

ELECTRIFICANDO EN BASE A RENOVABLES Y ALMACENAMIENTO PARA LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE CHILE

ANA LIA ROJAS
Directora Ejecutiva



Julio 2025

ANA LIA ROJAS

Economista

Directora Ejecutiva de la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento, ACERA.

- Con más de 25 años de experiencia trabajando en el sector eléctrico, en la Comisión Nacional de Energía y luego, con diversos cargos directivos de alto nivel para desarrolladores/operadores de activos de generación renovables, fabricantes multinacionales de la industria y compañías distribuidoras eléctricas, es un referente para la industria enfocada en la descarbonización de sistemas eléctricos con base a energías renovables y almacenamiento, en la reducción de emisiones y la electrificación de la demanda energética como respuesta a los efectos del cambio climático.
- Economista de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha sido reconocida dos veces, en 2022 y 2025, dentro de las 100 Mujeres Líderes de Chile, elegidas por Mujeres Empresarias y Diario El Mercurio. En 2024, fue invitada a participar de la comitiva empresarial de las giras presidenciales de 2024 a Europa y Emiratos Árabes, encabezadas por S.E. el Presidente de la República de Chile. Ha sido invitada como key speaker inaugural en los foros de energía renovable más relevantes de la región, participando en Congresos celebrados en Perú, Bolivia, Brasil, Colombia, Estados Unidos, España, Portugal y Alemania.
- Perfil profesional con destacada exposición pública, profesora en programas y diplomados de diversas casas de estudios y universidades. Además de su rol en materia de energías renovables y transición energética, fue la fundadora y primera Presidenta de la Asociación de Mujeres en Energía de Chile, potenciando y promocionando la equidad de género en el campo de la energía.



Ana Lía
Rojas Loyola
Directora Ejecutiva



Sistema Eléctrico Chileno

UNA MIRADA DESDE LOS NÚMEROS



37.103

MW

Capacidad Instalada Chile
3 Sistemas electricos.
El SEN abastece al 99% de la
población

SEN: 36.906 MW

Aysén: 64 MW

Magallanes: 133 MW

17.753 MW ERNC

12.242 MW Termo

6.857 MW Hidro

54 MW STORAGE

STAND-ALONE

CONSUMO ELÉCTRICO EN CHILE:

