF los rubros que predominan son Comercio (67%), Industria Manufacturera (8%) y Transporte y Almacenamiento (6%). Sobre el empleo (tabla 16), los sectores que destacan son Comercio (19%), Enseñanza (19%) y Construcción (12%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Manufacturas y el de Pesca y Acuicultura siendo los productos más relevantes el Ácido Bórico (39,66%), los Aceites de Pescado (27%), los Envases Metálicos (17%), Productos químicos y otros (13%) y los Abonos de origen animal o vegetal (13%).

### Tarapacá

Figura 58. Evolución PIB por sectores región de Tarapacá



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 33. Cantidad de empresas por rubro 2022 Tarapacá

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	9.795	39
Transporte y almacenamiento	2.933	12
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	2.020	8
Industria manufacturera	1.975	8
Construcción	1.909	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Interno

Tabla 34. Ventas por rubro en UF 2022 Tarapacá

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	165.504.031	50
Explotación de minas y canteras	96.858.474	29
Transporte y almacenamiento	16.170.380	5
Construcción	11.300.076	3
Industria manufacturera	8.023.207	2

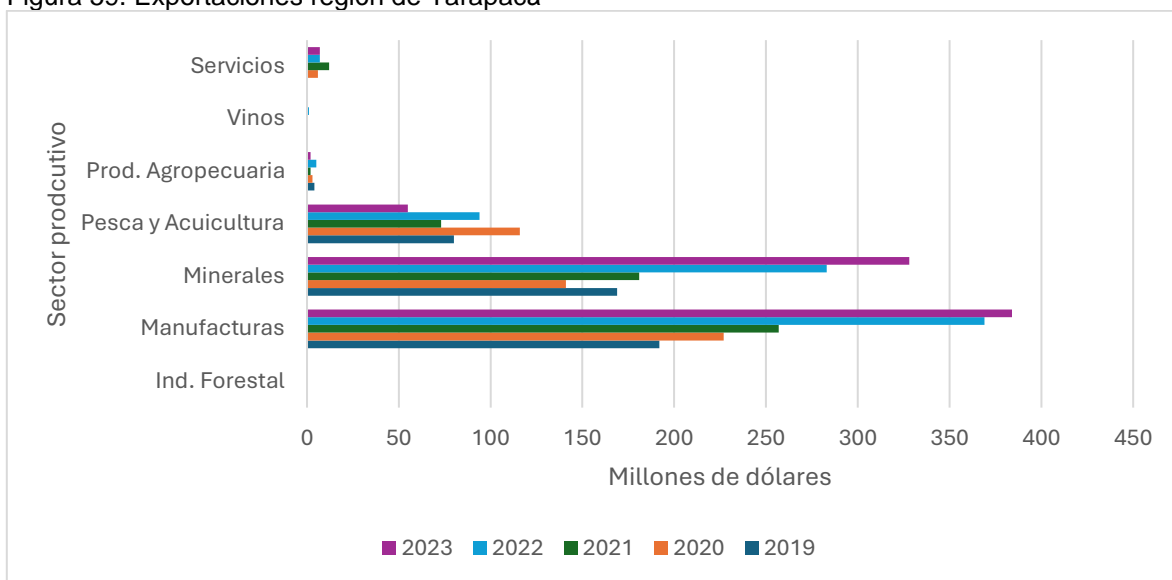
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 35. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Tarapacá

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Comercio	20.243	19	7.834	12.336
Construcción	17.560	16	2.189	15.325
Transporte y almacenamiento	9.746	9	1.413	8.383
Actividades de servicios administrativos	9.287	9	2.931	6.330
Enseñanza	8.959	8	6.531	2.364

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 59. Exportaciones región de Tarapacá



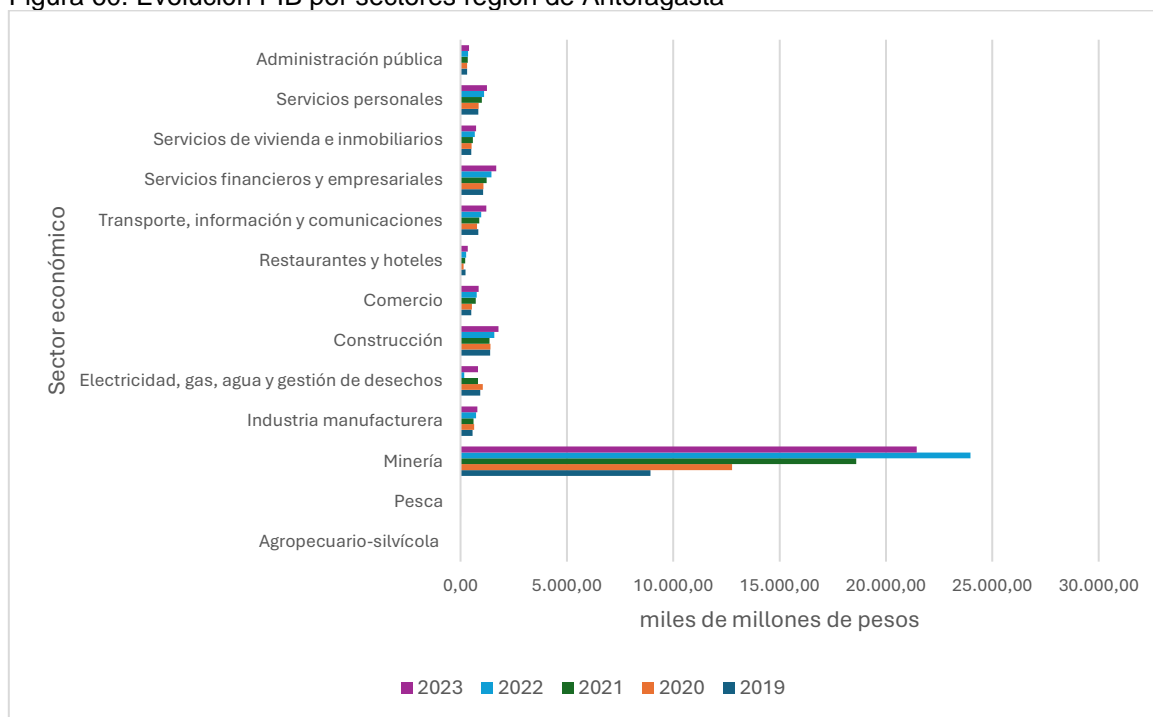
Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Tarapacá, al año 2023, contaba con un PIB de \$4.944 (Cuatro billones novecientos cuarenta y cuatro mil millones de pesos chilenos) representando el 2,4% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 10 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Minería, Construcción, Comercio, Servicios Personales y Servicios Financieros y Empresariales. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (39%), Transporte y Almacenamiento (12%) y Actividades de Alojamiento y Servicios de Comida (8%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (50%), Explotación de Minas y Canteras (29%) y Transporte y Almacenamiento (5%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Comercio (19%), Construcción (16%) y Transporte y Almacenamiento y Actividades de Servicios Administrativos (9% c/u). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Manufacturas y el de Minerales siendo los productos más relevantes el Yodo (38,58%), Sal (23,09%), el Molibdeno (19,19%), Harinas de Pescado y Crustáceos (4,89%) y los Abonos de origen animal o vegetal (3,81%).



## Antofagasta

Figura 60. Evolución PIB por sectores región de Antofagasta



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 36. Cantidad de empresas por rubro 2022 Antofagasta

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	13.375	32
Transporte y almacenamiento	4.775	11
Industria manufacturera	3.842	9
Construcción	3.507	8
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	3.440	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 37. Ventas por rubro en UF 2022 Antofagasta

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Explotación de minas y canteras	204.113.797	38
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acon.	62.739.730	12
Comercio	57.776.211	11
Industria manufacturera	52.923.411	10
Transporte y almacenamiento	39.382.612	7

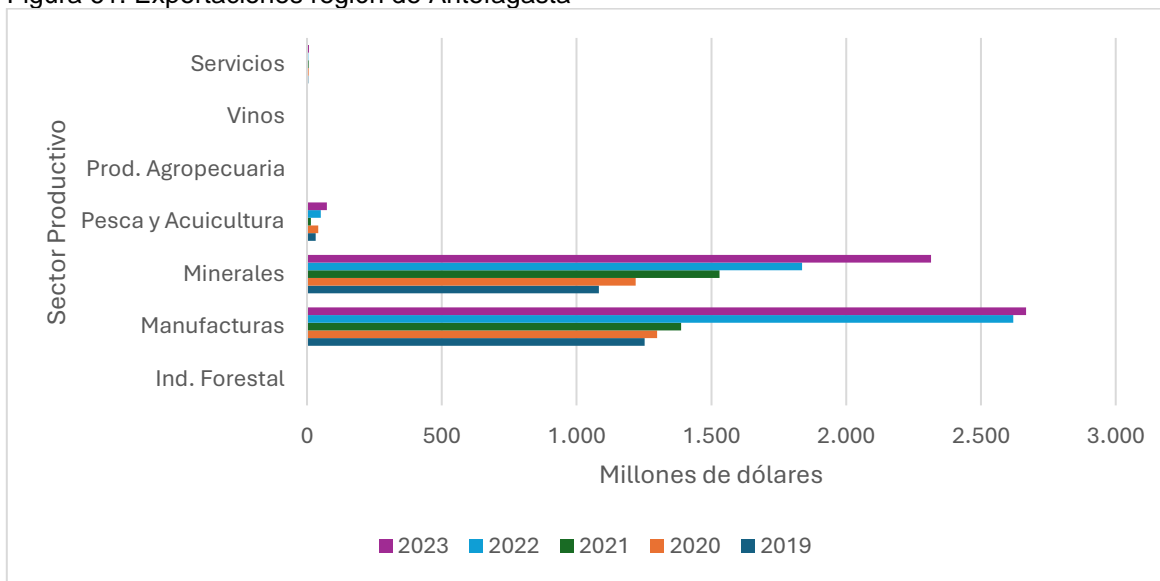
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 38. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Antofagasta

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Construcción	37.555	17	4.278	33.157
Industria manufacturera	32.805	15	9.864	22.861
Actividades de servicios administrativos	30.776	14	7.495	23.237
Comercio	25.016	11	11.781	13.193
Transporte y almacenamiento	17.899	8	2.860	15.070

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos.

Figura 61. Exportaciones región de Antofagasta

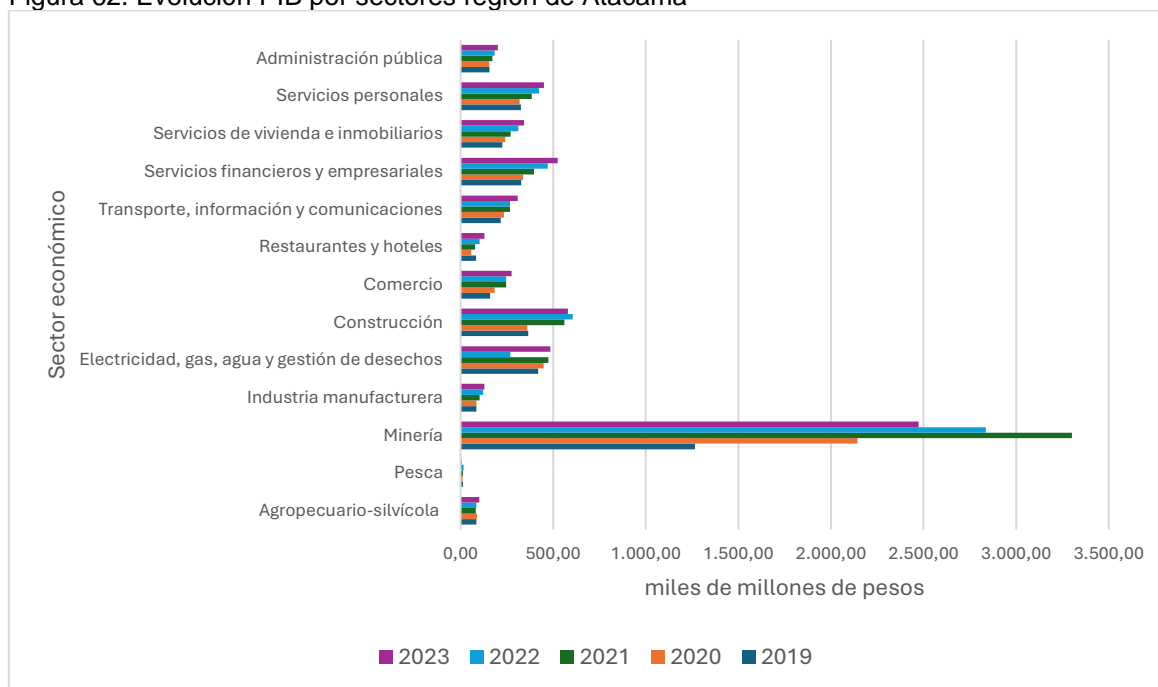


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Antofagasta, al año 2023, contaba con un PIB de \$15.947 (Quince billones novecientos cuarenta y siete mil millones de pesos chilenos) representando el 7,8% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 2 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Minería, Construcción, Servicios Financieros y Empresariales, Transporte, Información y Comunicaciones y Servicios Personales. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (32%), Transporte y Almacenamiento (11%) e Industria Manufacturera (9%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Explotación de Minas y Canteras (38%), Suministro de Electricidad (12%) y Comercio (11%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Construcción (17%), Industria Manufacturera (15%) y Actividades de Servicios Administrativos (14%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Manufacturas y el de Minerales siendo los productos más relevantes el Molibdeno (34,11%), Yodo (20,07%), Sulfatos (cobre, aluminio, níquel y otros) (14,71%), Abonos de origen animal o vegetal (10,06%) y Manufacturas de oro (6,94%).

