

ESTUDIO DE CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA CHILENA PARA PROYECTOS DE HIDRÓGENO



Rubén Guzmán – Ministerio de Energía de Chile
Pablo Tello – Clúster de Energía GIZ ConoSur
20-11-2024

Agenda

- 1. Objetivos del estudio**
- 2. Enfoque metodológico**
- 3. Terminales seleccionados e identificados**
- 4. Proyección demanda - capacidad**
- 5. Resultados**
- 6. Conclusiones**

Objetivos del estudio

- “Cuantificar la capacidad portuaria actual y futura en Chile asociada a las presentaciones de carga que requerirá la industria del hidrógeno renovable, de tal manera de saber si esta podrá absorber las necesidades futuras del ecosistema tanto por el lado de la importación como por el de la exportación”.
- “Se considerará como base la información histórica sobre las operaciones de transferencia en los puertos situados en las regiones por las cuales se han ingresado componentes de proyectos renovables (Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Los Lagos, entre otros)”
- “y también las proyecciones de demanda de esta industria según tres escenarios posibles que serán elaborados por el Ministerio de Energía de Chile”.

Enfoque metodológico

1. Descripción y resiliencia del funcionamiento del sistema portuario: obstáculos y grado urgencia soluciones
2. Caracterización de la oferta portuaria existente: ubicación, propietario, tipo de propietario (privado o estatal), régimen de tenencia de bienes nacionales de uso público (Concesión Marítima o Recinto Portuario Ley N° 19.542), tipo de uso (privado o público), sitios y frentes de atraque asociados, y productos
3. Entrevistas con operadores para validación de información secundaria levantada
4. Proyección de desembarque carga proyecto, embarque de exportación y cabotaje, y desembarque de cabotaje, a partir de proyecciones del Ministerio de Energía de Chile, según carrier definido "Amoníaco".

Enfoque metodológico

5. Definición de centros de producción de H₂R y modelo logístico de abastecimiento consumo nacional.
6. Selección y categorización de puertos y terminales aptos para atender naves de diseño definidas para el desembarque de carga de proyecto, embarque de exportación y cabotaje, y desembarque de cabotaje, incluyendo la caracterización de sus instalaciones: superficies, equipamiento, obras proyectadas, estimación de capacidad según metodología MTT, y situación de las autorizaciones: Concesiones Marítimas, Recinto Portuario, RCA, PRC/PRI, Resoluciones de DIRECTEMAR, y accesos viales.
7. Cálculo de brechas y estimación y caracterización de requerimientos de infraestructura adicional.

Terminales seleccionados e identificados

Desembarque carga proyectos eólicos (20)

Región	Comuna	Puerto /Terminal	Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	Arica	Puerto Arica	Con operaciones realizadas. Componentes menores	10	347	50.000	14,5
Tarapacá	Iquique	Puerto Iquique	Especializado en CG. Componentes menores	11	232	48.066	34,3
Antofagasta	Mejillones	Complejo Portuario Puerto Angamos	Con operaciones realizadas. Alta demanda en CG	14	249	126.000	40,0
Antofagasta	Antofagasta	Puerto Antofagasta	Especializado en CG. Componentes menores	12	224	117.248	4,0
Atacama	Chañaral	Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Transfiere CG. Componentes menores	8,5	220	58.000	0,8
Atacama	Caldera	Muelle Punta Caleta	Especializado en CG; con operaciones realizadas	11,2	222	60.000	5,8
Atacama	Huasco	Muelle Multipropósito Puerto Las Losas	Con operaciones realizadas	13	225	75.000	29,0
Coquimbo	Coquimbo	Puerto Coquimbo	Con operaciones realizadas	14	300	86.000	9,5
Valparaíso	Valparaíso	Puerto Valparaíso	Especializado en CG. Componentes menores	14	366	155.438	21,0
Valparaíso	San Antonio	Puerto de San Antonio	Con operaciones realizadas	14,89	367	177.000	37,1
Del Biobío	Talcahuano	Puerto Talcahuano	Especializado en CG. Componentes menores	8,2	190	49.000	8,0
Del Biobío	Talcahuano	Puerto San Vicente	Especializado en CG. Componentes menores	16,3	367	176.250	40,0
Del Biobío	Penco	DP World Lirquén	Con operaciones realizadas	15,5	366	181.000	39,8
Del Biobío	Coronel	Puerto Coronel	Con operaciones realizadas	14,1	366	164.000	86,0
Los Ríos	Corral	Muelle Comercial de Corral	Con operaciones realizadas con apoyo barcazas	12,2	229	70.000	2,2
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto de Puerto Montt	Con operaciones realizadas	10,8	229		11,6
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto Chincui	Con operaciones realizadas	13	230	86.899	33,0
Aysén	Aysén	Puerto Chacabuco	Con operaciones realizadas	9,6	192	38.000	6,4
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal J.S. Mardones	Con operaciones realizadas. Exportación contenerizada	13,9	250	65.000	24,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Muelle Bahía Laredo	Posibilidades de reconversión. Transferencia de carga de proyecto con apoyo artefacto naval	2,5	76,2	1.746	88,0

