



# ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN EL SEN

Juan Carlos Araneda T.  
Subgerente de Planificación

**Energy Partnership  
Chile-Alemania  
Mesa Redonda B2G**

Santiago, 12 de octubre de 2023



SERVIMOS  
A CHILE CON  
ENERGÍA



## AGENDA

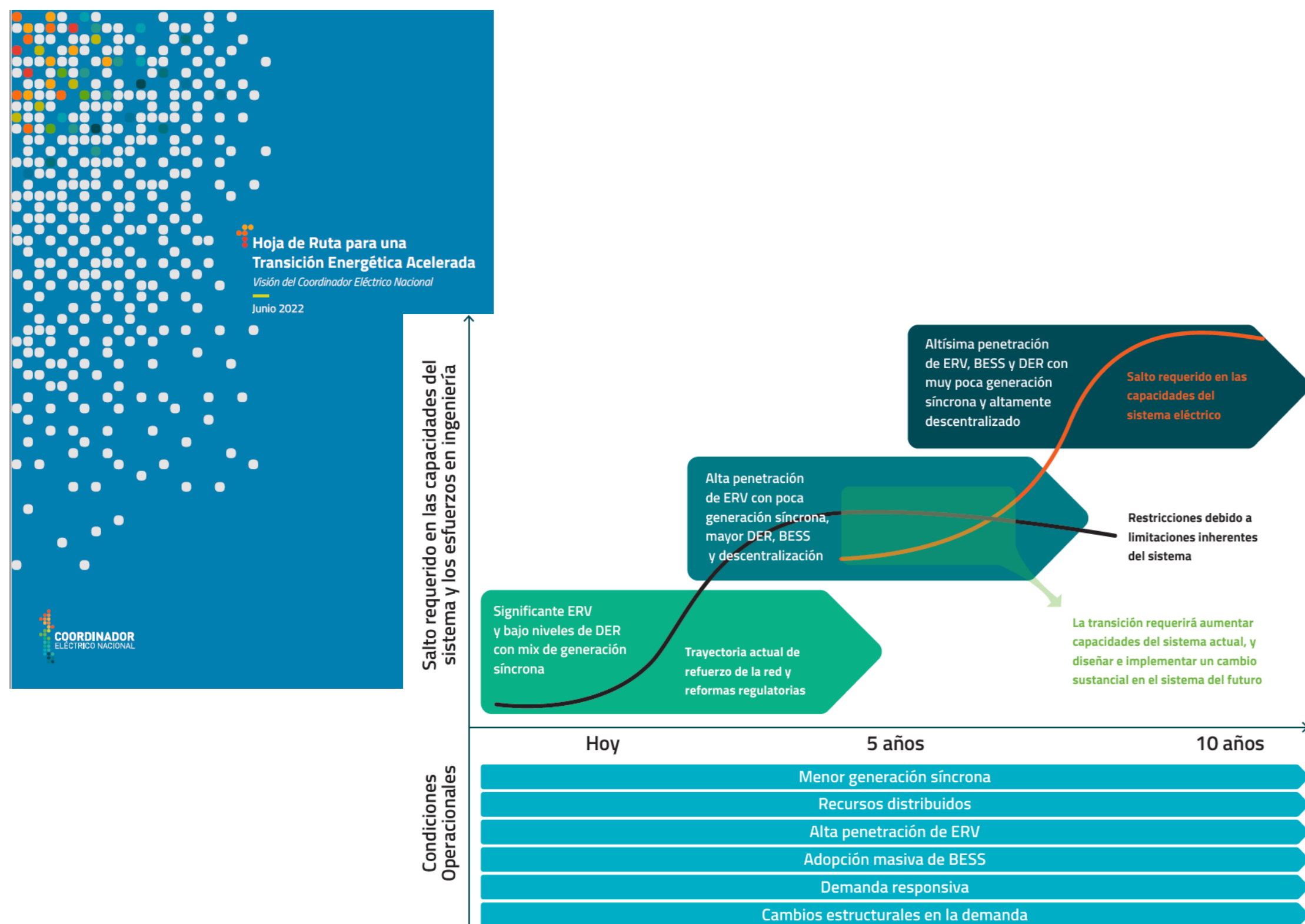
1. CONTEXTO
2. SUPUESTOS Y METODOLOGÍA
3. RESULTADOS





## TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El Coordinador, comprometido con la transición energética segura, eficiente y confiable, presentó en junio de 2022 la hoja de ruta para una transición energética acelerada, donde se plantean una serie de desafíos asociados a la incorporación de los **sistemas de almacenamiento** y otras tecnologías formadoras de red como elementos habilitantes para proporcionar la flexibilidad y seguridad que el sistema requiere.



## ESTUDIO DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

El estudio tiene como objetivo identificar la localización, capacidad y duración óptima en sistemas de almacenamiento de larga duración en el SEN, con foco en la zona norte (Polpaico al Norte), que minimicen el costo de inversión, operación y falla del sistema en el horizonte 2025-2032.

Con el objetivo de contribuir a la transición energética y apoyar el desarrollo de un sistema eléctrico seguro, económico y sostenible se requiere incorporar sistemas de almacenamiento de larga duración, como el que indican los resultados del estudio.