## Atacama

Figura 62. Evolución PIB por sectores región de Atacama



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 39. Cantidad de empresas por rubro 2022 Atacama

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	7.411	35
Transporte y almacenamiento	2.033	10
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1.986	9
Industria manufacturera	1.811	9
Construcción	1.431	7

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 40. Ventas por rubro en UF 2022 Atacama

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Industria manufacturera	47.386.374	29
Explotación de minas y canteras	35.034.171	22
Comercio	21.349.653	13
Construcción	11.282.434	7
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	10.701.845	7

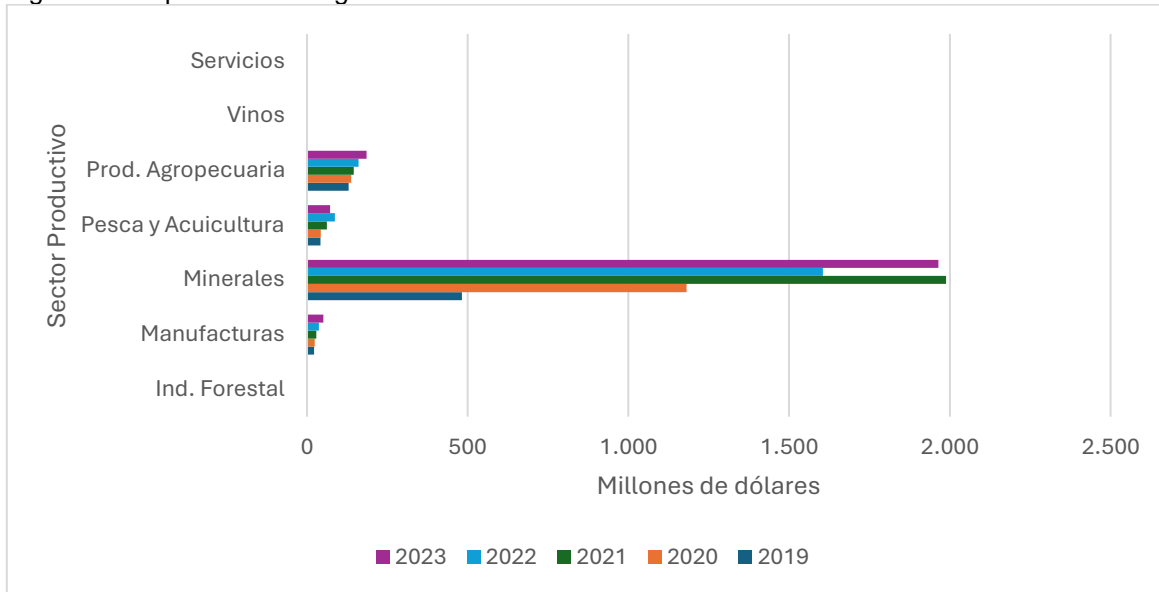
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 41. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Atacama

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Construcción	14.766	15	1.644	12.168
Enseñanza	11.612	12	8.588	3.012
Actividades de servicios administrativos	11.394	12	2.389	8.918
Industria manufacturera	11.100	11	1.630	9.425
Explotación de minas y canteras	8.772	9	831	7.961

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Interno

Figura 63. Exportaciones región de Atacama

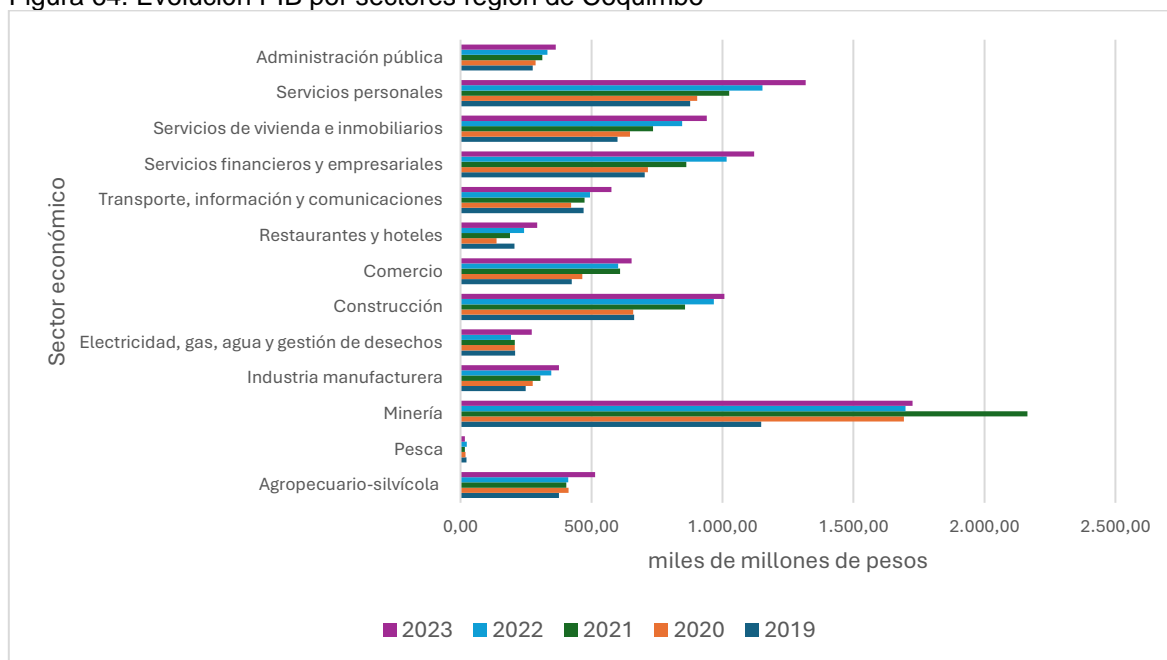


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Atacama, al año 2023, contaba con un PIB de \$4.095 (Cuatro billones noventa y cinco mil millones de pesos chilenos) representando el 2% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 11 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Minería, Construcción, Servicios Financieros y Empresariales, Electricidad, Gas y Agua y Gestión de Desechos y Servicios. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (35%), Transporte y Almacenamiento (10%) y Actividades de Alojamiento y Servicios de Comida (9%). Respecto de las ventas en UF (tabla 24), los rubros que predominan son Industria Manufacturera (29%) Explotación de Minas y Canteras (22%) y Comercio (13%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Construcción (15%), Enseñanza (12%) y Actividades de Servicios Administrativos (12%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones (gráfico 36), predominan los sectores de Minerales y el de Productos Agropecuarios siendo los productos más relevantes el Hierro (64,63%), Manufacturas de plata (12,45%), Manufacturas de oro (9,08%), Uvas frescas (5,64%) y Algas (2,04%).

## Coquimbo

Figura 64. Evolución PIB por sectores región de Coquimbo



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 42. Cantidad de empresas por rubro 2022 Coquimbo

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	19.975	34
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	5.265	9
Industria manufacturera	4.672	8
Transporte y almacenamiento	4.528	8
Construcción	4.499	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 43. Ventas por rubro en UF 2022 Coquimbo

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Explotación de minas y canteras	73.336.341	26
Comercio	66.656.614	23
Industria manufacturera	33.522.330	12
Construcción	21.665.867	8
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	17.362.609	6

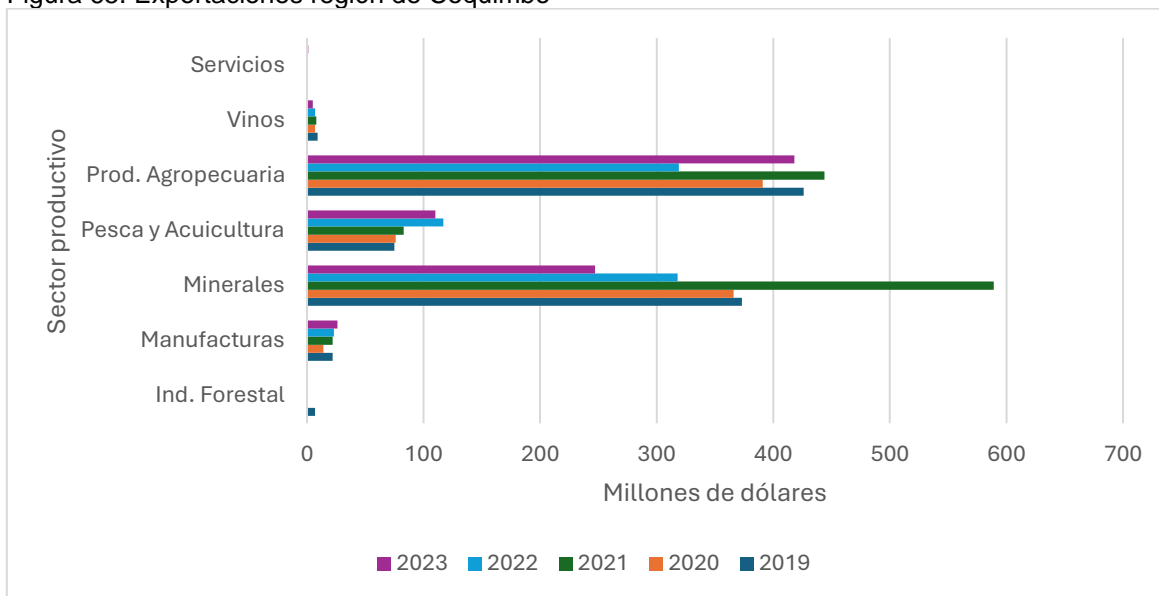
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 44. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Coquimbo

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Construcción	34.473	15	4.303	30.173
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	32.468	14	11.464	20.956
Comercio	26.733	12	12.003	14.569
Enseñanza	21.410	9	15.997	5.293
Administración pública y defensa	15.945	7	10.807	5.088

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 65. Exportaciones región de Coquimbo

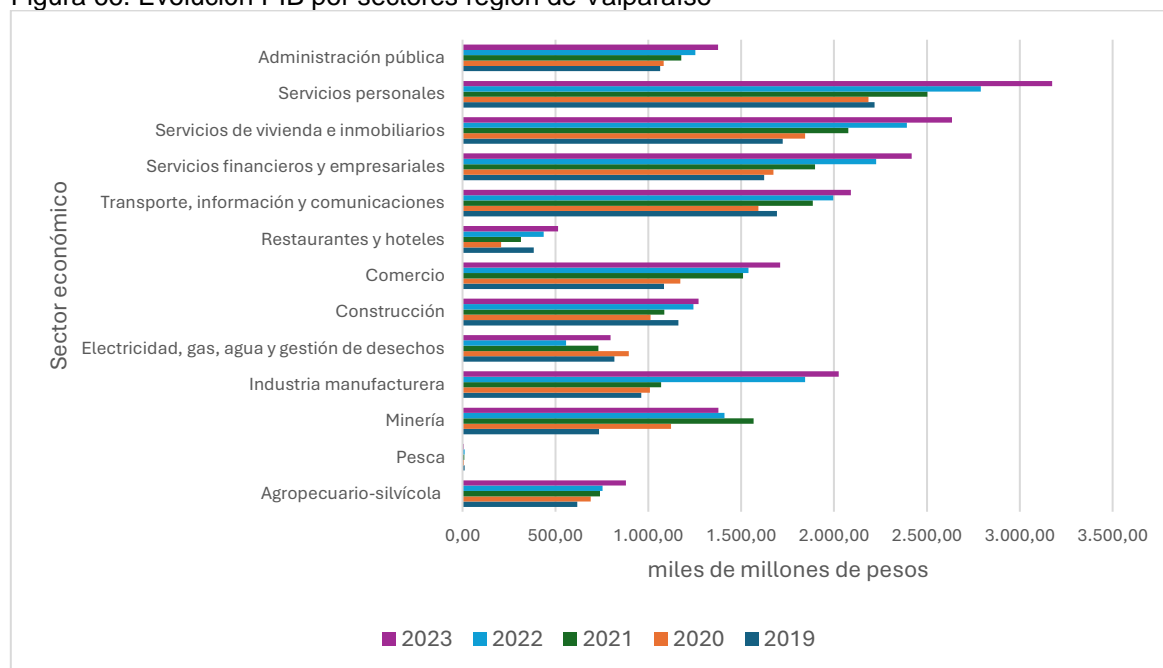


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Coquimbo, al año 2023, contaba con un PIB de \$6.319 (Seis billones trescientos diecinueve mil millones de pesos chilenos) representando el 3,1% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 8 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Minería, Servicios Personales, Servicios Financieros y Empresariales, Construcción y Servicios de Vivienda e Inmobiliario. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (34%), Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca (9%) e Industria Manufacturera (8%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Explotación de Minas y Canteras (26%), Comercio (23%) e Industria Manufacturera (12%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Construcción (15%), Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca (14%) y Comercio (12%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Minerales y el de Productos Agropecuarios siendo los productos más relevantes el Hierro (24,01%), Uvas frescas (17,58%), Paltas frescas (8,02%), Mandarinas frescas (6,47%) y Molibdeno (5,61%).