Terminales seleccionados e identificados

Embarque exportación y cabotaje (21)

Región	Comuna	Puerto / Terminal	Situación actual/Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Tarapacá	Iquique	Terminal Marítimo Minera Patache	Cierre de central Tarapacá CT Tar / Reconversión.	14,4	230	85.344	3,7
Antofagasta	Tocopilla	Terminal Marítimo Electroandina	Cierre de centrales Norgener y Tocopilla / Reconversión.	14,6	243	95.000	19,3
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo GNL Mejillones S.A.	Desembarque de GNL / Posibilidades de expansión.	12,5	300	130.000	56,1
Antofagasta	Mejillones	Terminal Graneles del Norte (TGN) S.A.	Cierre de centrales Angamos y Cochrane / Reconversión	14,4	250	95.000	56,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Interacid Trading (Chile) S.A.	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	14,0	242,8	80.300	28,3
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Terquim S.A.	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	12,8	193	95.000	6,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Puerto Andino	Transfiere graneles / Reconversión	17,9	292	198.500	9,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	Cierre de centrales IEM, Hornitos, Andina, CTMs / Reconversión	14,3	230	85.344	19,0
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Enaex S.A.	Importación de amoníaco / Reconversión	12,5	200	42.098	67,0
Atacama	Caldera	Muelle Punta Caleta	Posibilidades de expansión	11,2	222	60.000	345,8
Atacama	Huasco	Muelle Mecanizado Guacolda I	Cierre de centrales Guacolda / Reconversión	13,5	240	72.000	8,2
Valparaíso	Quintero	Muelle Oxiquim	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	12,55	235	77.400	27,2
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo Gas Natural Licuado (GNL) Quintero	Desembarque de GNL / Posibilidades de expansión.	13,0	300	180.000	40,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal Marítimo de Cabo Negro	Posibilidades de expansión	14,2	241	100.063	700,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal J.S. Mardones	Exportación contenedorizada	13,9	250	65.000	24,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Muelle Bahía Laredo	Posibilidades de reconversión	2,5	76,2	1.746	88,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Punta Arenas	Terminal Marítimo Pecket (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	16,5	240	s/i	900,0
Magallanes y la Antártica Chilena	San Gregorio	Terminal Marítimo Gregorio	Transfiere productos químicos / Posibilidades de expansión	14,9	250	75.000	235,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Río Verde	Terminal Otway (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	16,5	292	200.000	1,0
Magallanes y la Antártica Chilena	Primavera	Terminal Marítimo Clarenia (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	s/s	s/s	s/s	8,4
Magallanes y la Antártica Chilena	Primavera	Terminal Marítimo Puerto Percy (inhabilitado)	Posibilidades de reconversión	s/s	s/s	s/s	130,0

Terminales seleccionados e identificados

Desembarque cabotaje (26)