CONTEXTO

SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

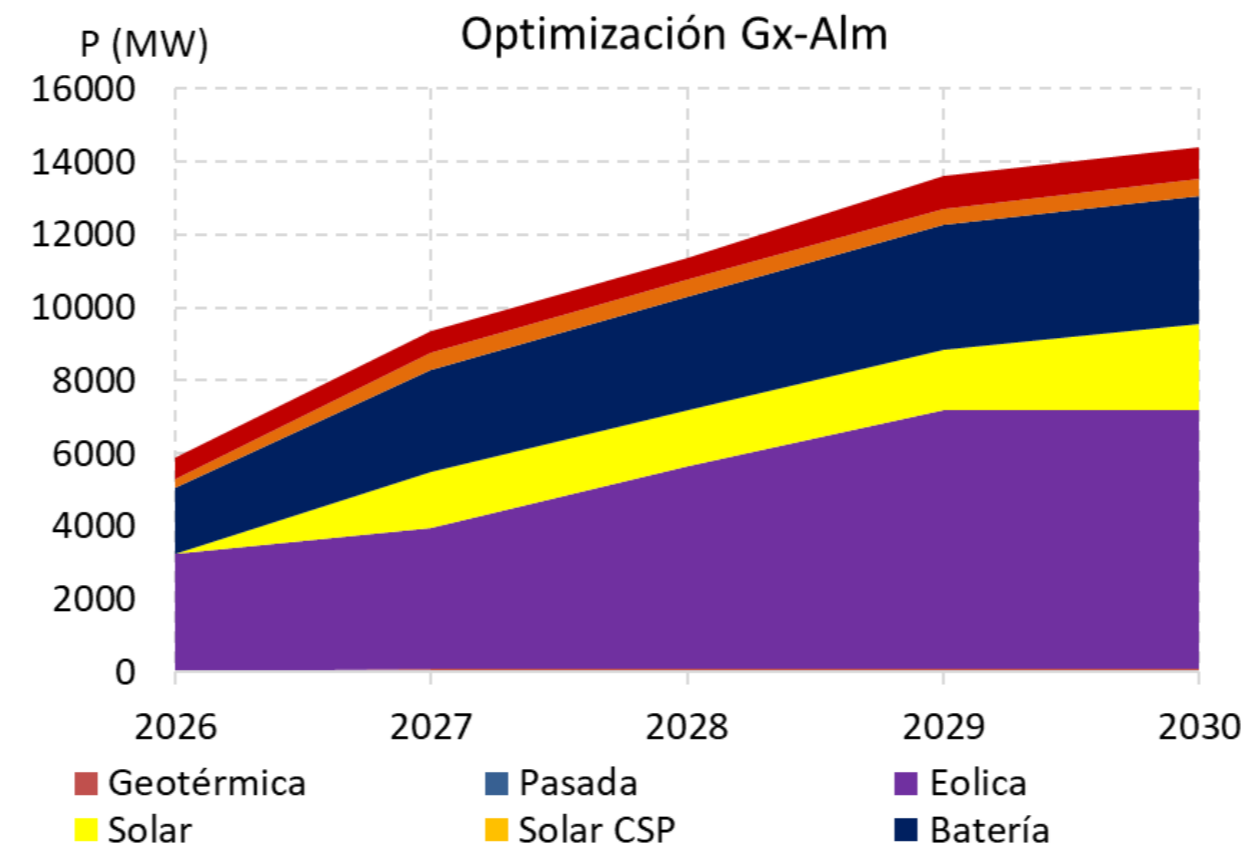
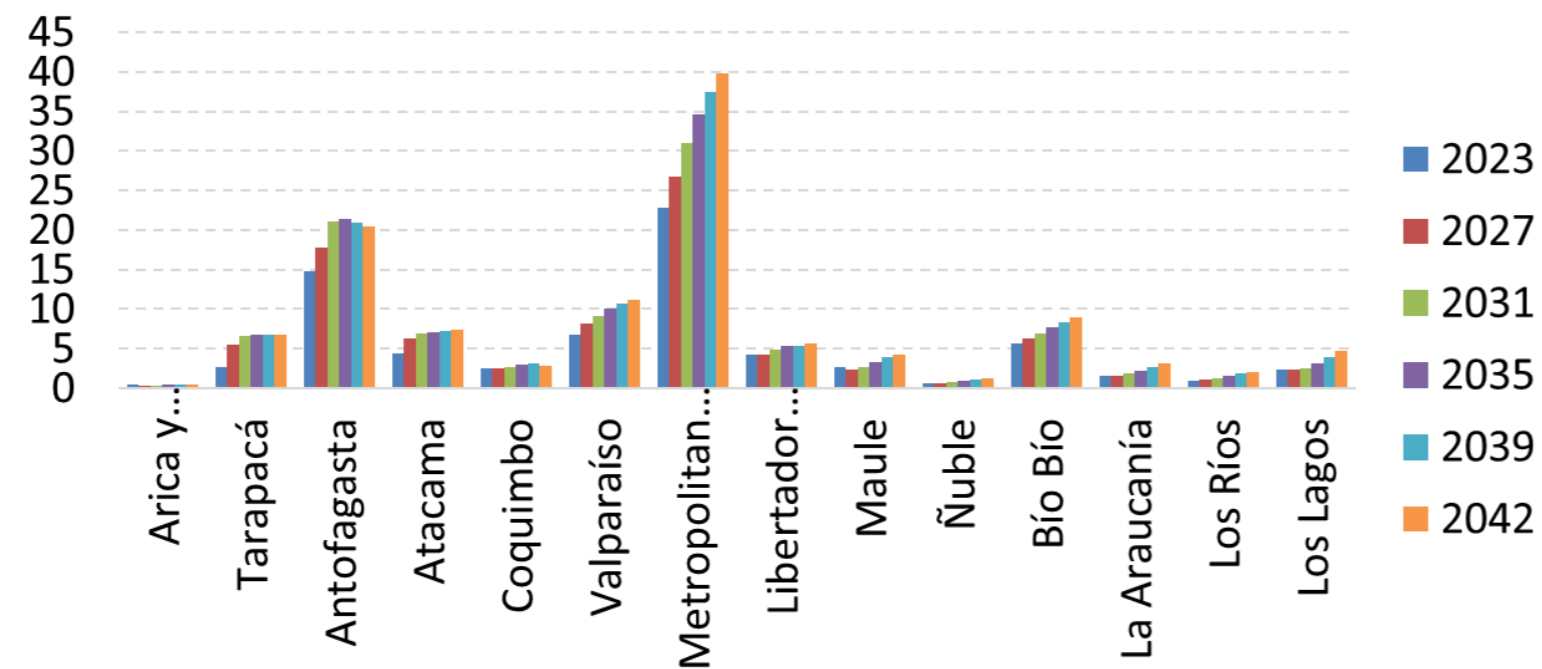
RESULTADOS