## Valparaíso

Figura 66. Evolución PIB por sectores región de Valparaíso



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 45. Cantidad de empresas por rubro 2022 Valparaíso

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	47.042	32
Transporte y almacenamiento	14.636	10
Industria manufacturera	11.654	8
Construcción	11.557	8
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	8.909	6

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 46. Ventas por rubro en UF 2022 Valparaíso

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Industria manufacturera	659.946.826	42
Comercio	234.264.238	15
Actividades financieras y de seguros	166.529.646	11
Transporte y almacenamiento	131.272.599	8
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	55.008.524	4

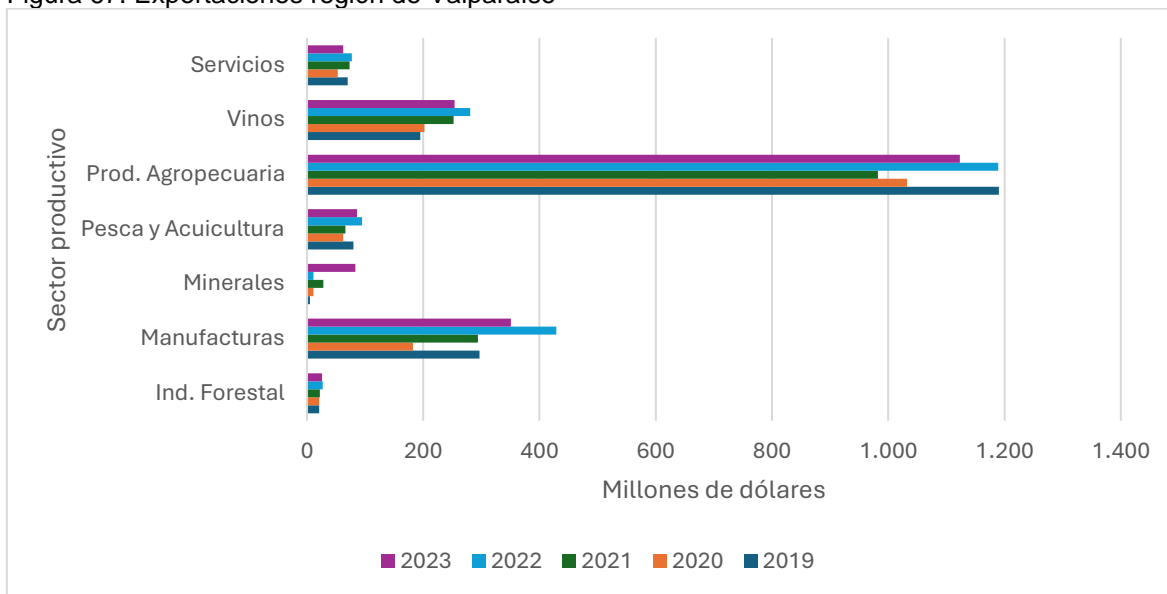
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 47. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 Valparaíso

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Comercio	85.431	12	39.052	46.006
Construcción	74.860	11	7.526	67.175
Actividades de servicios administrativos	71.580	10	21.439	49.981
Administración pública y defensa	64.508	9	30.124	34.335
Transporte y almacenamiento	60.019	9	9.650	50.010

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 67. Exportaciones región de Valparaíso



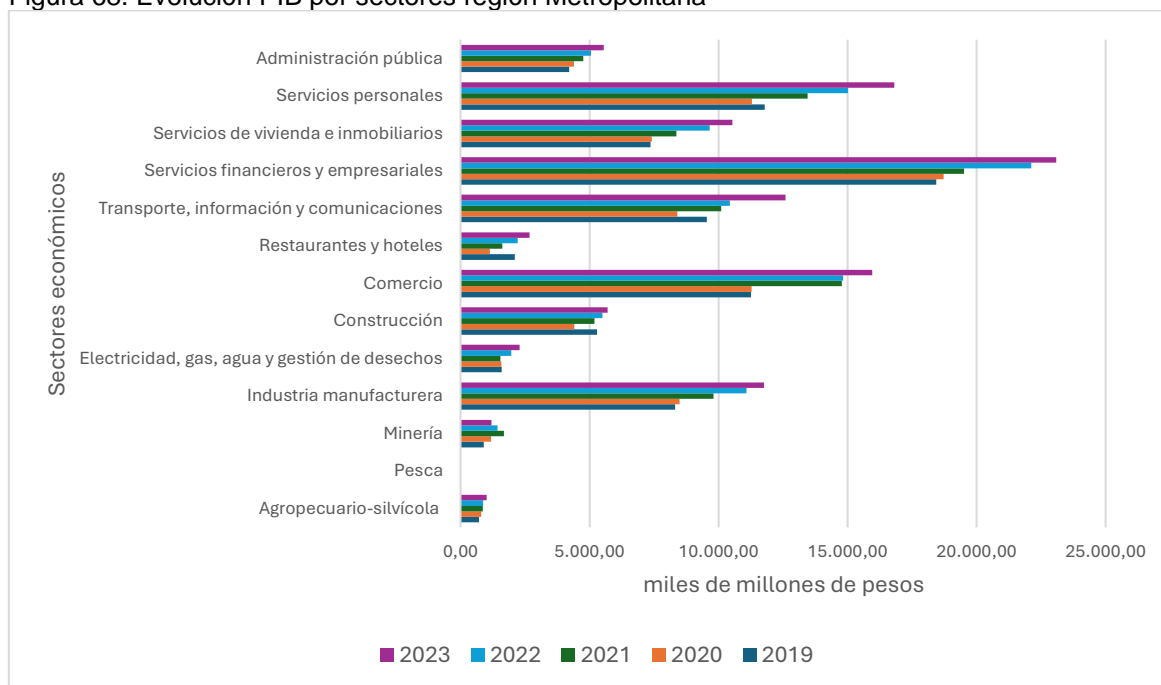
Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Valparaíso, al año 2023, contaba con un PIB de \$14.912 (Catorce billones novecientos doce mil millones de pesos chilenos) representando el 7,3% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 3 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios, Servicios Financieros y Empresariales, Transporte, Información y Comunicaciones e Industria Manufacturera. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (32%), Transporte y Almacenamiento (10%) e Industria Manufacturera (8%) (ver tabla 29). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Industria Manufacturera (42%), Comercio (15%) y Actividades Financieras y de Seguros (11%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Comercio (12%) Construcción (11%) y Actividades de servicios administrativos (10%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Productos Agropecuarios y Manufacturas siendo los productos más relevantes Uvas frescas (10,70%), Paltas frescas (6,07%), Pasas (6,76%), Derivados del petróleo (5,67%) y Cerezas frescas (5,02%).



## Metropolitana

Figura 68. Evolución PIB por sectores región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 48. Cantidad de empresas por rubro 2022 región Metropolitana

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	199.431	30
Transporte y almacenamiento	57.071	9
Actividades profesionales, científicas y técnicas	54.678	8
Industria manufacturera	51.205	8
Construcción	50.870	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 49. Ventas por rubro en UF 2022 región Metropolitana

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Actividades financieras y de seguros	9.785.723.792	33
Comercio	5.258.624.361	18
Industria manufacturera	3.635.529.862	12
Explotación de minas y canteras	3.466.641.753	12
Actividades profesionales, científicas y técnicas	1.468.379.953	5

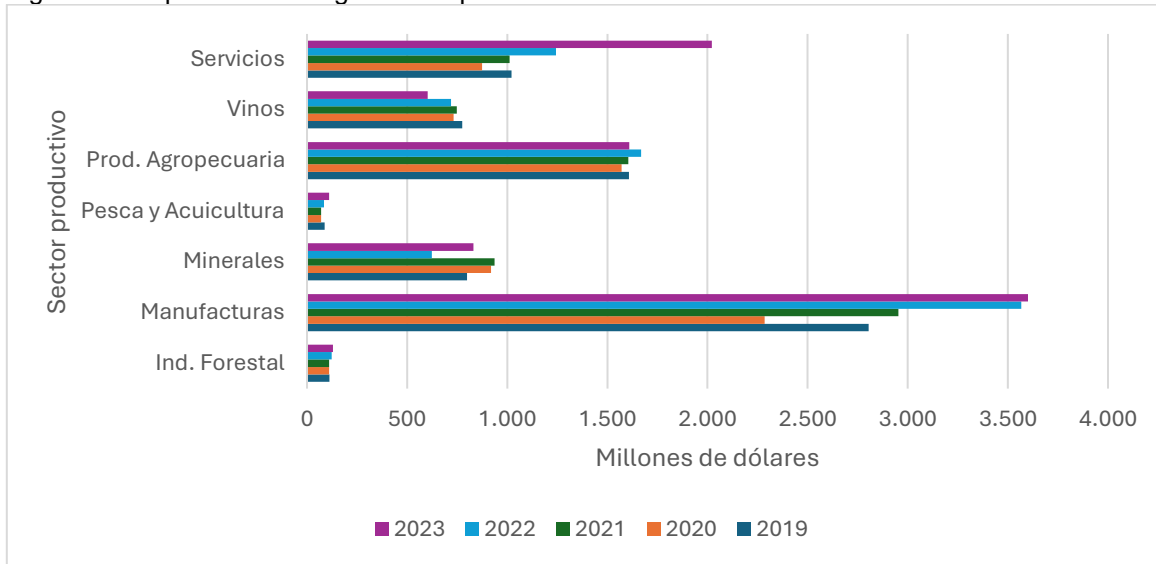
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 50. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región Metropolitana

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Actividades de servicios administrativos	1.013.838	16	462.779	540.611
Comercio	948.596	15	457.078	485.788
Construcción	782.636	13	84.870	688.230
Industria manufacturera	526.791	9	156.762	367.682
Administración pública y defensa	351.689	6	155.563	195.386

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 69. Exportaciones región Metropolitana

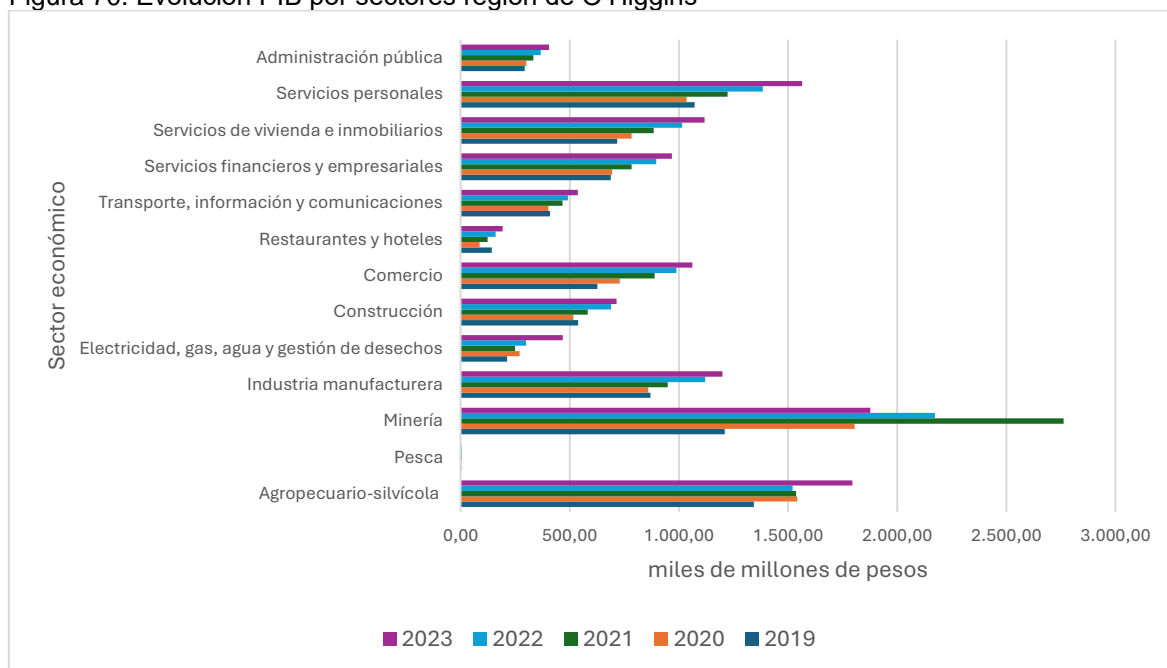


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región Metropolitana, al año 2023, contaba con un PIB de \$84.958 (Ochenta y cuatro billones novecientos cincuenta y ocho mil millones de pesos chilenos) representando el 41,7% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 1 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Financieros y Empresariales, Servicios Personales, Comercio, Transporte, Información y Comunicaciones e Industria Manufacturera. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (30%), Transporte y Almacenamiento (9%) y Actividades profesionales, científicas y técnicas (8%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Actividades financieras y de seguros (33%), Comercio (18%) e Industria Manufacturera (12%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Actividades de servicios administrativos (16%) Comercio (15%) y Construcción (13%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Manufacturas y Servicios siendo los más relevantes Servicios (22,71%), Productos de hierro y acero (6,34%), Manufacturas de oro (5,11%), Neumáticos y cámaras (4,94%) y Óxidos de molibdeno (4,53%).