60%

Industria y Minería



35%

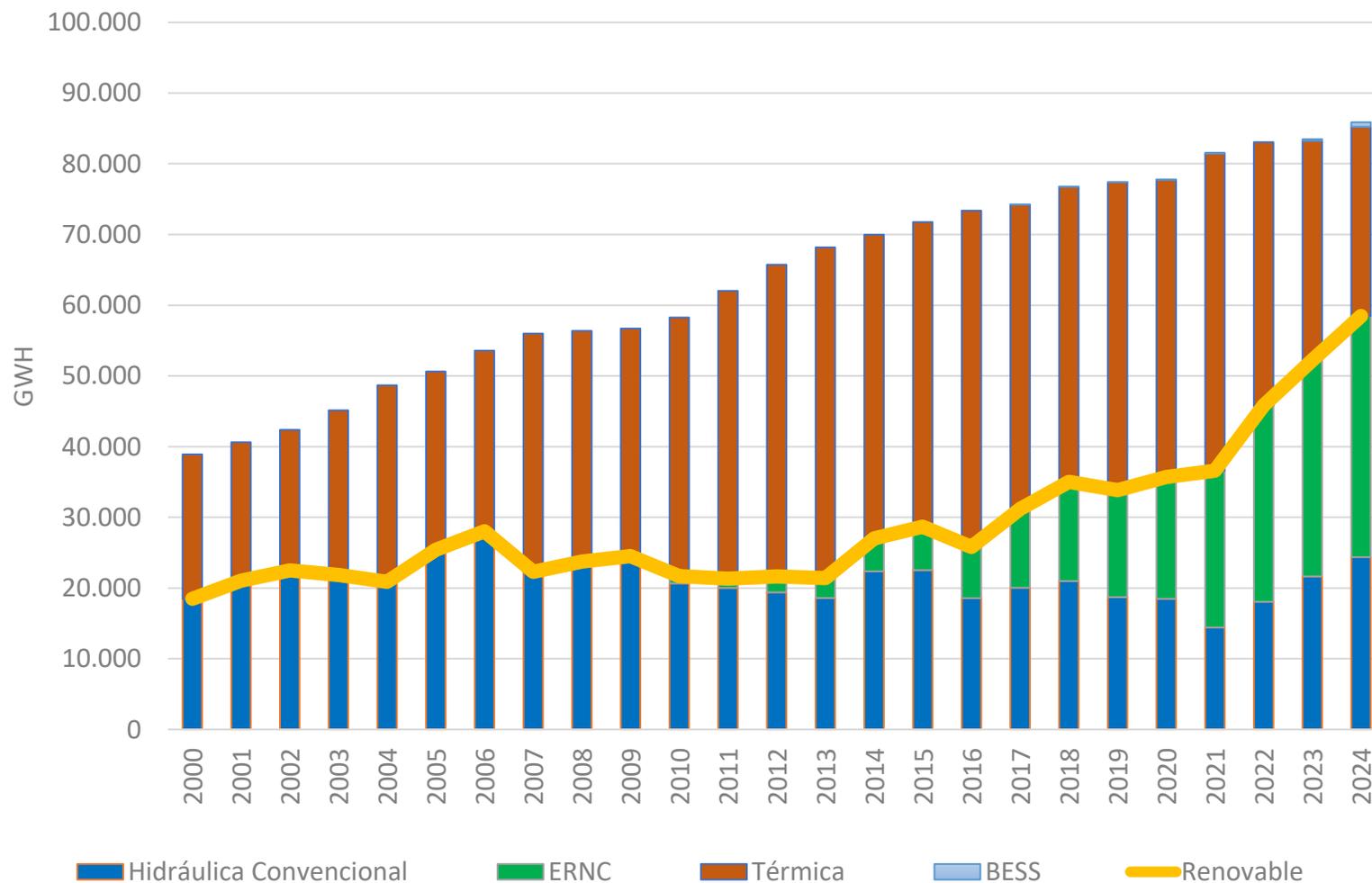
Consumos residenciales, comercio y pequeñas industrias

3%
Energía

3%
Transporte

Chile y Renovables

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE FUENTES (GWh)



68%

Generación Renovable

= **40%** + **28%**
Generación ERNC + Generación Hidráulica Convencional

Fuente: Elaborado por ACERA a partir de datos del Coordinador Eléctrico Nacional.

Generación Sistema Eléctrico Nacional 2024



41,6%
SEN Norte

22%
SEN Centro

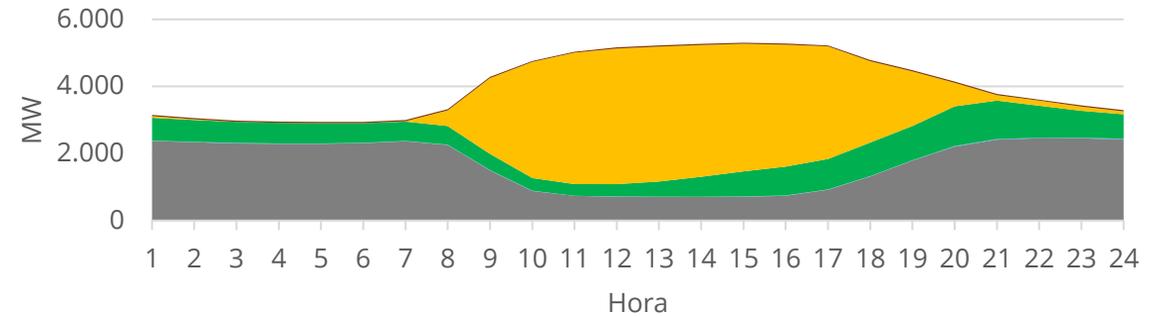
36,4%
SEN Sur

SEN Norte : Desde región de Arica y Parinacota a región de Coquimbo.