Región	Comuna	Puerto / Terminal	Condiciones	Calado (m)	Eslora (m)	DWT (tm)	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	Arica	Terminal Marítimo COMAP Arica	Muelle multiboya. Desembarca combustible	13,0	185		2,5
Arica y Parinacota	Arica	Puerto Arica	Cuenta con terminal de líquidos sin uso	11,0	347	50.000	s/i
Tarapacá	Iquique	Terminal Marítimo COMAP Iquique	Muelle multiboya. Desembarca combustible	12,8	229,0		1,9
Antofagasta	Mejillones	Terminal Marítimo Oxiquim S.A.	Desembarca productos químicos. Posibilidades de expansión	13,5	200,0	95.000	7,3
Atacama	Chañaral	Muelle Cobrero Mixto Puerto Barquito	Desembarca productos químicos	9,2	220,0	58.000	0,7
Atacama	Chañaral	Terminal Marítimo Petrolero Barquito	Desembarca combustibles. Posibilidades de expansión	14,0	250,0	58.000	6,0
Atacama	Caldera	Muelle Punta Caleta	Posibilidades de expansión	10,5	160,0		5,8
Atacama	Huasco	Muelle Mecanizado Guacolda I	Posibilidad de Reconversión	13,6	240,0	72.000	8,1
Valparaíso	Rapa Nui	Terminal Marítimo Vinapu	Desembarca productos químicos. Isla de Pascua	11,2	222,0	60.000	7,0
Valparaíso	Quintero	Muelle Oxiquim	Muelle Multiboya, desembarca productos químicos, (Metanol)	21,5	345,0	350.000	24,0
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo LPG Quintero	Desembarca productos químicos	10,5	160,0		
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo Multicrudo	Muelle multiboya. Desembarca combustible	10,2	185,0	54.000	68,2
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo Monoboya Quintero	Muelle multiboya. Desembarca combustible	12,9	250,0	130.000	
Valparaíso	Quintero	Muelle Puerto Ventanas S.A.	Desembarca productos químicos. Posibilidades de expansión	14,9	245	84.405	12,7
Valparaíso	Quintero	Terminal Marítimo El Bato, Quintero	Desembarca productos limpios	12,5	250	130.000	199,9
Valparaíso	Quinteros	Terminal Marítimo GNL Quintero	Desembarca GNL. Posibilidades de expansión	13,0	300,0	180.000	40,0
Valparaíso	San Antonio	Puerto de San Antonio	Cuenta con terminales especializados en productos químicos	14,89	367,0	177.000	29,8
Biobío	Talcahuano	Terminal Marítimo ENAP, San Vicente	Transfiere combustible. Posibilidades de expansión	12,2	284,0	136.161	
Biobío	Hualpén	Terminal Marítimo Abastible, San Vicente	Transfiere combustibles limpios	13,4	250,0	80.000	
Biobío	Penco	Muelle de Penco	Posibilidades de reconversión	10,7	205,0	51.190	39,6
Biobío	Coronel	Muelle Chollín	Posibilidades de reconversión	14,6	210,0	95.410	82,0
Biobío	Coronel	Terminal Marítimo Escuadrón Oxiquim S.A.	Transfiere metanol. Posibilidades de expansión	12,2	211,0	50.000	24,9
Los Lagos	Puerto Montt	Puerto Chincui	Posibilidades de expansión	13,0	230	86.899	33,0
Los Lagos	Calbuco	Terminal Marítimo San José de Calbuco	Desembarca combustibles. Posibilidades de expansión	12,6	229,0	82.811	36,0
Aysén	Aysén	Terminal Marítimo COPEC	Muelle multiboya. Desembarca combustible	9,5	125,0	19.628	1,5
Magallanes y la Antártica Chilena	Cabo de Hornos	Terminal de Transbordo de Puerto Williams	Cabotaje multipropósito	1,9	70,6	1.300	

Terminales seleccionados e identificados

Puertos y terminales habilitados para transferir amoníaco y metanol (6)

Región	Comuna	Tipo de producto	Condiciones
Terminal Marítimo Puerto Mejillones S.A.	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y no transfiriendo
Terminal Marítimo Enaex S.A.	Mejillones	Amoníaco	Habilitado y transfiriendo
Terminal Terquim	Mejillones	Clase 2	Habilitado, actualmente 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

Proyección demanda - capacidad

Supuestos para definición de escenarios

Escenario optimista

Demanda doméstica energética: Caso asociado al escenario de "Transición energética acelerada" en base a Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023).

Demanda doméstica no energética, al 2040 se sustituye 100% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos, 100% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad, 100% del hidrógeno producido mediante Steam Methane Reforming (SMR por sus siglas en inglés) utilizado por ENAP.

Demanda de exportación: Supone lograr capacidad de exportación de Estrategia Nacional H2R, con cifras estimadas en el estudio (GIZ, Inicio Chile, 2021) que actualiza y recalcula demanda.

Escenario intermedio

Demanda doméstica energética: Caso asociado al escenario "Rumbo a la Carbono Neutralidad al 2050" en base al Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023).

Demanda doméstica no energética, al 2040 se sustituye: 50% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos, 50% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad, 50% del hidrógeno producido mediante SMR utilizado por ENAP.

Demanda de exportación: Supone lograr al 2050 capacidad total equivalente a los proyectos en Chile de H2R o derivados listados en calidad de factibilidad y prefactibilidad (34 proyectos en total).

Escenario conservador

Demanda doméstica energética: Caso asociado al escenario de "Recuperación económica" en base a Informe PELP preliminar (Ministerio de Energía, 2023).

Demanda doméstica no energética, al 2040 se sustituye: 10% del amoníaco utilizado en Chile para la producción de explosivos, 10% del amoníaco requerido por los fertilizantes nitrogenados importados en la actualidad, 10% del hidrógeno producido mediante SMR utilizado por ENAP.