## O'Higgins

Figura 70. Evolución PIB por sectores región de O'Higgins



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 51. Cantidad de empresas por rubro 2022 región O'higgins

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	24.367	31
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	14.800	19
Transporte y almacenamiento	7.215	9
Industria manufacturera	6.767	9
Construcción	5.640	7

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 52. Ventas por rubro en UF 2022 región O'Higgins

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	256.379.025	33
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	234.030.965	31
Industria manufacturera	75.374.104	10
Actividades financieras y de seguros	61.730.458	8
Transporte y almacenamiento	30.578.615	4

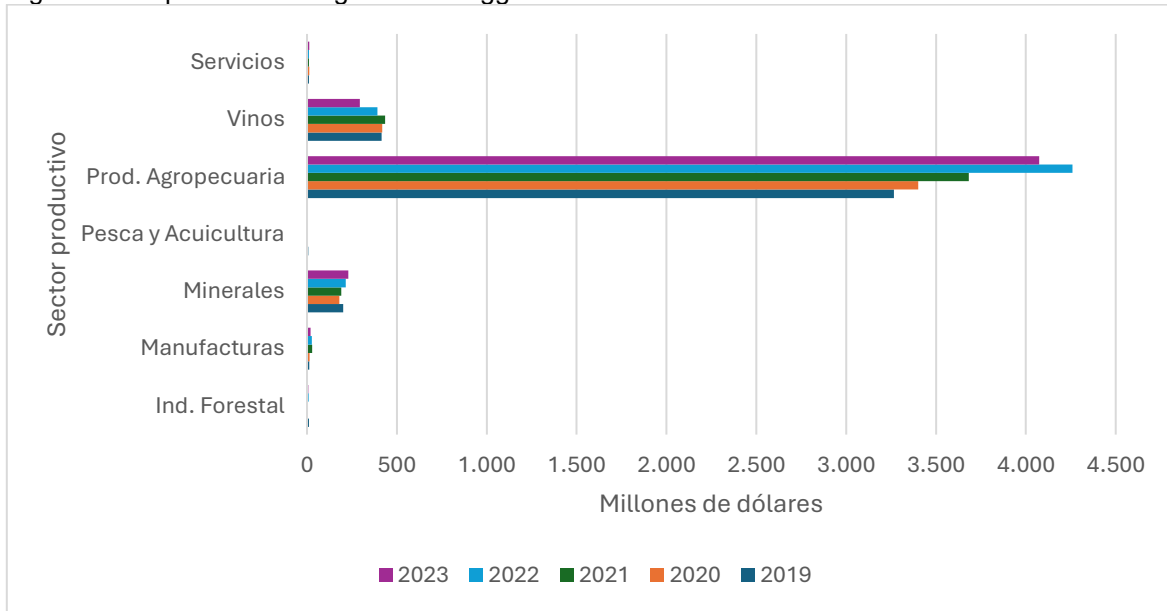
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 53. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región O'Higgins

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	167.723	37	58.119	108.892
Comercio	51.866	11	24.891	26.673
Actividades de servicios administrativos	48.082	11	19.951	27.032
Industria manufacturera	39.165	9	9.540	29.620
Transporte y almacenamiento	25.473	6	8.219	17.178

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 71. Exportaciones región de O'Higgins

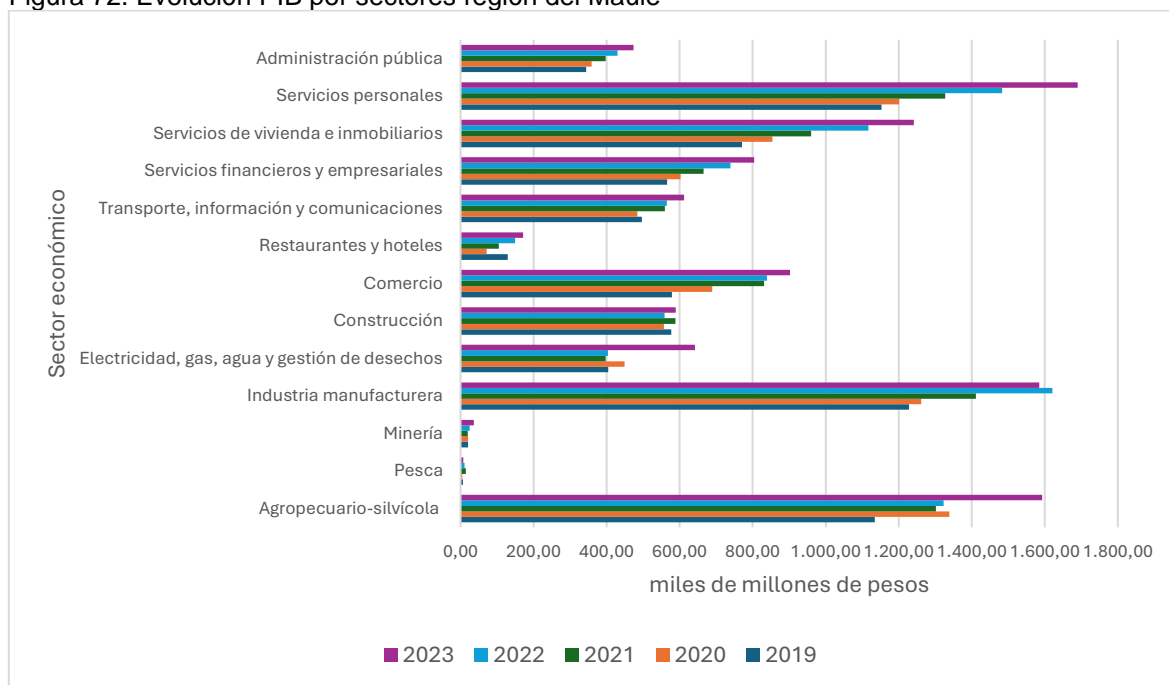


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de O'Higgins, al año 2023, contaba con un PIB de \$8.086 (Ocho billones ochenta y seis mil millones de pesos chilenos) representando el 4% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 5 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Minería, Agropecuario Silvícola, Servicios Personales, Industria Manufacturera y Servicios de Vivienda e Inmobiliarios. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (31%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (19%) y Transporte y Almacenamiento (9%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (33%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (31%) e Industria Manufacturera (10%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (37%) Comercio (11%) y Actividades de servicios administrativos (11%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Productos agropecuarios y Vinos siendo los más relevantes Cerezas frescas (29,27%), Carne de porcinos (13,7%), Uvas frescas (5,17%), Molibdeno (4,96%) y Carne de ave (4,8%).

## Maule

Figura 72. Evolución PIB por sectores región del Maule



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 54. Cantidad de empresas por rubro 2022 región del Maule

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	29.019	30
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	20.673	21
Transporte y almacenamiento	10.122	10
Industria manufacturera	7.614	8
Construcción	7.535	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 55. Ventas por rubro en UF 2022 región del Maule

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	144.531.866	30
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	112.128.298	23
Industria manufacturera	71.671.172	15
Construcción	34.286.050	7
Actividades financieras y de seguros	31.042.238	6

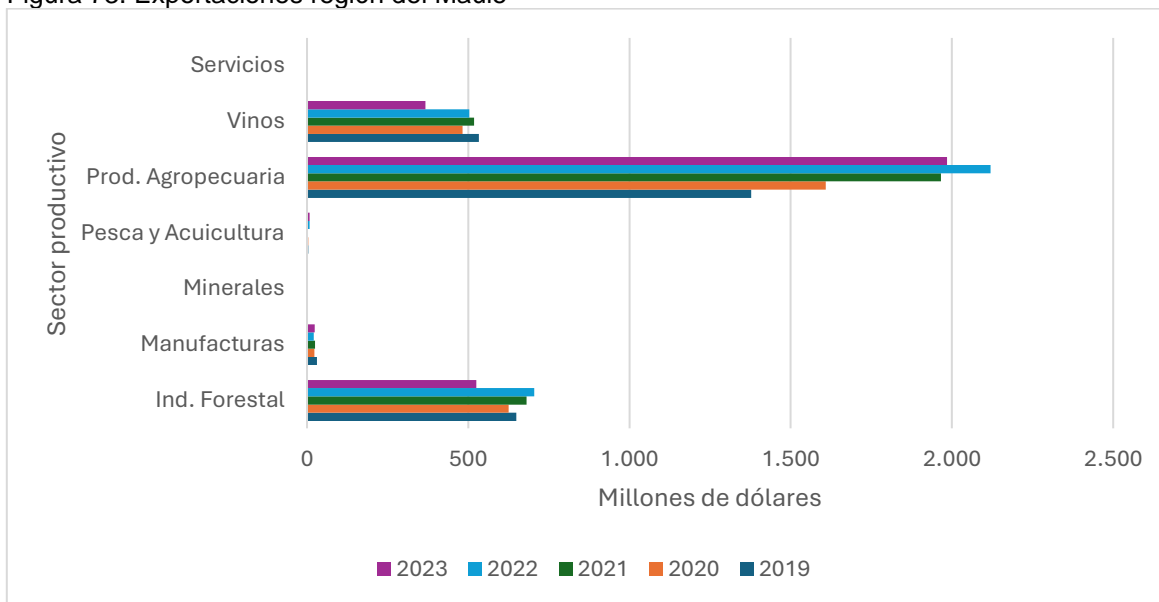
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 56. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región del Maule

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	160.980	34	55.082	105.491
Comercio	52.992	11	24.130	28.592
Construcción	39.909	8	4.921	35.035
Industria manufacturera	38.482	8	11.428	26.895
Actividades de servicios administrativos	36.706	8	14.225	22.423

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 73. Exportaciones región del Maule

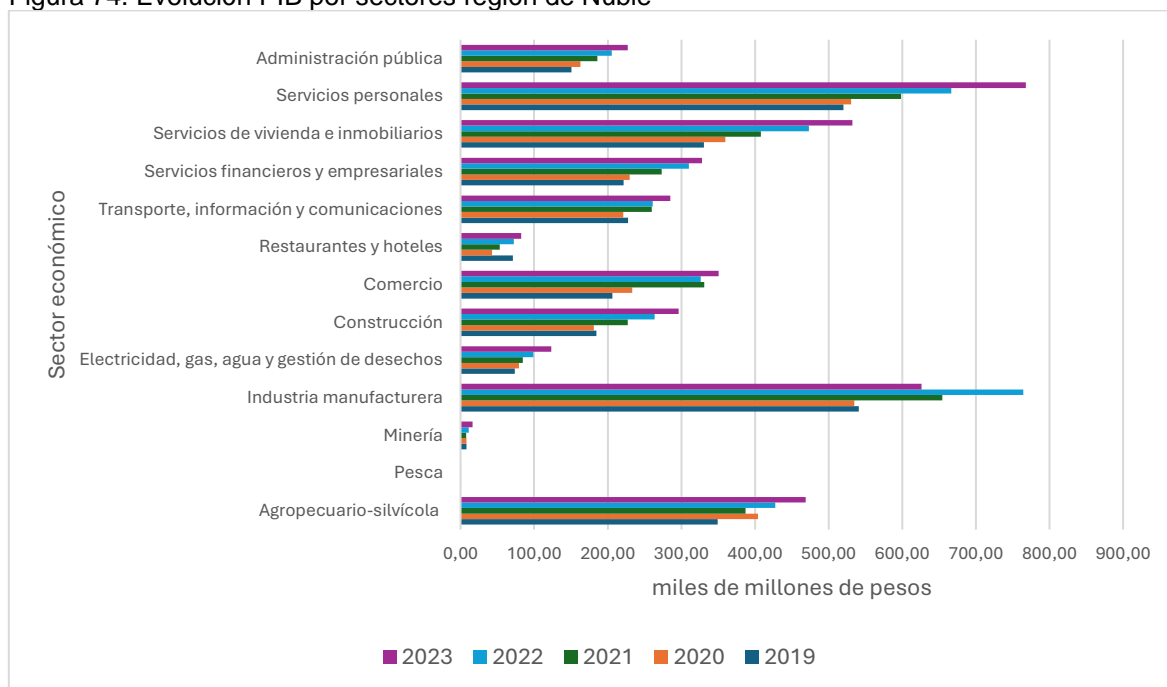


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región del Maule, al año 2023, contaba con un PIB de \$7.832 (Siete billones ochocientos treinta y dos mil millones de pesos chilenos) representando el 3,8% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 6 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Agropecuario Silvícola, Industria Manufacturera, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios y Comercio. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (30%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (21%) y Transporte y Almacenamiento (10%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (30%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (23%) e Industria Manufacturera (15%). Sobre el empleo (tabla 40), los sectores que destacan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (34%) Comercio (11%) y Construcción (8%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Productos agropecuarios e Industria Forestal siendo los más relevantes Cerezas frescas (16,54%), Cartulinas (12,36%), Manzanas frescas (7,76%), Avellanas (6,5%) y Tomate procesado (4,62%).