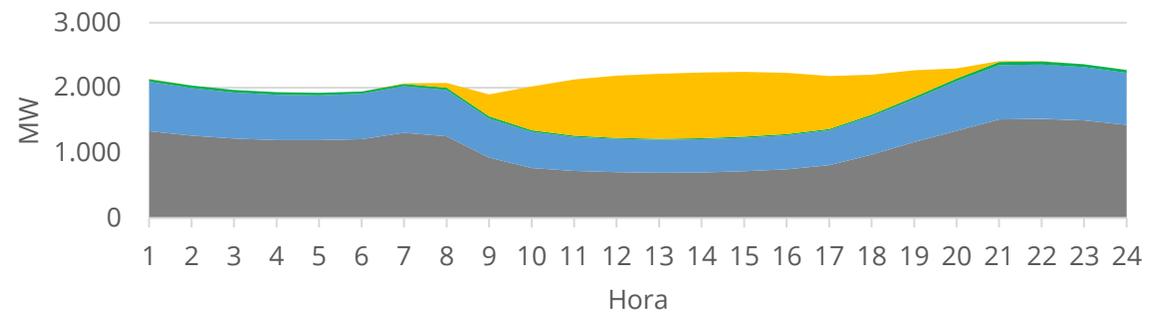
SEN Centro: Desde región de Valparaíso a región de O'Higgins.

SEN Sur: Desde región del Maule a región de los Lagos.

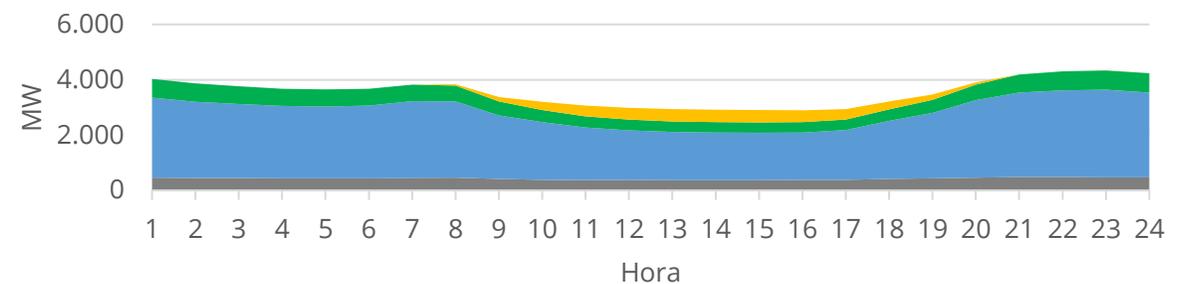
Generación SEN Norte - Día promedio 2024



Generación SEN Centro - día promedio 2024



Generación SEN Sur - día promedio 2024



■ Térmica ■ Hidráulica ■ Eólica ■ Solar ■ Geotérmica

Cómo y por qué de la transformación:

1 Recursos Renovables Excepcionales



2 Plan de Retiro Carbón

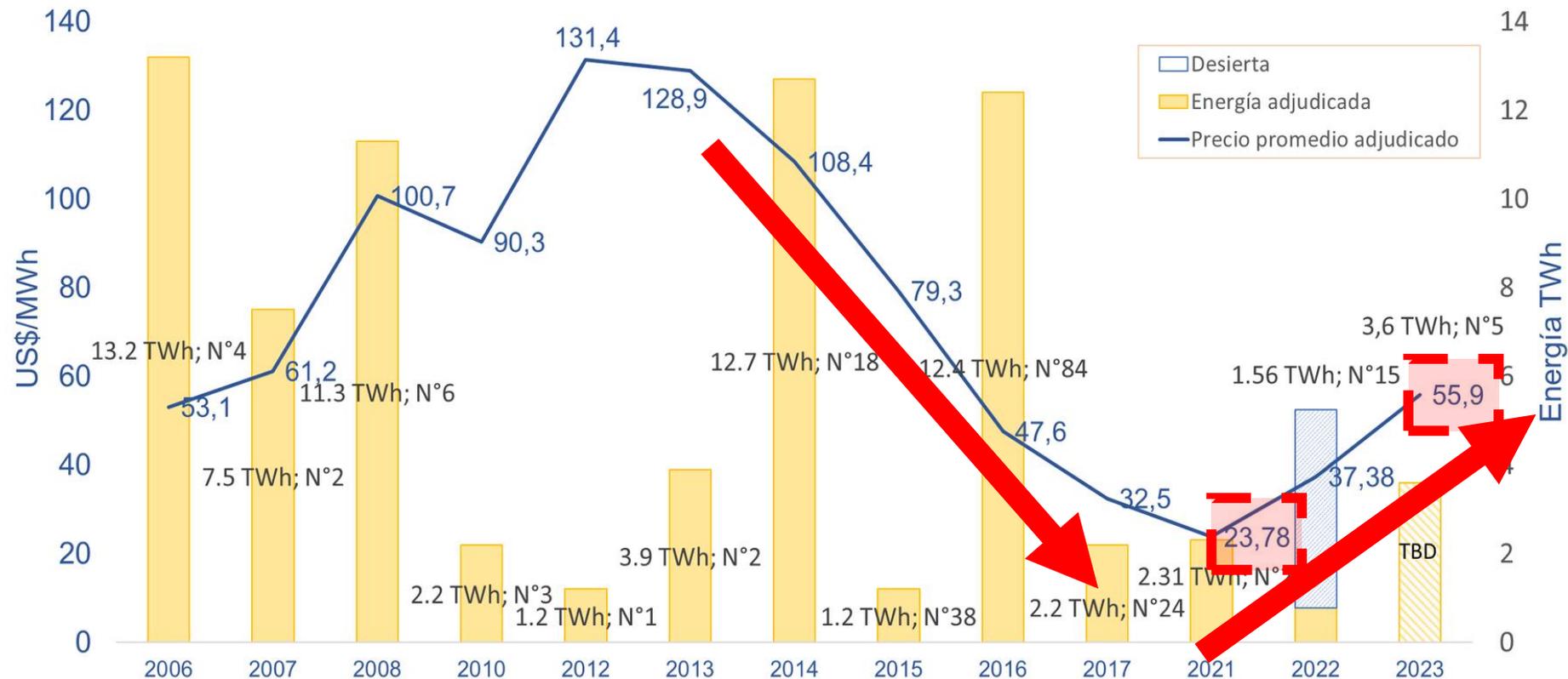
- Acuerdos entre Gobiernos y Privados
- Total 5,5 GW al 2040
 - 1/3 plantas a carbón ya retiradas
 - 1 GW por retirar al 2026
 - 1 GW por retirar al 2029 (sujeto a condiciones de estabilidad sistémica)
- 60% del carbón estará retirado al 2030
- En búsqueda de soluciones para acelerar retiro del 40% restante al 2035?