Demanda de exportación: Supone lograr al 2050 la capacidad total equivalente a los proyectos en Chile de H2R o derivados listados en calidad de factibilidad y con terreno asegurado (14 proyectos en total).

Proyección demanda - capacidad

Escenarios de proyección de hidrógeno [kton H2R]

Escenario	Demanda doméstica						Exportación			Total
	Energética			No Energética						
	Norte	Centro	Sur	Norte	Centro	Sur	Norte	Centro	Sur	
Optimista										
2030	115	73	41	9,4	8,7	6,8	319,7	-	263,3	836,4
2040	752	535	296	64,0	59,3	46,7	2.653,1	-	1.306,9	5.712,7
2050	1.290	1.074	611	64,0	59,3	46,7	4.868,3	-	2.265,7	10.279,5
Intermedio										
2030	38	534	39	4,1	3,8	3,0	92,0	-	82,9	317,2
2040	465	401	254	32,0	29,6	23,4	913,8	-	468,2	2.587,4
2050	912	676	443	64,0	59,3	46,7	1.797,2	-	858,7	4.857,3
Conservador										
2030	22	29	25	1,0	0,9	0,7	58,8	-	53,0	190,0
2040	150	191	133	6,4	5,9	4,7	367,4	-	331,2	1.190,1
2050	351	366	254	32,0	29,6	23,4	925,2	-	474,1	2.456,1

Zona Norte: Región de Arica a Región de Coquimbo

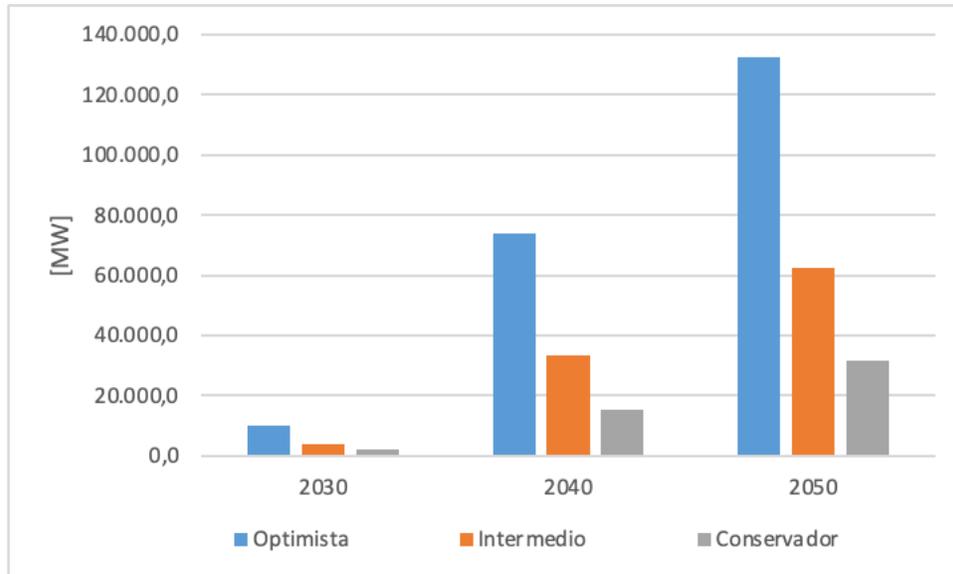
Zona Centro: Región de Valparaíso a Región del Maule