## Ñuble

Figura 74. Evolución PIB por sectores región de Ñuble



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 57. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Ñuble

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	12.289	32
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	7.768	20
Transporte y almacenamiento	3.768	10
Industria manufacturera	2.954	8
Construcción	2.725	7

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 58. Ventas por rubro en UF 2022 región de Ñuble

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	53.339.053	37
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	31.171.617	22
Industria manufacturera	17.988.666	13
Construcción	9.380.299	7
Transporte y almacenamiento	9.125.696	6

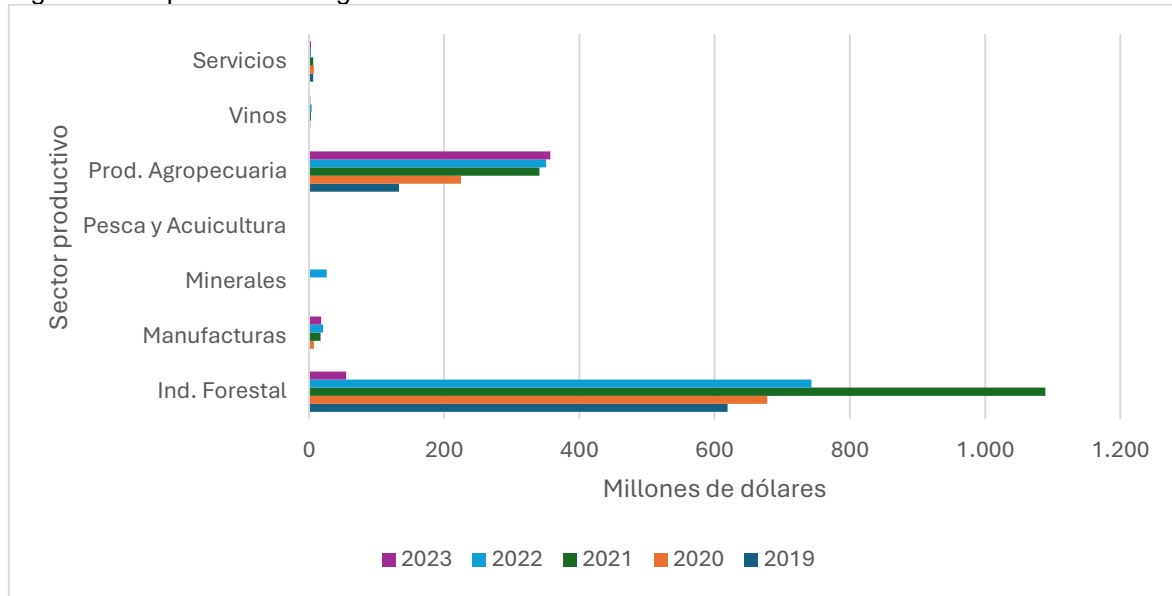
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 59. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Ñuble

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	43.961	28	16.599	27.180
Comercio	24.426	15	11.510	12.757
Enseñanza	15.230	10	10.929	4.243
Construcción	12.002	8	1.277	10.728
Administración pública y defensa	11.257	7	7.190	4.060

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 75. Exportaciones región del Ñuble



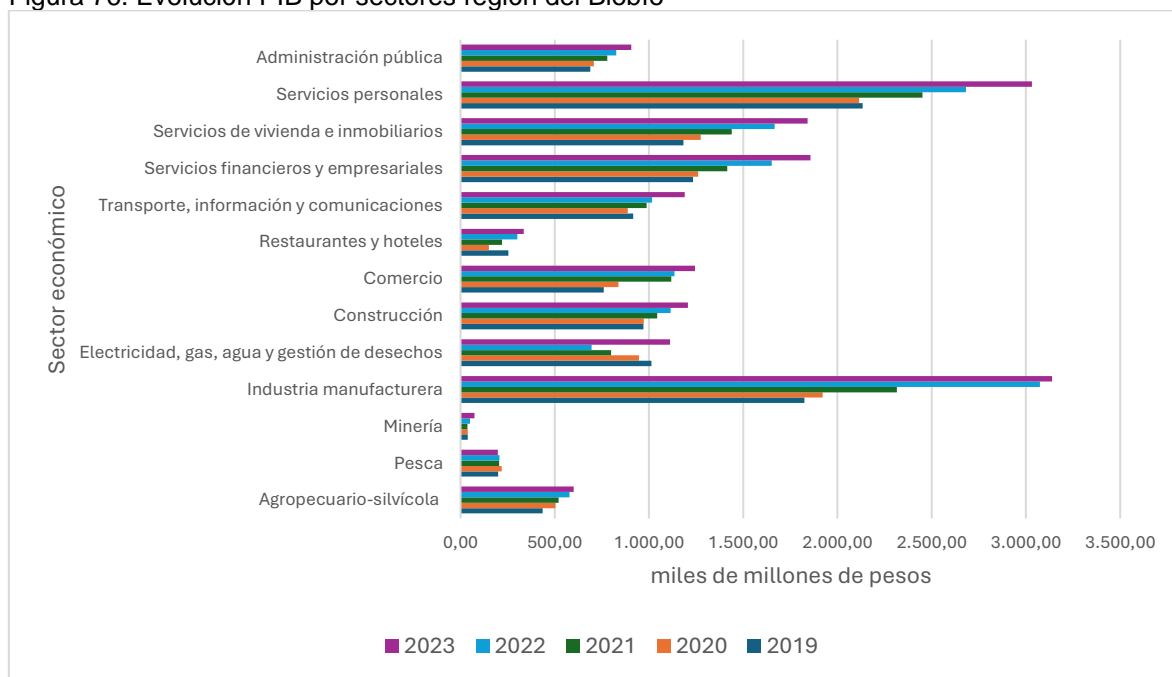
Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región del Ñuble, al año 2023, contaba con un PIB de \$3.160 (Tres billones ciento sesenta mil millones de pesos chilenos) representando el 1,6% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 12 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Industria Manufacturera, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios Agropecuario Silvícola y Comercio. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (32%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (20%) y Transporte y Almacenamiento (10%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (37%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (22%) e Industria Manufacturera (13%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (28%) Comercio (15%) y Enseñanza (10%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones (gráfico 48), predominan los sectores de Industria Forestal y Productos Agropecuarios siendo los más relevantes Arándanos congelados (12,63%), Harinas y almidones y derivados de cereales (12,26%), Arándanos frescos (10,45%), Semillas de nabo o de colza (7,66%) y Madera aserrada y/o cepillada (6,41%).



## Biobío

Figura 76. Evolución PIB por sectores región del Biobío



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 60. Cantidad de empresas por rubro 2022 región del Biobío

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	36.667	33
Transporte y almacenamiento	12.110	11
Industria manufacturera	10.494	10
Construcción	9.566	9
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	7.172	7

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 61. Ventas por rubro en UF 2022 región del Biobío

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Industria manufacturera	314.429.123	33
Comercio	209.629.597	22
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	125.706.830	13
Transporte y almacenamiento	71.997.807	7
Construcción	47.234.750	5

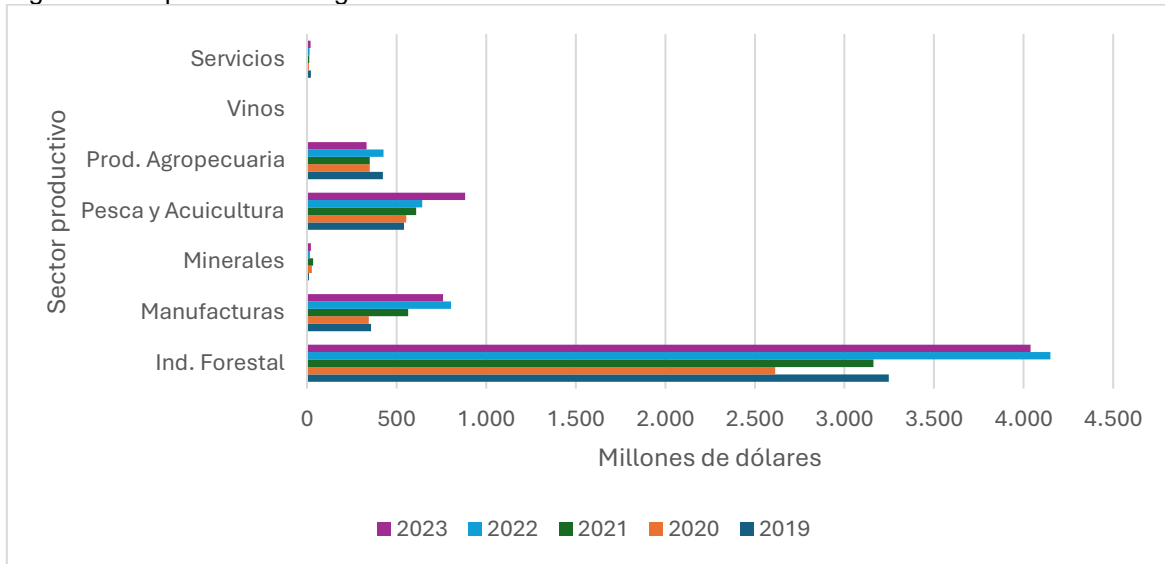
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 62. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región del Biobío

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Construcción	80.702	14	8.189	72.233
Industria manufacturera	70.403	12	13.034	57.048
Comercio	68.035	12	29.977	37.644
Actividades de servicios administrativos	62.493	11	20.806	41.437
Enseñanza	60.575	11	42.100	18.168

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 77. Exportaciones región del Biobío

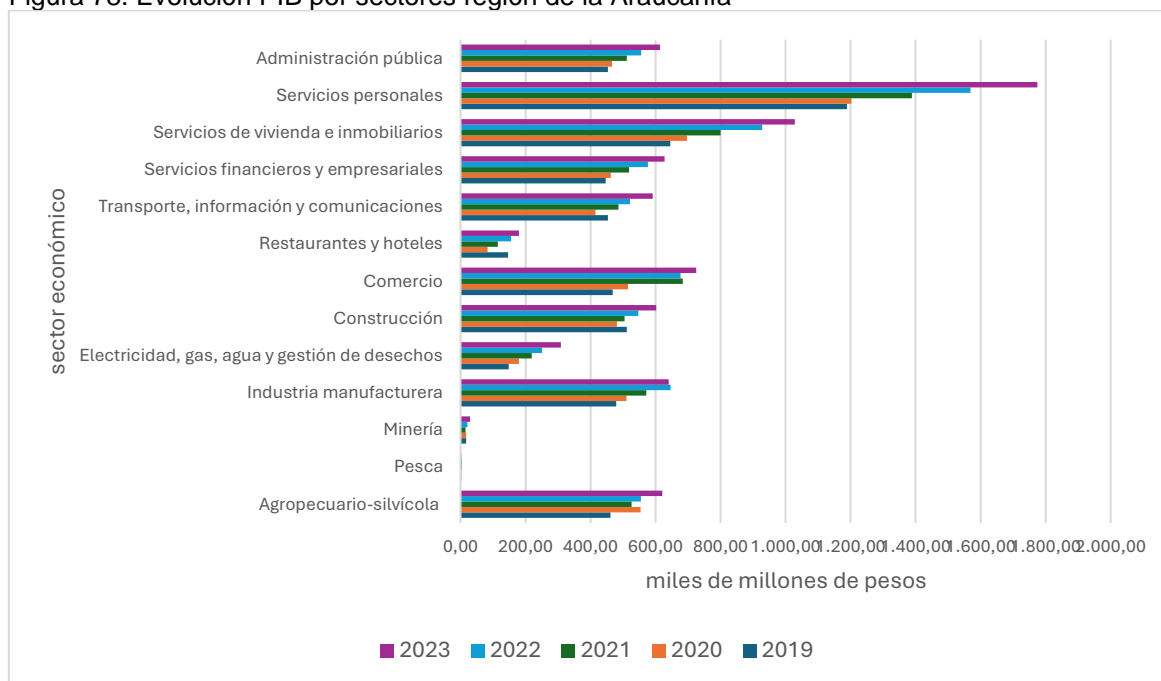


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región del Biobío, al año 2023, contaba con un PIB de \$12.797 (Doce billones setecientos noventa y siete mil millones de pesos chilenos) representando el 6,3% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 4 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Industria Manufacturera, Servicios Personales, Servicios Financieros y Empresariales, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios, Agropecuario Silvícola y Comercio. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (33%), Transporte y almacenamiento (11%) e Industria manufacturera (10%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Industria manufacturera (33%), Comercio (22%) y Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (13%). Sobre el empleo (tabla 46), los sectores que destacan son Construcción (14%) Industria manufacturera (12%) y Comercio (12%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Industria Forestal y Pesca y Acuicultura siendo los más relevantes Celulosa (35,19%), Madera aserrada y/o cepillada (9,35%), Tableros de madera (9,10%), Madera contrachapada (5,92%) y Derivados del petróleo (5,61%).