3 Mercado eléctrico abierto con incentivos y regulaciones

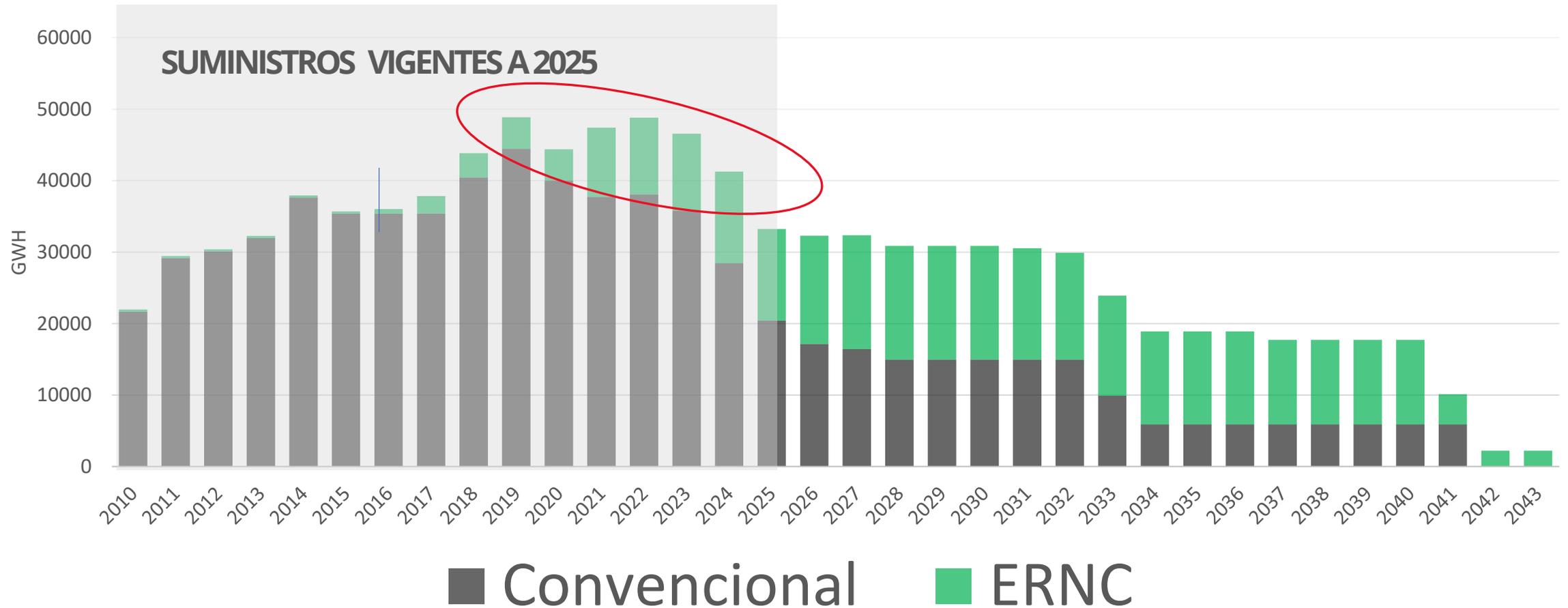
- Incremento significativo de competencia en Gx por diseño de licitaciones a clientes regulados.
- Bloques horarios permitió entrada de ERNC y la disminución de ~100 USD/MWh en 10 años, en precios de contratos regulados.
- Foco en descarbonización por el lado de la oferta, derivado del efecto sustitución del carbon.
- Después de ello, ¿qué viene?

Precios de Contratos Regulados Chile

- Desde el 2006, los procesos de licitación a clients regulados los celebra y adminisitra la CNE.
- Dos impactos:
 - Entrada de nuevos actores y, especialmente, inversion en ERNC por viabilidad financiera derivada de la suscripción de contratos.
 - Disminución en 10 años de ~ 80 USD/MWh en tarifa.
- Aun el peso de componente renovable no convencional en contratos es menor



PARTICIPACIÓN DE FUENTES CONVENCIONAL VS ERNC EN LICITACIONES DE SUMINISTRO PARA CLIENTES REGULADOS 2010-2040 (GWH/AÑO)



Interpretación correcta

La transformación hacia las energías renovables ha ocurrido en el mercado eléctrico, pero los consumos energéticos totales de Chile siguen siendo mayoritariamente térmicos, con alta dependencia geopolítica y volatilidad de precios internacionales del petróleo y gas.

64%

Fósiles

98% importados

21% del total importaciones

Es un gasto enorme:
2021: 13,500 MM USD
2022: 22,500 MM USD
2023: 14,500 MM USD
2024: 14,600 MM USD
6-8% GDP

22%

Electricidad

89 TWh/año

6.500 MM USD



68%

Renovable

14%

Biomasa

+ Eficiencia

30-
35%?
Fósiles

2-3%
PIB?