DEMANDA Y OFERTA

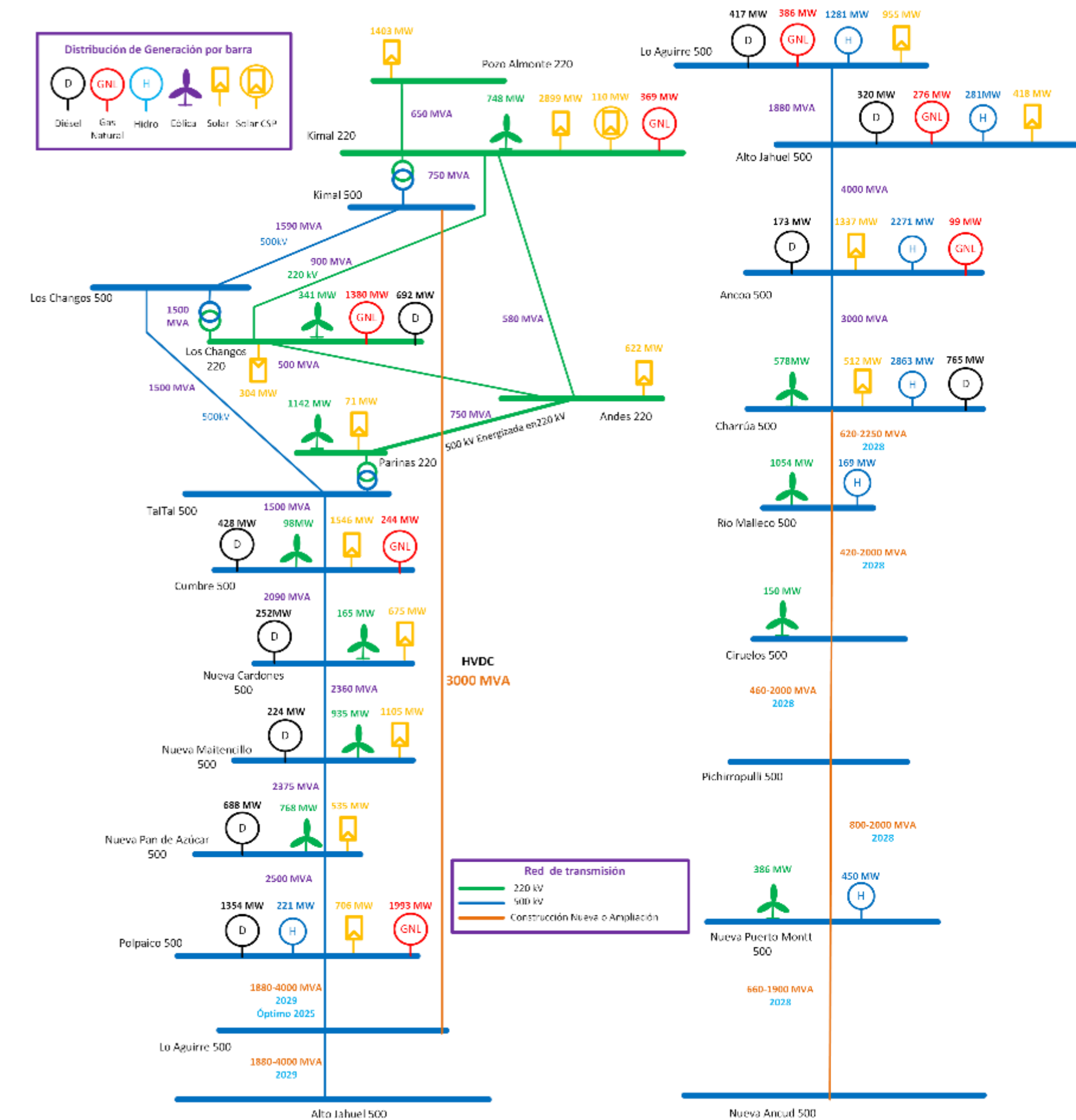


- Grandes consumos mineros en la zona norte grande
- Generación ERV en la zona norte y centro sur.
- Zonas de grandes consumos regulados en la RM

Proyección de Demanda de Energía por Región [TWh]