## Araucanía

Figura 78. Evolución PIB por sectores región de la Araucanía



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 63. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de la Araucanía

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	22.336	30
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	8.850	12
Transporte y almacenamiento	7.585	10
Industria manufacturera	6.974	10
Construcción	6.159	8

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 64. Ventas por rubro en UF 2022 región de la Araucanía

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	115.907.934	36
Industria manufacturera	44.208.264	14
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	40.296.686	12
Construcción	33.815.496	10
Transporte y almacenamiento	15.177.929	5

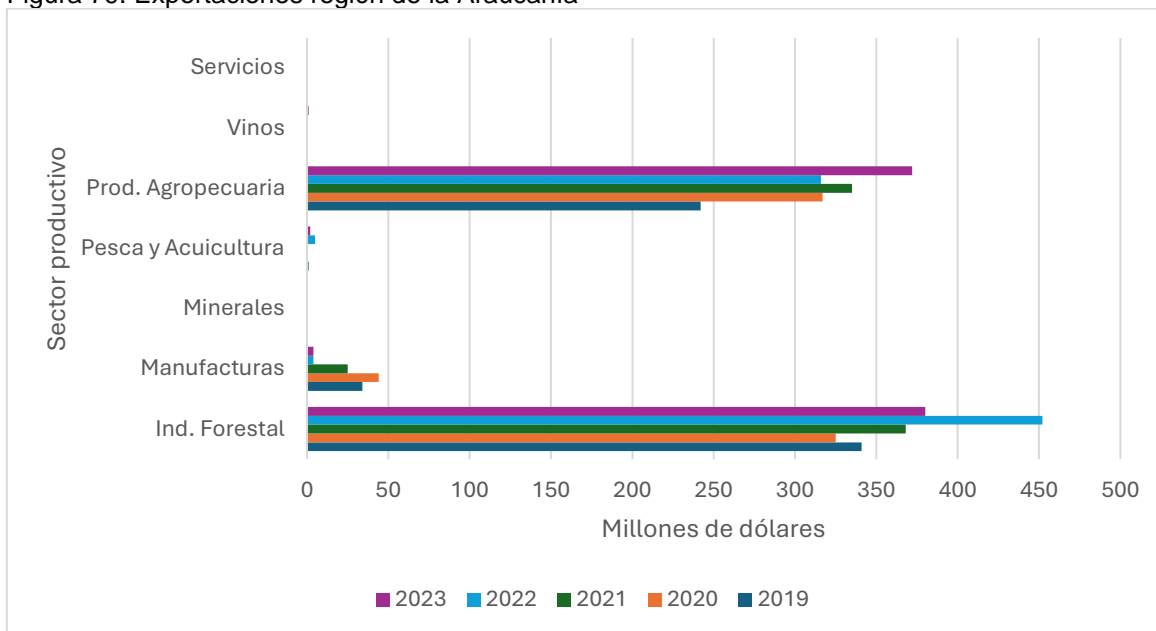
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 65. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de la Araucanía

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Construcción	58.377	19	5.365	52.863
Comercio	47.172	15	22.029	25.014
Administración pública y defensa	33.358	11	22.025	11.305
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	33.280	11	10.404	22.871
Enseñanza	29.292	9	20.115	9.073

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 79. Exportaciones región de la Araucanía

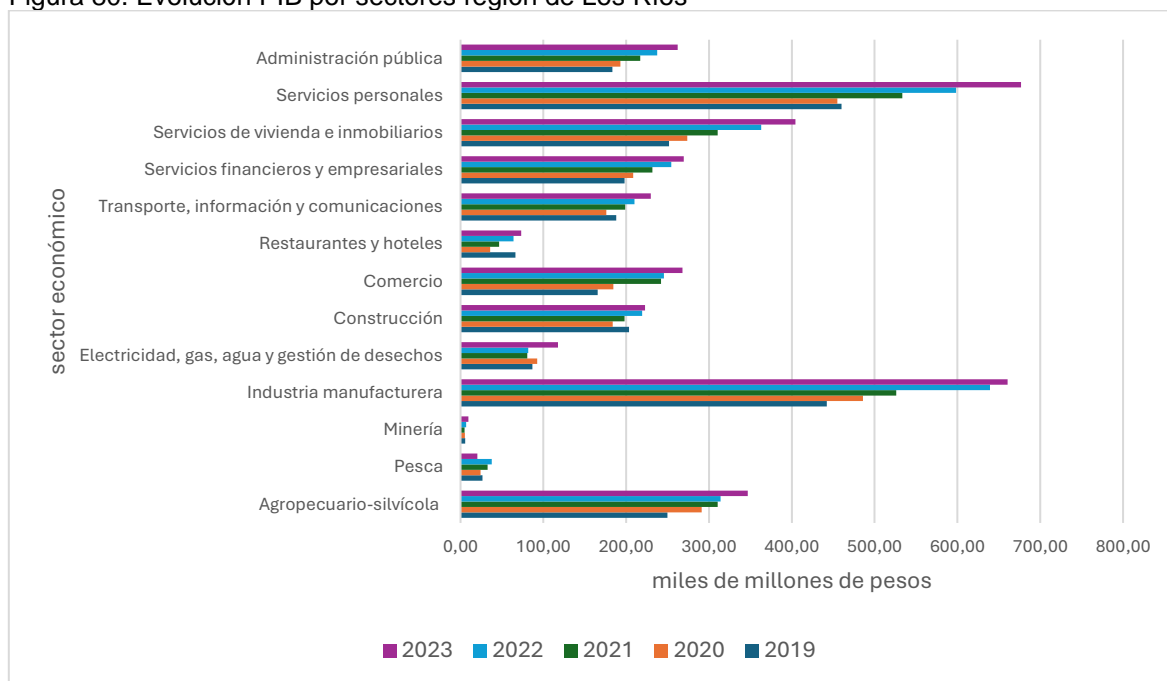


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de la Araucanía, al año 2023, contaba con un PIB de \$5.923 (Cinco billones novecientos veinte y tres mil millones de pesos chilenos) representando el 2,9% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 9 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios, Comercio, Industria manufacturera y Servicios Financieros y Empresariales. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (30%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (12%) y Transporte y almacenamiento (10%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (36%) Industria manufacturera (14%) y Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (12%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Construcción (19%) Comercio (15%) y Administración Pública y Defensa (11%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Industria Forestal y Productos Agropecuarios siendo los más relevantes Celulosa (36,22%), Harinas y almidones y derivados de cereales (23,29%), Manzanas frescas (10,52%), Madera en plaquitas (5,19%) y Carne de bovinos (4,58%).

## Los Ríos

Figura 80. Evolución PIB por sectores región de Los Ríos



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 66. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Los Ríos

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	8.703	27
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	4.379	14
Industria manufacturera	3.257	10
Construcción	3.212	10
Transporte y almacenamiento	2.911	9

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 67. Ventas por rubro en UF 2022 región de Los Ríos

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Industria manufacturera	39.892.073	26
Comercio	27.543.683	18
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	23.355.043	16
Transporte y almacenamiento	13.890.188	9
Construcción	8.330.539	6

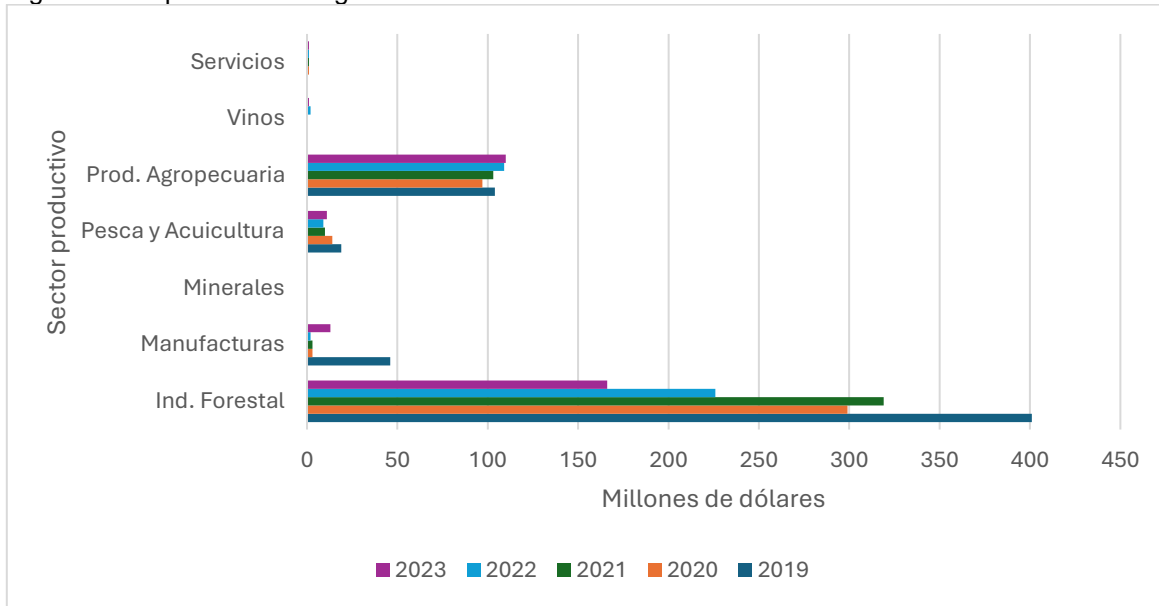
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 68. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Los Ríos

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	16.393	14	5.063	11.297
Construcción	14.014	12	1.433	12.540
Administración pública y defensa	13.534	12	8.995	4.524
Comercio	13.191	12	6.640	6.492
Industria manufacturera	10.822	10	2.856	7.881

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 81. Exportaciones región de Los Ríos

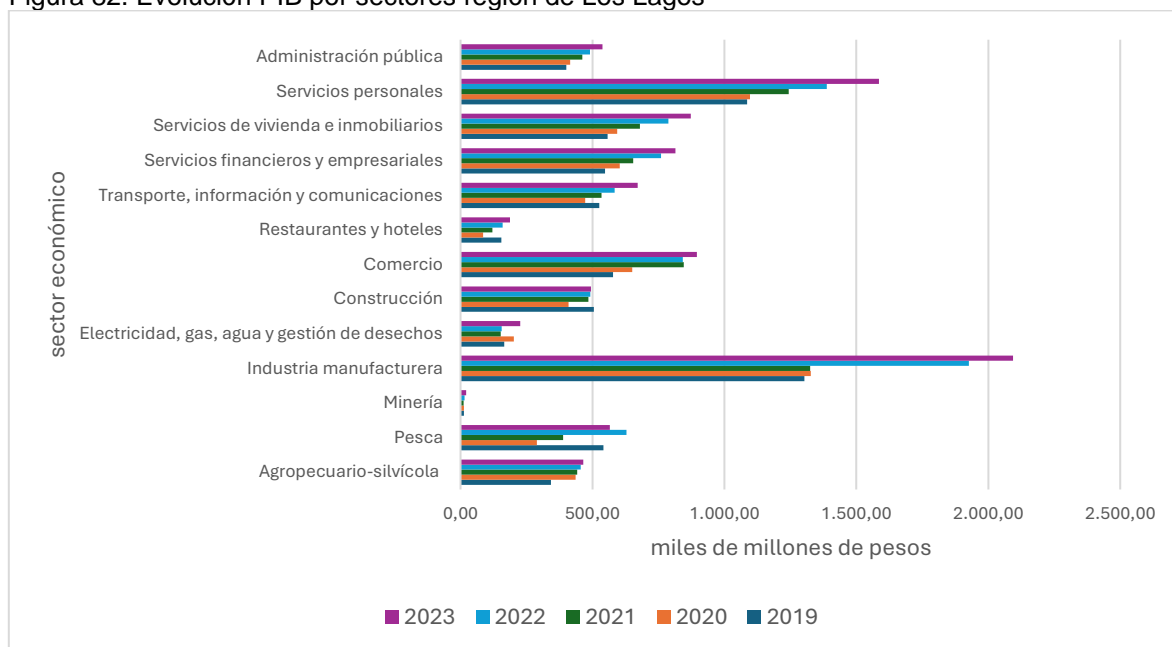


Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Los Ríos, al año 2023, contaba con un PIB de \$2.661 (Dos billones seiscientos sesenta y un mil millones de pesos chilenos) representando el 1,3% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 13 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Servicios Personales, Industria manufacturera, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios, Agropecuario Silvícola y Servicios Financieros. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (27%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (14%) e Industria manufacturera (10%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Industria manufacturera (26%), Comercio (18%) y Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (16%). Sobre el empleo (tabla 52), los sectores que destacan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (14%), Construcción (12%) y Administración Pública y Defensa (12%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones, predominan los sectores de Industria Forestal y Productos Agropecuarios siendo los más relevantes Celulosa (33,60%), Madera en plaquitas (20,51%), Frutas en conserva (9,89%), Arándanos frescos (6,48% y Jugo de cranberry (4,46%).