Zona Sur: Región del Biobío a Región de Magallanes y la Antártica Chilena

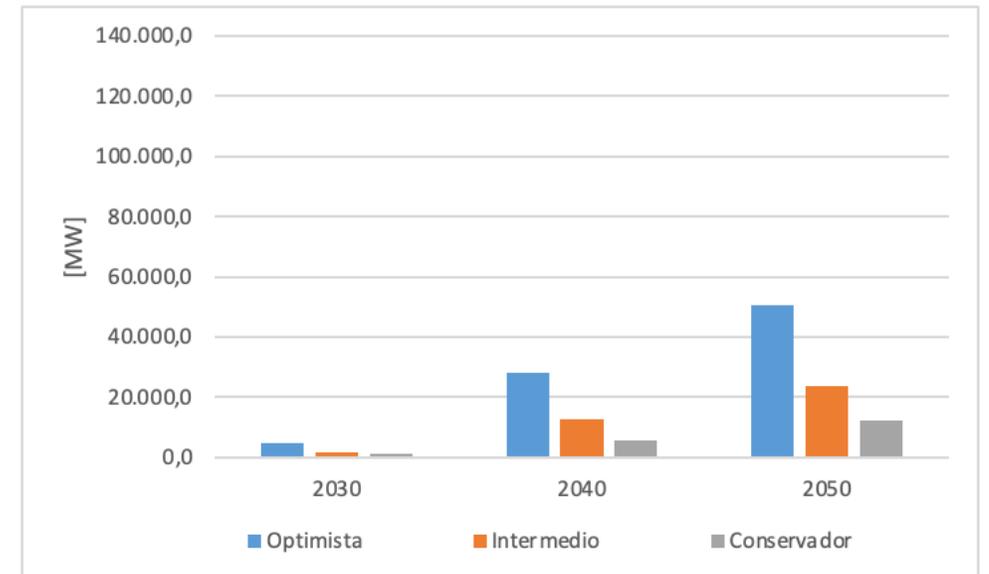
Proyección demanda - capacidad

Proyección potencia instalada según escenario

Proyección Min Energía
Capacidad Instalada Fotovoltaica

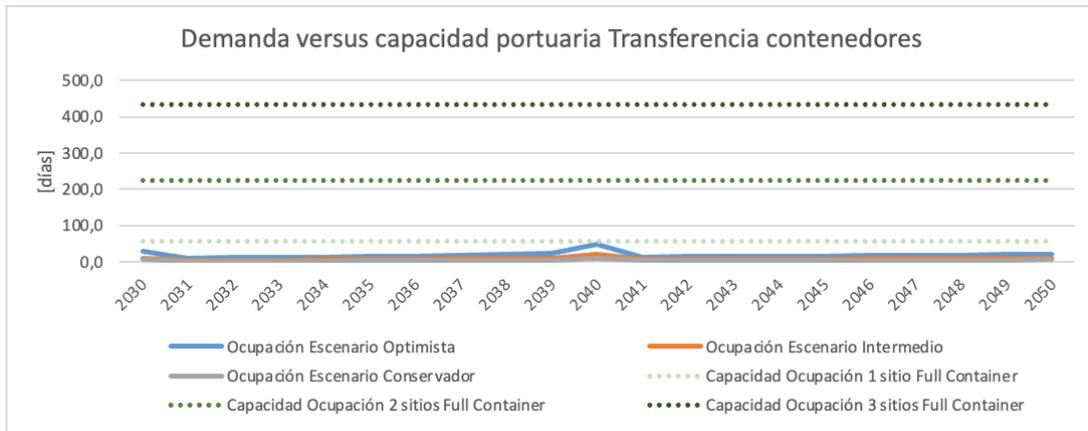
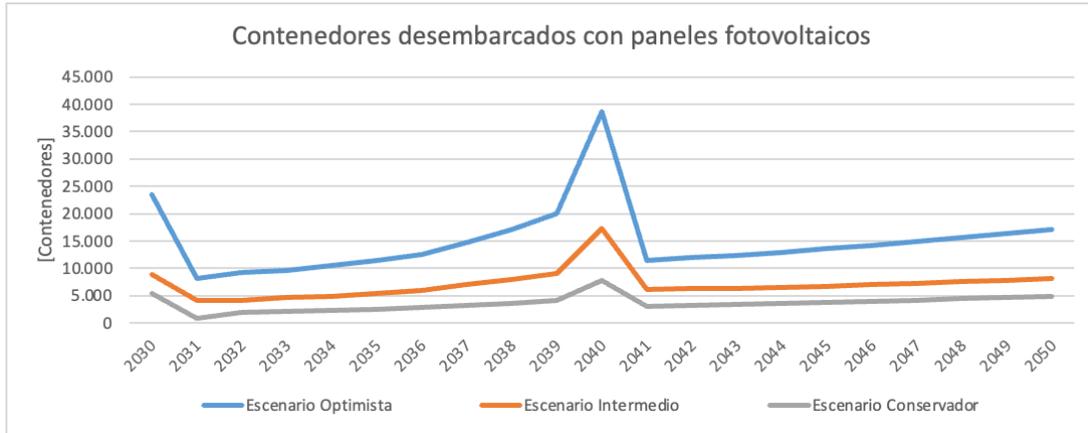


Proyección Min Energía
Capacidad Instalada Eólica



Resultados

Desembarque carga de proyectos fotovoltaicos



Supuestos

- Potencia paneles: 700 [W]
- Paneles por contenedor: 600 [unidades]
- La demanda se concentra sólo en la Zona Norte
- Velocidad transferencia contenedores: 18 [box/hora]
- Grúas móviles por sitio: 2 [unidades]
- Metodología MTT:

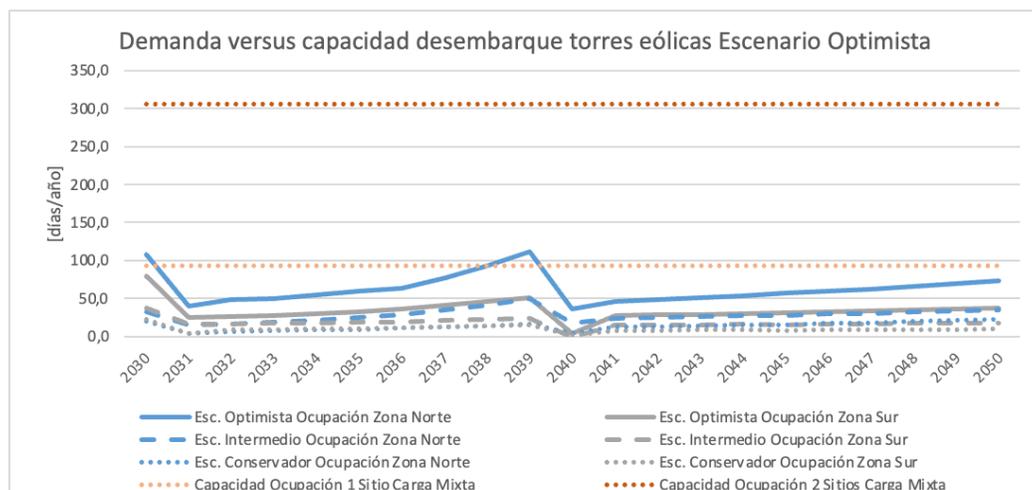
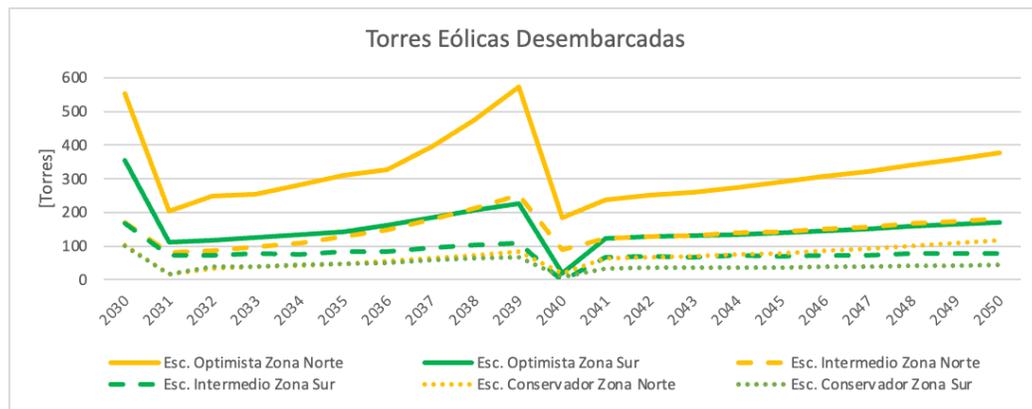
Tipo sitio	FULL CONTAINER			
Número de sitios	[#]	1,00	2,00	3,00
Nivel de ocupación	[%]	17,1%	33,6%	43,3%
Downtime	[%]	14%	14%	14%
Capacidad Ocupación	[días/año]	57	224	433

Resultado

- Capacidad "dedicada" requerida bajo escenario Optimista: **1 sitio de atraque**

Resultados

Desembarque carga de proyectos eólicos



Supuestos

- Potencia torres Zona Norte: 4,5 [MW] y 7 [componentes]
- Potencia torres Zona Sur: 6,2 [MW] y 8 [componentes]
- La demanda de la Zona Centro es provista desde la Zona Sur
- Velocidad de transferencia: 1,6 [componentes/hora]
- Metodología MTT:

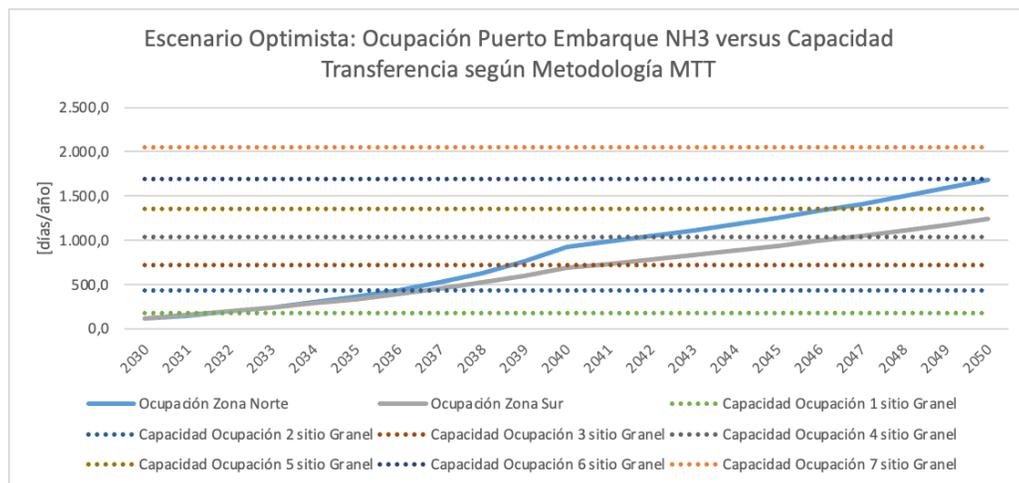
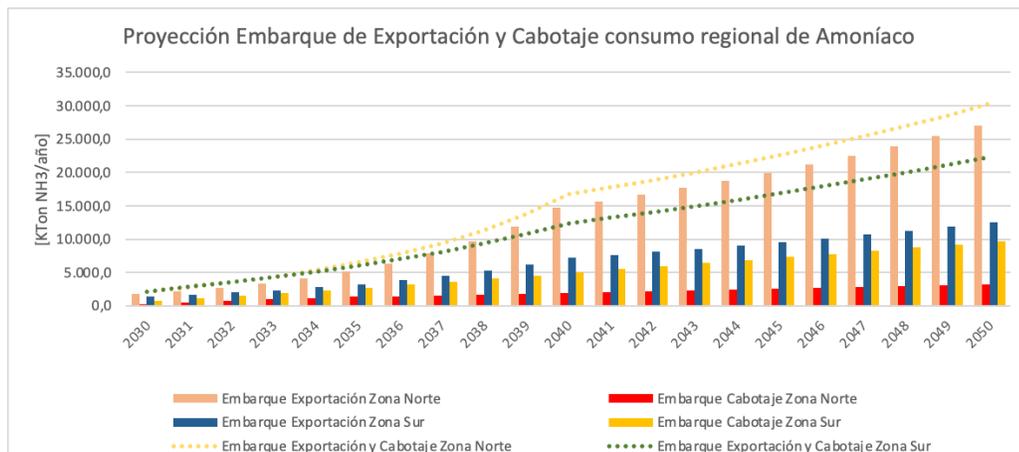
Tipo sitio	CARGA MIXTA			
Número de sitios	[#]	1,00	2,00	3,00
Nivel de ocupación	[%]	28,0%	45,9%	56,4%
Downtime	[%]	14%	14%	14%
Capacidad Ocupación	[días/año]	93	306	563

Resultado

- Capacidad "dedicada" requerida bajo escenario Optimista: **1 sitio de ataque**

Resultados

Embarque exportación y cabotaje demanda doméstica regional - amoníaco



Supuestos

- Carrier de Hidrógeno: Amoníaco (NH3)
- Relación NH3/Hidrógeno: 5,55
- Regiones de Embarque: Región de Antofagasta y Región de Magallanes y la Antártica Chilena
- Demanda embarque de Cabotaje proporcional al PIB de cada Región
- Velocidad de embarque: 800 [tm/hora] (Fuente: Indonesia ammonia export terminal)
- Metodología MTT