RED SIMPLIFICADA 22 BARRAS UTILIZADA EN EL ESTUDIO



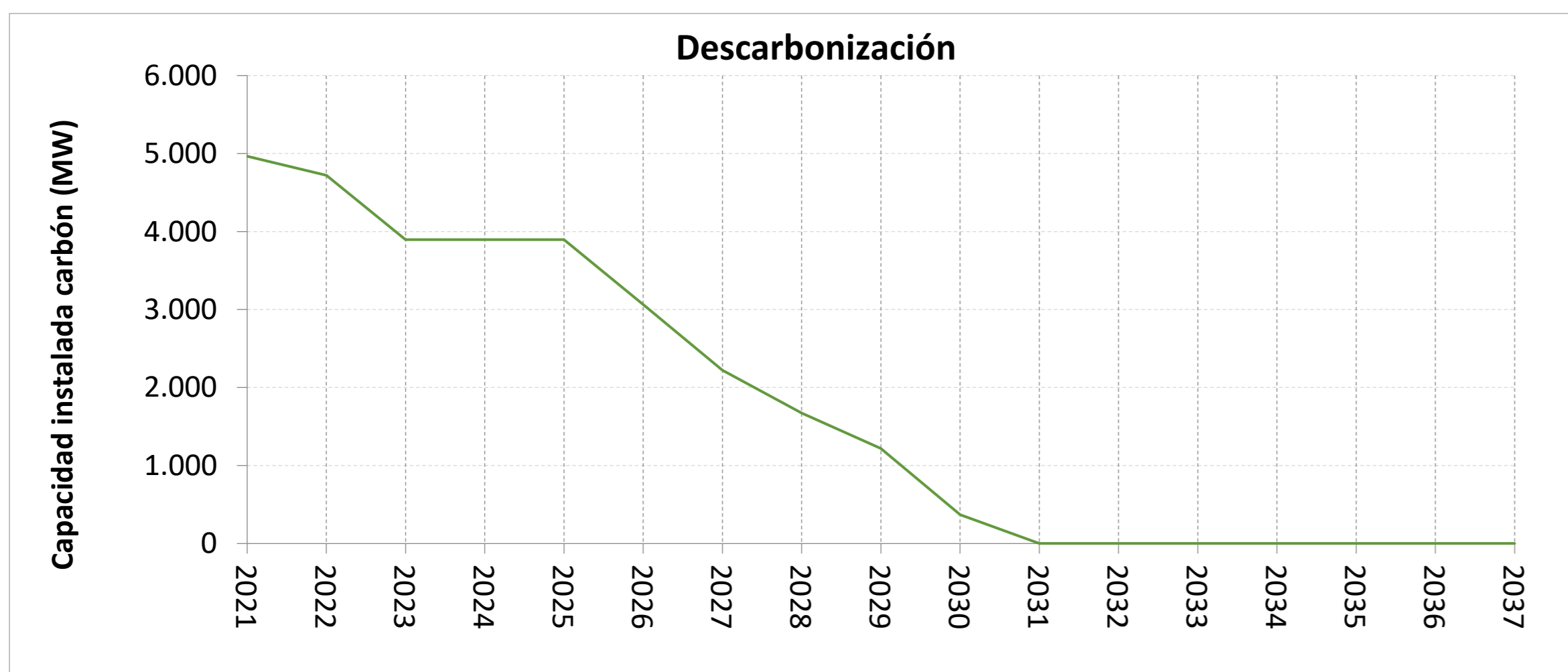
## CONTEXTO

## SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

## RESULTADOS

**HORIZONTE DE ESTUDIO:** Se consideró un horizonte de 20 años, con foco en el mediano plazo desde 2025 hasta 2032.

### TREN DE DESCARBONIZACIÓN AL 2030:

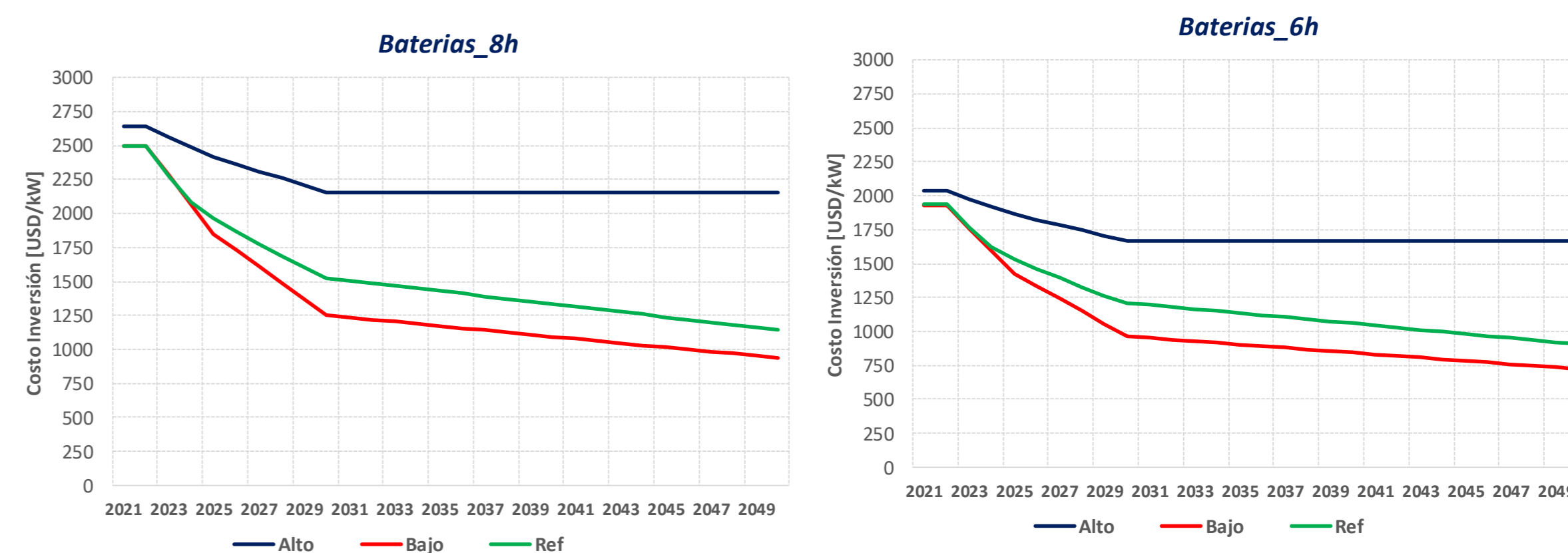


**SERIE HIDROLÓGICA:** Se consideran los últimos 10 años hidrológicos, que incluyen hidrologías secas.

**MODELACIÓN DEL SEN:** Se consideraron centrales generadoras y capacidad de líneas de transmisión existentes y en construcción. Modelación de proyectos en construcción del SEN (incluye la RE CNE N°130 de marzo 2023).

### COSTOS DE INVERSIÓN DE BATERÍAS:

Se consideran baterías de 2, 4, 6 y 8 horas de duración.



Fuente de información de costos obtenidos desde NREL publicados el año 2022 (antecedentes disponibles a marzo 2023).