## Los Lagos

Figura 82. Evolución PIB por sectores región de Los Lagos



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 69. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Los Lagos

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	22.388	28
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	9.896	12
Transporte y almacenamiento	8.467	11
Construcción	7.654	10
Industria manufacturera	7.452	9

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 70. Ventas por rubro en UF 2022 región de Los Lagos

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	462.680.606	45
Comercio	218.422.298	21
Industria manufacturera	132.330.933	13
Transporte y almacenamiento	43.563.463	4
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acon.	38.375.009	4

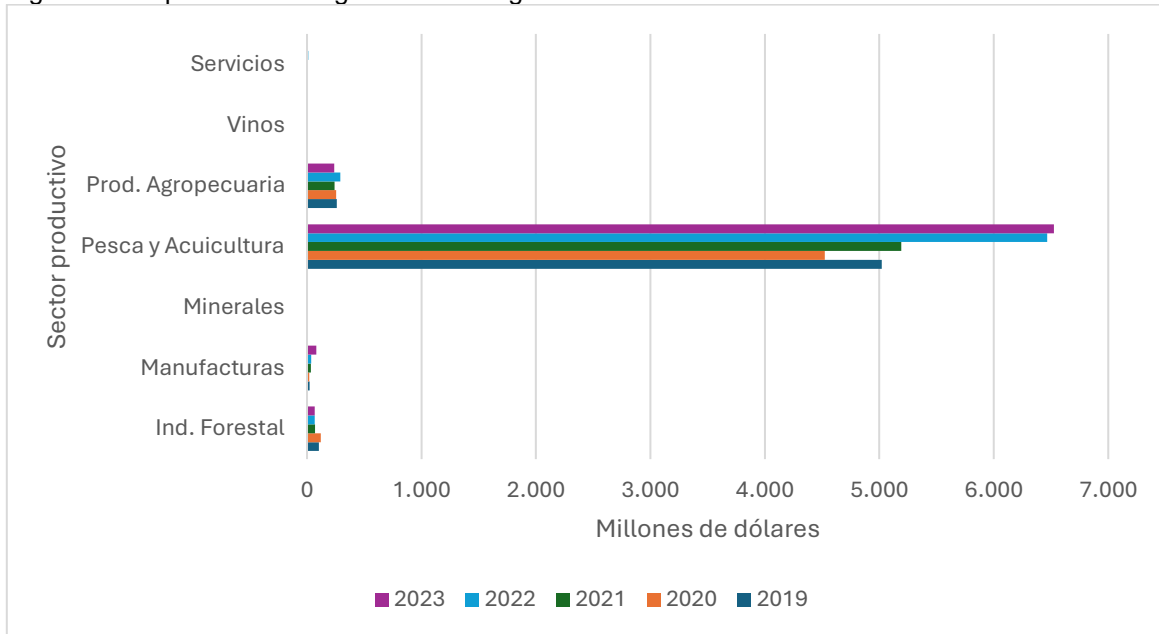
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 71. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Los Lagos

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	81.757	21	21.114	60.590
Comercio	49.113	13	21.298	27.614
Actividades de servicios administrativos	41.184	11	17.788	23.257
Construcción	38.027	10	4.393	33.515
Industria manufacturera	37.663	10	12.156	25.365

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 83. Exportaciones región de Los Lagos



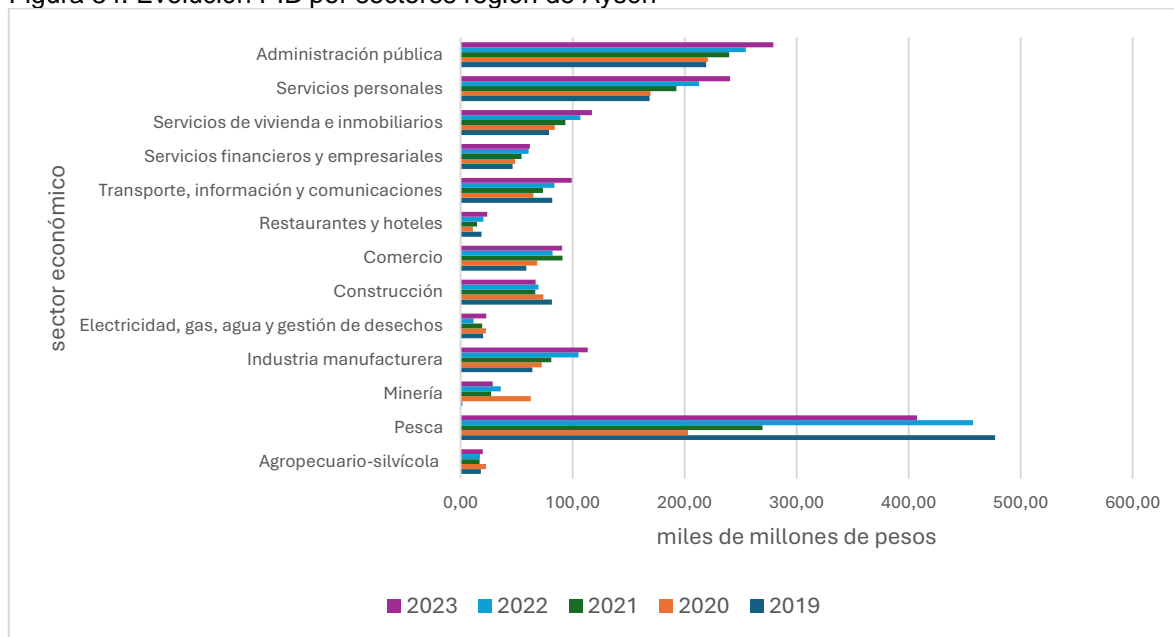
Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Los Lagos, al año 2023, contaba con un PIB de \$7.048 (Siete billones cuarenta y ocho mil millones de pesos chilenos) representando el 3,5% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 7 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Industria manufacturera, Servicios Personales, Comercio, Servicios de Vivienda e Inmobiliarios y Servicios Financieros y Empresariales. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (28%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (12%) y Transporte y Almacenamiento (11%). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (45%), Comercio (21%) e Industria manufacturera (13%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (21%), Comercio (13%) y Actividades de servicios administrativos (11%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones (gráfico 56), predominan los sectores de Pesca y Acuicultura y Productos Agropecuarios siendo los más relevantes Salmón y trucha (81,99%), Mejillones (4,02%), Aceites de pescado (2,8%), Carraghenina (1,43% y Harinas de pescado y crustáceo (1,31%).



## Aysén

Figura 84. Evolución PIB por sectores región de Aysén



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Chile

Tabla 72. Cantidad de empresas por rubro 2022 región de Aysén

Rubro económico	Cantidad empresas	% del total
Comercio	3.200	27
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1.421	12
Construcción	1.264	10
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1.250	10
Transporte y almacenamiento	1.140	9

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 73. Ventas por rubro en UF 2022 región de Aysén

Rubro económico	Ventas en UF	% del total
Comercio	11.476.855	48
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	3.636.895	15
Construcción	3.403.268	14
Transporte y almacenamiento	2.412.809	10
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1.142.418	5

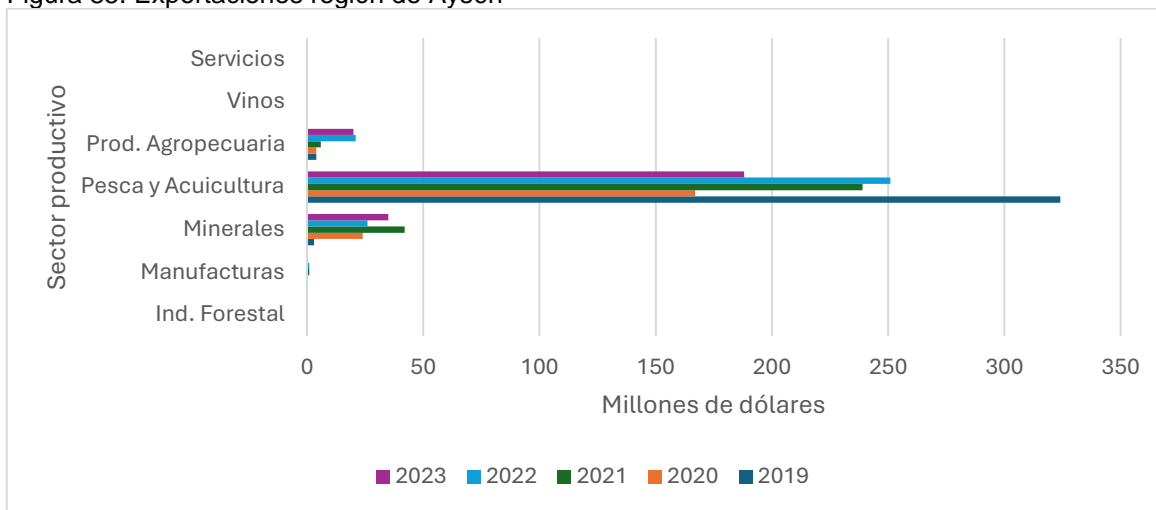
Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Tabla 74. Cantidad de empleos por rubro y sexo 2022 región de Aysén

Sector económico	Cantidad empleos	% del total	Femenino	Masculino
Administración pública y defensa	8.099	23	5.303	2.776
Comercio	5.217	15	2.810	2.379
Construcción	3.651	10	459	3.178
Agricultura, ganadería, silvicultura y pes.	3.385	10	514	3.120
Actividades de servicios administrativos	3.226	9	1.264	1.974

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Impuestos Internos

Figura 85. Exportaciones región de Aysén



Fuente: Elaboración propia con datos de ProChile

La región de Aysén, al año 2023, contaba con un PIB de \$1.247 (Mil billones doscientos cuarenta y siete mil millones de pesos chilenos) representando el 0,6% respecto del PIB nacional, lo que la ubica en el lugar 16 entre las 16 regiones del país. En cuanto a los sectores que mayor participación tienen en el PIB regional se encuentran Pesca, Administración Pública, Servicios Personales, Industria manufacturera y Servicios de Vivienda e Inmobiliarios. Por su parte los rubros económicos que concentran la mayor cantidad de empresas son Comercio (27%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (12%) y Construcción (10). Respecto de las ventas en UF, los rubros que predominan son Comercio (48%), Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (15%) y Construcción (14%). Sobre el empleo, los sectores que destacan son Administración Pública y Defensa (23%), Comercio (15%) y Construcción (10%). Finalmente, en cuanto a las exportaciones (gráfico 58), predominan los sectores de Pesca y Acuicultura y Minerales siendo los más relevantes Salmón y trucha (60,73%), Otra minería (14,25%), Merluzas (13,85%), Quesos (4,64% y Sueros lácteos (2,12%).

## 16.2. Anexo 2: Incentivos y leyes de exención tributaria

Tabla 75. Ley Navarino

Ley Navarino (Ley n° 18.392)	
<b>Descripción</b>	Los beneficios que otorga a las empresas consisten en: Exención de Impuesto Primera Categoría por utilidades devengadas o percibidas; Los propietarios de empresas tendrán derecho a usar en la determinación de su Impuesto Global Complementario o Adicional, el crédito establecido en el N° 3 del Art. 56 o Art. 63 del DL824, considerándose para ese sólo efecto que las referidas rentas han estado afectadas por el impuesto de Primera Categoría; La importación de mercancías extranjeras estará liberada del pago de derechos aduaneros; Exención de Impuestos Ley de Timbres que afecta las importaciones; Bonificación del 20% del valor de los bienes producidos por ellos o del valor de los servicios prestados, según se trate, que se efectúen o presten desde el territorio al resto del país. Por su parte, como beneficios para el territorio donde se implementa esta ley se consideran: Exención de contribuciones; exención de IVA entre las operaciones de los residentes; exención de impuesto de Zona Franca para importar ciertas mercancías del art. 12.

<b>Territorio</b>	En términos generales son los territorios al sur del Estrecho de Magallanes (Provincia de Tierra del Fuego, Provincia Antártica Chilena, pequeña parte de la Provincia de Magallanes).
<b>Actividades</b>	Industriales, mineras, de explotación de las riquezas del mar, de transporte y de turismo.
<b>Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas o Personas Naturales (con iniciación de actividades) que desarrollen exclusivamente actividades autorizadas, siempre que su actividad signifique la racional utilización de los recursos naturales y que se asegure la preservación de la naturaleza y del medio ambiente.</li> <li>• Autorización del Gobernador Regional.</li> <li>• Contabilidad Completa.</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	Hasta el 2035

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 76. Ley Tierra del Fuego

<b>Ley Tierra del Fuego (Ley n° 19.149)</b>	
<b>Descripción</b>	Los beneficios que otorga son: Exención de Impuesto Primera Categoría por utilidades devengadas o percibidas; Los propietarios de empresas tendrán derecho a usar en la determinación de su Impuesto Global Complementario o Adicional, el crédito establecido en el N° 3 del Art. 56 o Art. 63 del DL 824, considerándose para ese sólo efecto que las referidas rentas han estado afectadas por el impuesto de Primera Categoría; La importación de mercancías extranjeras no estará afecta al pago de derechos, tasas y demás gravámenes que cobren las Aduanas, como asimismo, de los impuestos contenidos en el DL 825; Exención de Impuesto Territorial para los bienes raíces destinados al giro de las empresas autorizadas para su instalación en Primavera y Porvenir; Exención de IVA a empresas proveedoras de empresas acogidas.
<b>Territorio</b>	Comunas de Porvenir y Primavera
<b>Actividades</b>	Industriales, agroindustriales, agrícolas, ganaderas, mineras, de explotación de las riquezas del mar, de transporte y turismo.
<b>Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas o Personas Naturales (con iniciación de actividades) que desarrollen exclusivamente actividades autorizadas, siempre que su actividad signifique la racional utilización de los recursos naturales y que se asegure la preservación de la naturaleza y del medio ambiente.</li> <li>• Autorización del Gobernador Regional.</li> <li>• Contabilidad Completa.</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	Hasta el 2036