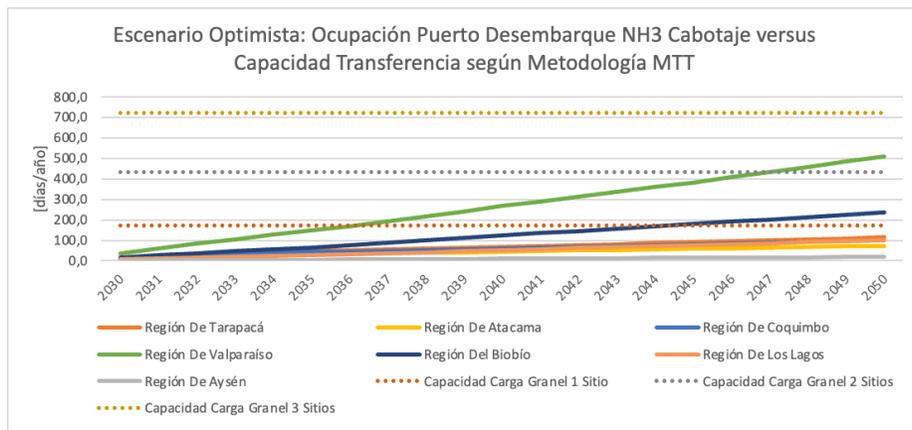
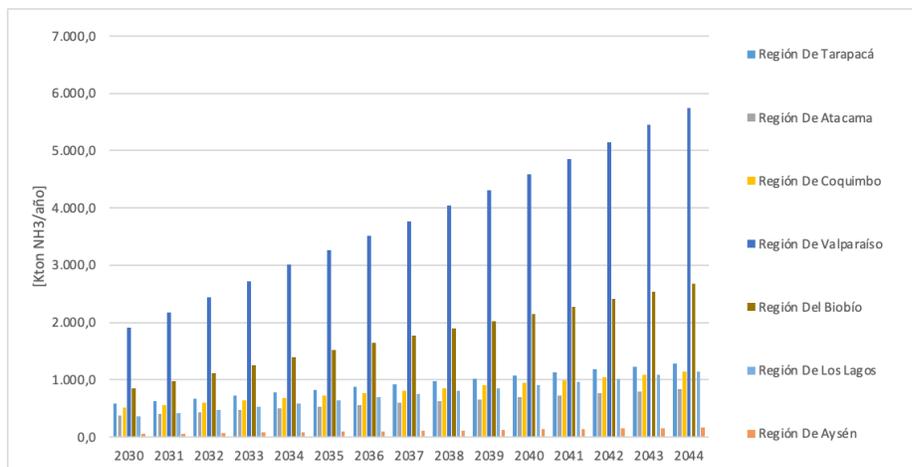
Tipo sitio		GRANEL						
Número de sitios	[unidad]	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
Tasa de ocupación	[%]	52,0%	64,8%	72,2%	77,5%	81,6%	84,9%	87,8%
Downtime	[%]	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Capacidad Ocupación	[días/año]	173	431	721	1.032	1.358	1.697	2.046

Resultado

- Capacidad "dedicada" requerida bajo escenario Optimista: **6 sitios de atraque**

Resultados

Desembarque cabotaje demanda doméstica regional - amoníaco



Supuestos

- Demanda embarque de cabotaje proporcional PIB de cada región
- Centros de distribución:
 - Región de Tarapacá: también abastece Región de Arica y Parinacota por transporte terrestre
 - Región de Atacama
 - Región de Coquimbo
 - Región de Valparaíso: también abastece la Región Metropolitana hasta la Región del Libertador Bernardo O'Higgins
 - Región del Biobío: también abastece desde la Región de Ñuble hasta la Región de La Araucanía
 - Región de los Lagos: también abastece la Región de Los Ríos
 - Región de Aysén (podría ser abastecida por transporte terrestre desde la Región de Magallanes y la Antártica Chilena)
- Velocidad de embarque:
 - 500 [tm/hora] (Fuente: Terminal de Bahía Blanca)

Resultado

- Región de Valparaíso: Hasta 3 sitios
- Región del Biobío: Hasta 2 sitios
- Otros centros: 1 sitio

Conclusiones

La estructura del sistema portuario genera ciertos **desafíos** para asegurar desarrollos donde prime el interés de una política de Estado.

Para carga de exportación y de cabotaje, se vislumbra **situación favorable para contar con infraestructura portuaria** futura dada demanda permanente por la misma.

Para carga de proyectos, principalmente caso eólico y con demanda transitoria por infraestructura portuaria, existen i) brechas de eficiencia **como lentitud en las operaciones** por baja prioridad asignada a este tipo de carga y ii) desafío para **contar con sitio de atraque multipropósito** (en caso de no servir el del Terminal Mardones).

Conclusiones

La operación de carga de proyectos solares, por el hecho de ser transportada en contenedores, **no representa mayores problemas.**

La operación de carga de proyectos eólicos, necesitaría **un sitio de atraque adicional en la Región de Antofagasta**, lo cual puede ser mitigado por una menor incidencia de la carga de concentrados o que otros terminales de la zona capten parte de esta carga. En Zona Sur, se necesitaría **1 sitio de atraque**, solucionable por ejemplo con la extensión del terminal Mardones e incorporando grúas móviles, situación que se vislumbra crítica a contar del año 2028/2029.

El embarque de carga de exportación y cabotaje en la Zona Norte requeriría **6 sitios de atraque**, los que podrían ser provistos por puertos privados en estado de reconversión y la falta de capacidad comenzaría a sentirse a partir del año 2030. En la Zona Sur se requerirían **5 sitios de atraque**, los que podrían ser provistos por las alternativas que se encuentra desarrollando ENAP y algunas empresas privadas.

Team Europe

Renewable Hydrogen

Development Chile