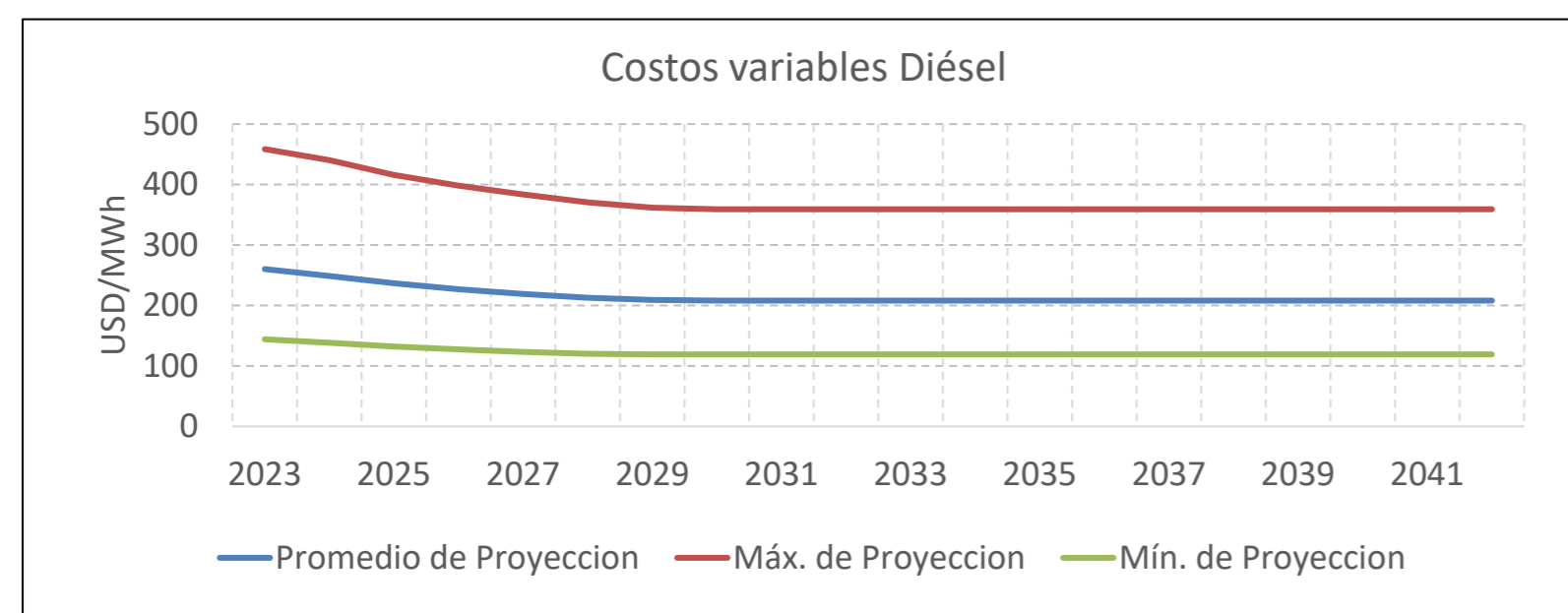
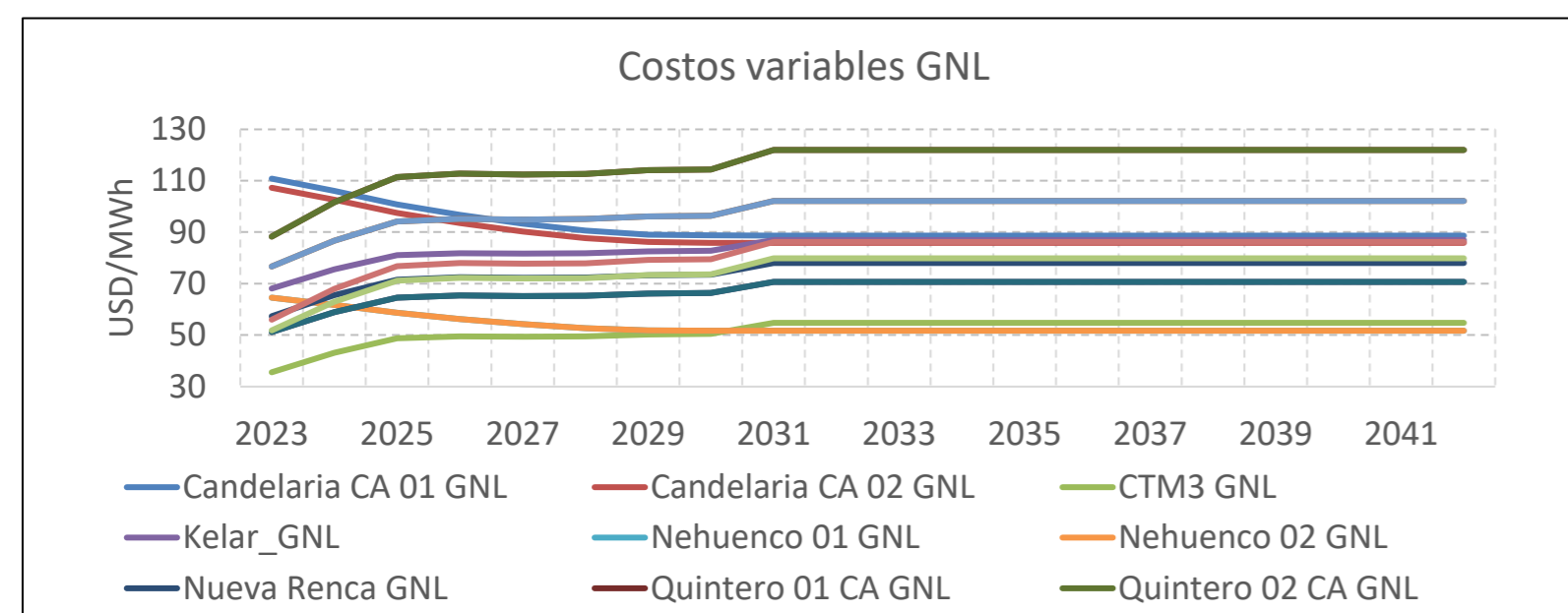
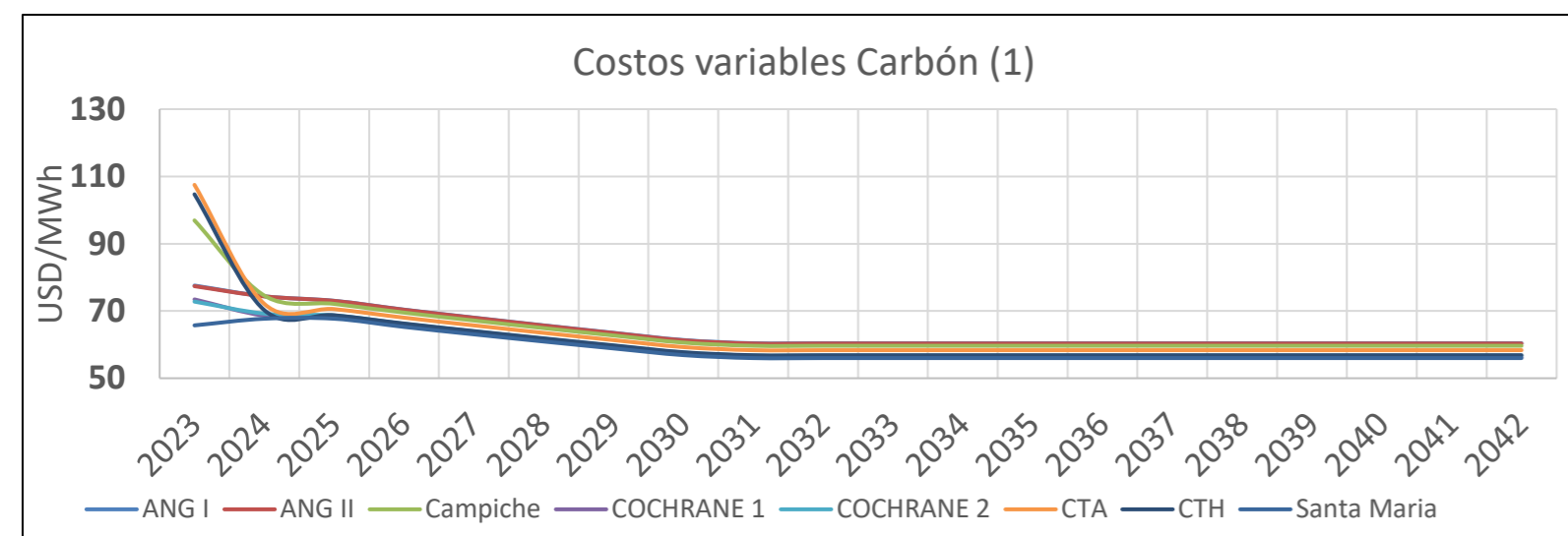
**FORTALEZA DE LA RED:** Se considera que el sistema eléctrico dispone de los niveles de fortaleza de la red necesarios para operar de forma confiable, manteniendo los criterios de seguridad y calidad de servicio establecidos en la NTSyCS vigente.