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 77. Ley Austral

<b>Ley Austral (Ley n° 19.606)</b>	
<b>Descripción</b>	Los beneficios que otorga son un crédito tributario respecto de los bienes incorporados a un proyecto de inversión que efectúen en los territorios favorecidos, destinados a la producción de bienes o prestación de servicios en dichos territorios. El porcentaje de crédito por aplicar sobre el monto de inversión será: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 200.000 UTM: 32%</li> <li>• En la parte que supere las 200.000 UTM y sea inferior a 2.500.000 UTM: 15%</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la parte que sea igual o superior a 2.500.000 UTM: 10%</li> <li>• El crédito máximo para impetrar por el contribuyente será de 80.000 UTM.</li> </ul>
<b>Territorio</b>	Regiones de Aysén y de Magallanes y de la Provincia de Palena
<b>Actividades</b>	N/A
<b>Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser contribuyentes afectos a la Primera Categoría de la Ley de Impuesto a la Renta.</li> <li>• Declarar renta efectiva determinada según contabilidad completa.</li> <li>• La Inversión en bienes objeto del crédito tributario debe ser por un monto superior a 500 UTM</li> <li>• Proyecto autorizado por SII</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazo para acogerse al crédito tributario: hasta el 31 de diciembre de 2035.</li> <li>• Plazo para la recuperación del crédito tributario: hasta el 31 de diciembre de 2045.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 78. Ley Zona Franca

<b>Ley Zona Franca (DFL n° 2, de 2001 del Ministerio de Hacienda)</b>	
<b>Descripción</b>	<p>Primero que todo, como definición de recinto franco se considera un área o porción de terreno chileno perfectamente deslindada y próxima a un puerto o aeropuerto amparada por presunción de extraterritorialidad aduanera en la cuales las mercancías pueden ser depositadas, transformadas, manufacturadas o comercializadas sin restricción alguna. Luego, como Zona Franca de Extensión (ZFE) se considera al territorio situado inmediatamente adyacente al recinto franco. Los habitantes, empresas e instituciones ubicadas en estas áreas, pueden adquirir mercancías bajo Zona Franca, en conformidad a las disposiciones generales que rigen la franquicia.</p> <p>En cuanto a los beneficios que otorga, estos se separan entre aduaneros y tributarios. En el caso de los aduaneros: Mientras las mercancías permanezcan en Zona Franca se considerarán como si estuvieran en el extranjero y, por lo tanto, no estarán afectadas al pago de derechos, impuestos, tasas y demás gravámenes que afectan a la importación de bienes bajo el Régimen General de comercio exterior del país que se perciban por intermedio de Aduanas; Podrán ingresar a las Zonas Francas, bajo el mismo sistema de franquicias, las maquinarias destinadas a efectuar cualquiera de los procesos a que se refiere la Ley de Zonas Francas, o aquellas destinadas al transporte y manipulación de las mercancías, dentro de las respectivas Zonas, como también los combustibles, lubricantes y repuestos necesarios para su mantenimiento. En cuanto a los tributarios: Exención del impuesto de Primera Categoría o Impuesto a las Utilidades; Crédito para socios/accionistas 50% Primera Categoría contra IGC o IA, para contribuyentes de renta atribuida o régimen simplificado; Exención del pago de IVA por las operaciones que se realizan bajo régimen de Zona Franca.</p>
<b>Territorio</b>	Para estos efectos, el recinto franco que se considera para la región es el que se encuentra en la ciudad de Punta Arenas. Como ZFE se consideran los presentes en Aysén, Magallanes y la Provincia de Palena.
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades comerciales: Importación y exportación de mercaderías; venta mayorista y minorista de productos.</li> <li>• Actividades industriales: Procesamiento y manufactura como ensamblaje, transformación, fabricación y otras actividades industriales, incorporando tanto materias primas importadas como nacionales. Esta combinación de insumos se permite siempre que los componentes nacionales no excedan del 50% del producto final.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunos servicios logísticos como almacenamiento, etiquetado, reempaque y distribución de mercancías.</li> </ul>
<b>Requisitos</b>	<p>Para ser usuario de Zona Franca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Empresa constituida en Chile</li> <li>Suscripción de contrato con la sociedad administradora</li> <li>Presentación de documentos requeridos (escritura, rut, etc.)</li> <li>Garantías y obligaciones</li> <li>Cumplimiento de normativas internas</li> </ul> <p>Para las Zonas Francas de extensión: El Ministerio de Hacienda, mediante decreto supremo y previo informe del Intendente Regional (actual gobernador), podrá otorgar autorizaciones de carácter general para la instalación de recintos fuera de las Zonas Francas y dentro de la región respectiva, las que se considerarán parte integrante de ellas y gozarán, por tanto, de todos los beneficios que establece el presente decreto ley.</p>
<b>Vigencia</b>	Indeterminada

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 79. DFL 15

<b>DFL 15 (DFL n° 3, de 2001 del Ministerio de Hacienda):</b>	
<b>Descripción</b>	El beneficio que otorga es una bonificación del 20% del monto invertido en las inversiones o reinversiones de pequeños y medianos inversionistas, productores de bienes o servicios,
<b>Territorio</b>	Arica y Parinacota, Tarapacá, Aysén y Magallanes y provincias de Chiloé y Palena.
<b>Actividades</b>	En general actividades que hayan realizado inversiones en: Construcciones; Maquinarias; Equipos; Animales finos para la reproducción, directamente vinculados al proceso productivo e incorporable a su activo, de acuerdo con el giro o actividad que desarrolle el interesado; Pesca artesanal; Vehículos de carga con capacidad desde 2.500 Kg., vehículos de transporte de pasajeros con capacidad desde 14 pasajeros; Ambulancias, vehículos hormigoneros, grúas y otros análogos para usos especializados distintos del transporte propiamente tal.
<b>Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Postular al beneficio mediante concurso administrado por Corfo.</li> <li>Acreditar calidad de industrial, comerciante, artesano o productor de bienes o servicios u otra, que desarrolle otra actividad que lo habilite para acceder a la bonificación.</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	Hasta 2025

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 80. Bonificación a la mano de obra

<b>Bonificación a la mano de obra (Ley n° 19.853)</b>	
<b>Descripción</b>	Está dirigido a empleadores de las zonas indicada, los cuales contraten personal en forma permanente, y además deben ser residentes de esa misma zona. Otorga una bonificación del 17% de las remuneraciones imponibles que no exceda de \$182.000 de los empleados con domicilio y trabajo permanente. (*Monto se va reajustando de acuerdo al IPC); En las regiones de Aysén y de Magallanes y en las provincias de Chiloé y Palena, esta bonificación

	se pagará sólo en los casos que las remuneraciones sean superiores en un 20% al salario mínimo mensual vigente en el país.
<b>Territorio</b>	Regiones de Tarapacá, Aysén y Magallanes y en las provincias de Chiloé y Palena.
<b>Actividades</b>	N/A
<b>Requisitos</b>	<p>No podrán optar a esta bonificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las trabajadoras de casa particular, profesionales y trabajadores independientes</li> <li>• En los casos que un trabajador esté contratado por más de un empleador que utilice éste benéfico, puede ser invocado sólo por uno empleador.</li> <li>• Los empleadores que incurran en falta de cumplimiento oportuno de los pagos previsionales (sólo respecto del mes el incumplimiento)</li> <li>• Trabajadores de Gobierno, la gran y mediana minería del cobre y el hierro, empresa en que el Estado tenga 30% o más de su propiedad, empresas bancarias, empresas mineras que directa o indirectamente tenga 100 o más trabajadores, sociedades financieras, empresa de seguros, empresas de pesca reductiva, AFP, ISAPRES, casas de cambio, corredoras de seguros.</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	Hasta 2035

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

Tabla 81. DL 889

<b>DL 889 (de 1975, Ministerio de Economía)</b>	
<b>Descripción</b>	Si un trabajador presta servicios en zonas extremas del país, tiene derecho a rebajar la asignación de zona estableciéndose un sistema de deducciones a las bases imponibles afectas al Impuesto de Único de Segunda Categoría y al Impuesto Global Complementario.
<b>Territorio</b>	Arica Parinacota, Aysén, Magallanes y la actual provincia de Chiloé.
<b>Actividades</b>	N/A
<b>Requisitos</b>	<p>Esto se obtiene siempre que dicho trabajador:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenga residencia en la I, XI, XII y actual provincia de Chiloé.</li> <li>• Obtenga rentas generadas en dichas regiones y clasificadas en el artículo 42 de la Ley sobre Impuesto a la Renta.</li> <li>• Que no gocen de la gratificación de zona, en virtud de lo dispuesto en el Decreto Ley N° 249, de 1974.</li> <li>• El acceso al beneficio se determina en la operación renta.</li> </ul>
<b>Vigencia</b>	2025

Fuente: Elaboración propia con información facilitada por Seremi Hacienda Magallanes.

### 16.3. Anexo 3: Lista de personas entrevistadas

Tabla 82. Lista de entrevistados

<b>Nro.</b>	<b>Institución</b>
1	Otway Green Energy
2	Total Energies
3	HIF Chile / H2V Magallanes
4	Centro de Innovación UC
5	Consorcio Austral
6	Consorcio Austral

7	Grupo EDF
8	H2 Chile
9	Fundación Chile
10	Corfo
11	Corfo
12	Corfo
13	HNH Energy
14	Gasco Magallanes
15	TEG Chile
16	Comasa
17	Fundación Chile
18	Asoc. Empresas de Tecnología
19	HIF Chile
20	Indura
21	Concremag
22	Edelmag
23	Edelmag
24	Enaex
25	Enex
26	Agromarin
27	Corfo
28	Cementos Melón
29	Embajada Países Bajos
30	Mankuk
31	ENAP
32	Ministerio de Economía
33	Tecnoera (Data Centers)
34	Clúster químico de Baviera
35	Universidad de Concepción
36	Ultramar
37	Ultramar
38	GNL Quintero
39	Methanex
40	Antártica XXI
41	CTR
42	EPAustral
43	Invest Chile

Fuente: Elaboración propia

#### 16.4. Anexo 4: Panel de personas expertas

En el marco del estudio para la identificación de sectores con mayor potencial de desarrollo en un hub industrial adyacente a proyectos de H2V en Magallanes, se convocó a un panel de personas expertas para evaluar y priorizar las oportunidades productivas con base en criterios económicos, productivos y ambientales.

El panel conformado por especialistas en políticas públicas, desarrollo productivo, industria del H2V, asuntos antárticos, entre otros.

Tabla 83. Integrantes panel de expertos

Nro.	Descripción
1	Especialista en políticas públicas y desarrollo productivo
2	Especialista en la industria del hidrógeno verde y derivados
3	Especialista en políticas públicas y desarrollo productivo
4	Especialista en asuntos antárticos
5	Directora Regional de Corfo Magallanes
6	Ex coordinador nacional programa RH2 en GIZ

Fuente: Elaboración propia

Se implementó una metodología Delphi adaptada (Universidad de Barcelona, 2016). Este enfoque permitió garantizar un análisis riguroso y participativo, orientado a buscar consenso entre las personas participantes. Para esto el proceso se dividió en 3 etapas:

- A las personas integrantes del panel se les entregó un formulario online junto con información detallada, al menos 7 días antes de la actividad grupal, sobre las 14 oportunidades previamente identificadas. Cada oportunidad fue evaluada de forma anónima según una serie de criterios predefinidos, como su impacto económico, potencial de encadenamiento productivo, entre otros. Esta fase buscó recoger percepciones iniciales sin la influencia de opiniones grupales. La Tabla 84 demuestra los criterios evaluados.

Tabla 84. Modelo para evaluación de oportunidades

Oportunidad	Impacto económico (20%)	Impacto encadena. productivo (10%)	Impacto en la formación de capital humano (15%)	Inversión pública necesaria (10%)	Tiempo para la obtención de resultados (15%)	Sustentabilidad ambiental (20%)	Alineación Estrategia Regional de Desarrollo (10%)
1							
2							
3							
4							

Fuente: Elaboración propia

- En una sesión virtual, se presentaron al inicio los resultados agregados de las evaluaciones individuales. Los expertos participaron en un diálogo estructurado, ordenado por sorteo, donde dieron a conocer su visión, argumentos, justificaciones y prioridades para la selección de sectores teniendo entre 5 y 10 minutos cada uno. Al finalizar las intervenciones individuales se dio paso a diálogo abierto donde pudieron debatir sobre las diferentes opciones. Este intercambio permitió profundizar en los argumentos técnicos y estratégicos detrás de cada oportunidad.
- Tras el debate, los expertos/as realizaron una nueva evaluación considerando los aportes grupales. Este proceso iterativo permitió afinar la priorización y lograr un consenso sobre los sectores, bajo estas condiciones, con mayor potencial.

El proceso de selección de sectores con mayor potencial de desarrollo en un *hub* industrial adyacente a proyectos de H2V en Magallanes requirió un amplio debate entre el panel de especialistas, donde se analizaron múltiples variables económicas, productivas y ambientales. El consenso alcanzado no representó un listado cerrado de sectores estratégicos, sino más bien una priorización adaptada a los objetivos del estudio. Se reconoce que, a medida que la industria del H2V y sus derivados avance y el mercado madure, nuevas oportunidades podrán surgir, permitiendo la incorporación de nuevos sectores productivos para su análisis.