## CONTEXTO

## SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

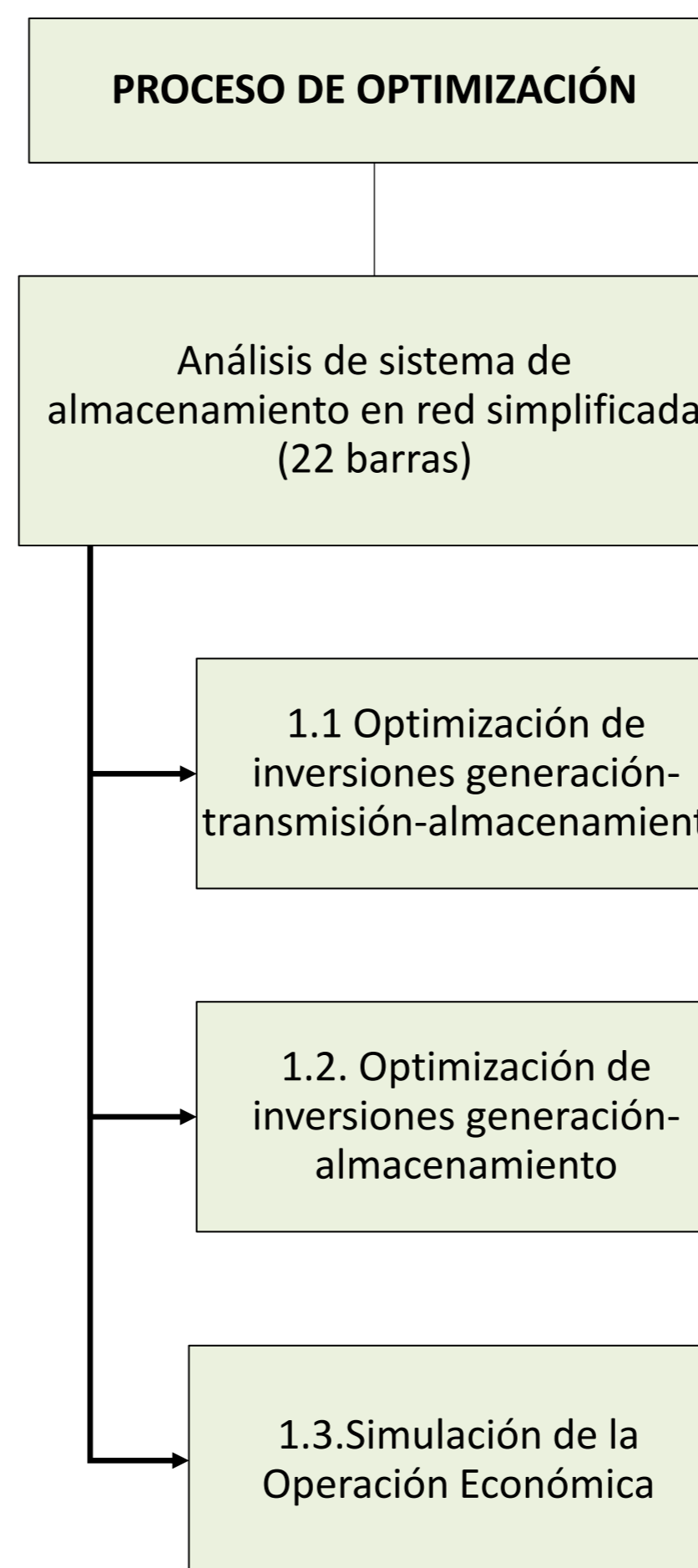
## RESULTADOS

### PROYECCIÓN COSTOS VARIABLES DE CENTRALES TÉRMICAS



Costos de combustibles proyectados a través de metodología utilizada por el Coordinador, que considera proyecciones internacionales de indexadores Henry Hub, Brent y Api2 (marzo 2023).

### METODOLOGÍA



➤ Permite identificar desarrollos de transmisión óptimos de infraestructura de transmisión interregional.

➤ Identifica la magnitud, duración de almacenamiento, y potencial localización en términos regionales, de los desarrollos óptimos de almacenamiento y del parque generador.

➤ Simula la operación del SEN utilizando mayor nivel de detalle en la modelación operacional, para identificar los beneficios económicos de incorporar almacenamiento a partir un año, con tamaños y localizaciones definidas.



# ESTUDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN EL SEN

CONTEXTO

SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

RESULTADOS

- Por plazos constructivos, no se advierten factibles nuevos desarrollos en transmisión nacional interregional, particularmente hacia el 2026-2030.
- Los resultados indican los siguientes resultados para los sistemas de almacenamiento:
  - ✓ Localización mayoritariamente en el norte grande, consistente con alta capacidad instalada y concentración de grandes consumos;
  - ✓ Duraciones en el rango de 6 a 8 horas en atención a la sobreoferta de energía esperada en horario solar;
  - ✓ Capacidad instalada entre 1.000–4.000 MW en el período 2026-2032.

Zonas	Región	Año	2026									2030								
		Caso	Vext-sRest			Vanual-sRest			Vanual-cRest			Vext-sRest			Vanual-sRest			Vanual-cRest		
			CBRef	CBBajo	CBAlto	CBRef	CBBajo	CBAlto	CBRef	CBBajo	CBAlto	CBRef	CBBajo	CBAlto	CBRef	CBBajo	CBAlto	CBRef	CBBajo	CBAlto
			Duración																	
Lagunas	Tarapacá	Batería 6h	600	300	300	600	600	600	600	600	600	600	600	300	600	600	600	600	600	600
Kimal	Antofagasta	Batería 8h				1000	1000	600	1000	1000	1000	400	900		1000	1000	600	1000	1000	1000
Los Changos	Antofagasta	Batería 4h												100						
Andes	Antofagasta	Batería 6h				400	500	500	800	500	600	100	400		400	500	500	800	500	600
TalTal	Antofagasta	Batería 4h												200					300	
TalTal	Antofagasta	Batería 6h										300	300		100	600			100	
Cumbre	Atacama	Batería 4h																	100	
Cumbre	Atacama	Batería 6h				300	400	300	400	400	400	400	400		300	400	300	400	400	400
Nva Cardones	Atacama	Batería 6h				200	200	300	400	300	400		300		200	200	300	400	300	400
Nva Cardones	Atacama	Batería 8h				100	100		200			200	100		100	100		200		
Nva Maitencillo	Atacama	Batería 6h				200	300	100	400	400	200				200	300	100	400	400	400
Nva Pan de Azúcar	Coquimbo	Batería 4h																		200
Nva Pan de Azúcar	Coquimbo	Batería 6h											100							
Lo Aguirre	RM	Batería 4h								100									100	
Lo Aguirre	RM	Batería 6h								100									100	
Charrua	Bio Bio	Batería 4h																200		
Ciruelos	Los Ríos	Batería 6h								100									100	
Total Adicional Año Respectivo* (Valores en MW)			600	300	300	2800	3100	2400	3800	3500	3400	2000	3100	500	3000	3700	2400	4000	4000	3600

## ➤ Resultados de la Simulación de la Operación Económica

Se realizan simulaciones de operación económica de tres casos, para identificar los beneficios económicos al adelantar almacenamiento al año 2026, por 2000 MW, 2500 MW y un tercer caso con 600 MW de baterías electroquímicas y 465 MW de almacenamiento térmico (MixBat).

Valor presente de costos de operación e inversión horizonte 2025-2032 al año 2025 (Millones US\$)				
Tipo Costo	Caso SinBat	Caso 2000MW	Caso 2500MW	Caso MixBat
Costos de Inversión Plan de Generación y Almacenamiento	1,820.9	3,585.6	3,961.6	3,053.4
Costos de Operación	6,710.5	4,432.9	4,150.7	5,192.0
<b>Costos Totales de Operación e Inversión</b>	<b>8,531.3</b>	<b>8,018.5</b>	<b>8,112.3</b>	<b>8,245.4</b>

*Las simulaciones se utilizan para sensibilizar el plan de obras de generación-almacenamiento, de modo de identificar la conveniencia de la materialización de uno u otro plan.*

Almacenamiento a partir del año 2026

Los **mayores beneficios económicos se esperan para 2.000 MW de baterías al año 2026**, lo que entregaría un nivel adicional de precisión en la definición de sistemas de almacenamiento óptimos para el período 2025-2032.

Se identifica un **beneficio sistémico de US\$ 513 Millones (6% de ahorro)** al contar con 2.000 MW en sistemas de almacenamiento de larga duración desde año 2026, en el período 2025-2032.

Si bien se identifica al almacenamiento con baterías como elemento costo-efectivo, los resultados obtenidos pueden ser extensibles a otras tecnologías cuyos costos sean equivalentes a los estimados en el presente informe para los sistemas de baterías.

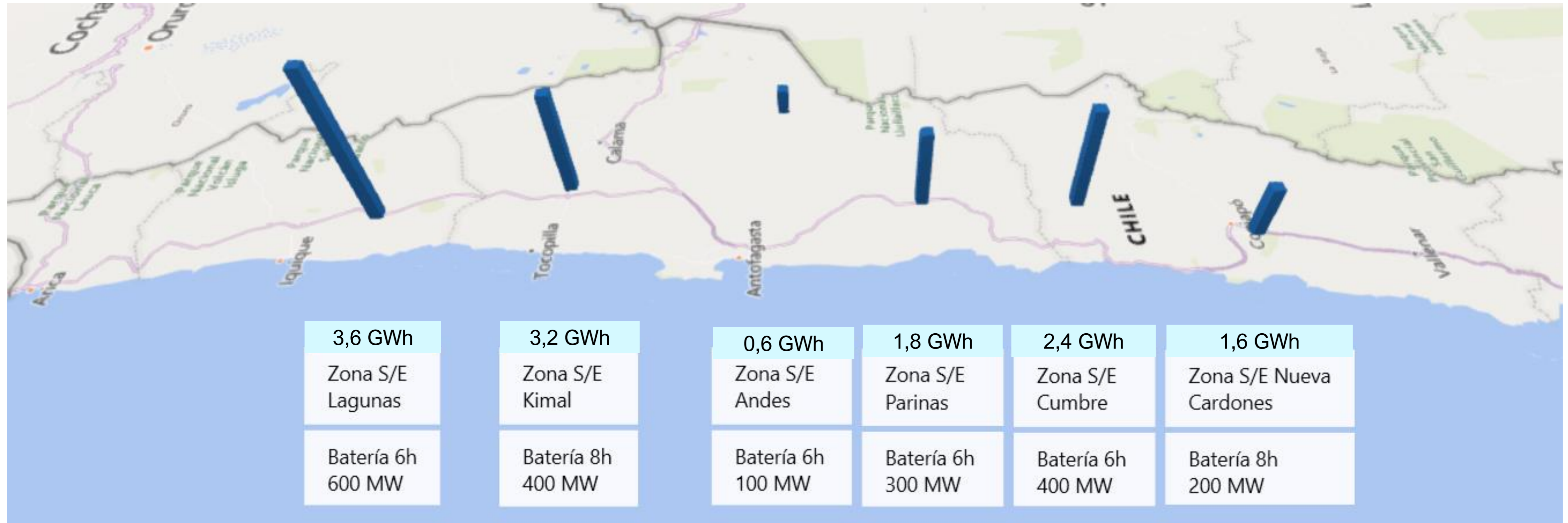


CONTEXTO

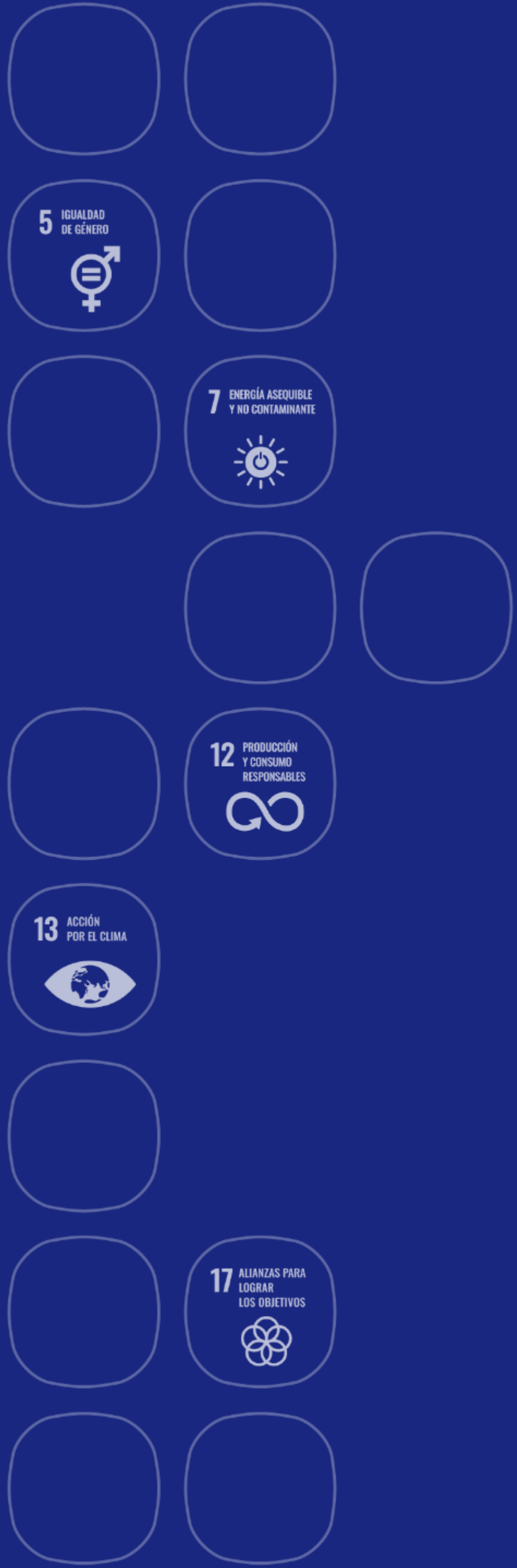
SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

RESULTADOS

Distribución geográfica de sistemas de almacenamiento para la modelación del SEN en una red simplificada.



- La distribución del almacenamiento de energía corresponde a un total de 13,2 GWh diarios, los que podrían concentrarse en las zonas identificadas, a partir del año 2026.
- El almacenamiento de larga duración puede estar localizado en puntos cercanos a dichas zonas o también, estar distribuido en centrales ERV híbridas, es decir, centrales renovables con capacidad de almacenamiento (dentro de la central o “behind the meter”) dentro de las mismas zonas con alta concentración de generación.
- Para una transición energética hacia sistemas 100% renovables, se requiere que estos sistemas cuenten con atributos que den fortaleza a la red, como son características grid forming, control de rampas, partida en negro, entre otros.



Muchas gracias



SERVIMOS  
A CHILE CON  
ENERGÍA