60-
55%?
Electricidad

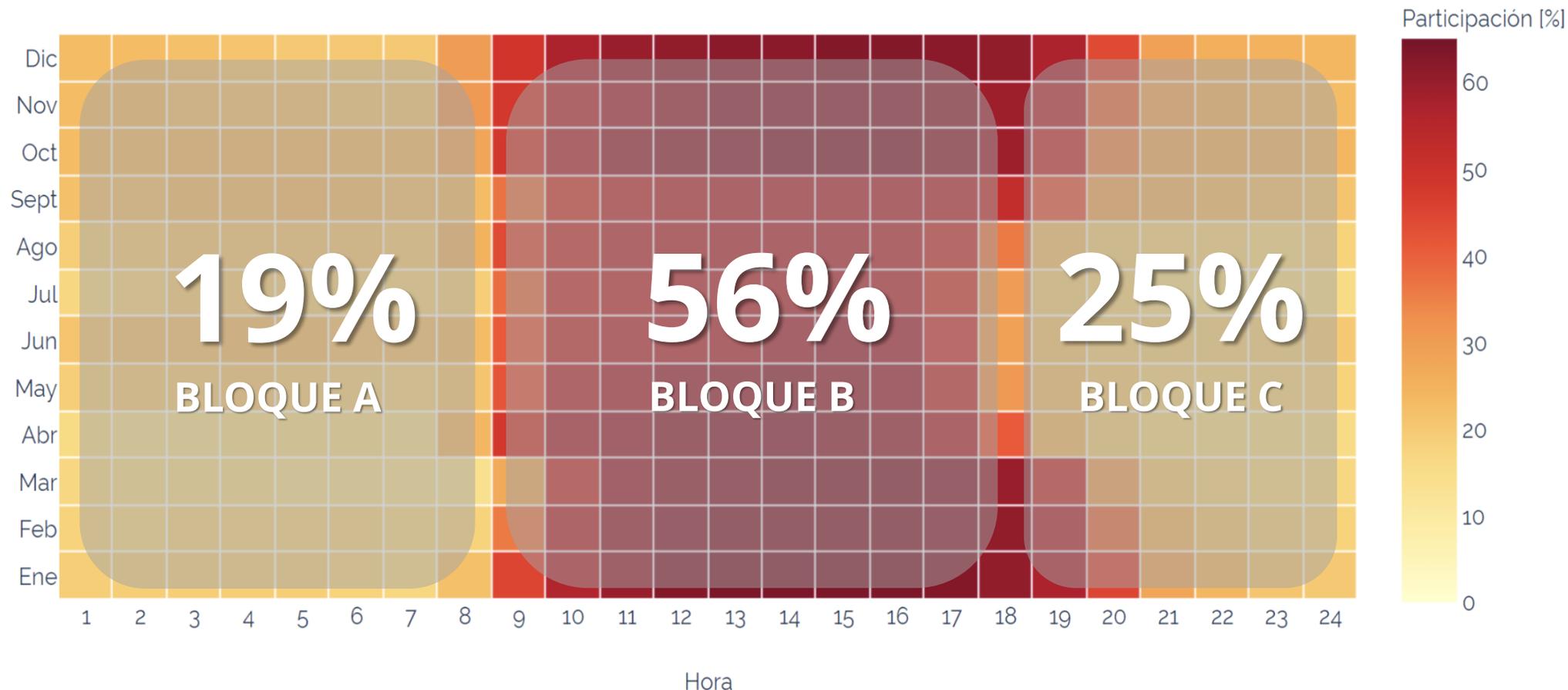
80-90%
Renovables?



>10%

Participación horaria ERNC 2023

Fuente: Elaborado por ACERA a partir de datos del Coordinador Eléctrico Nacional.

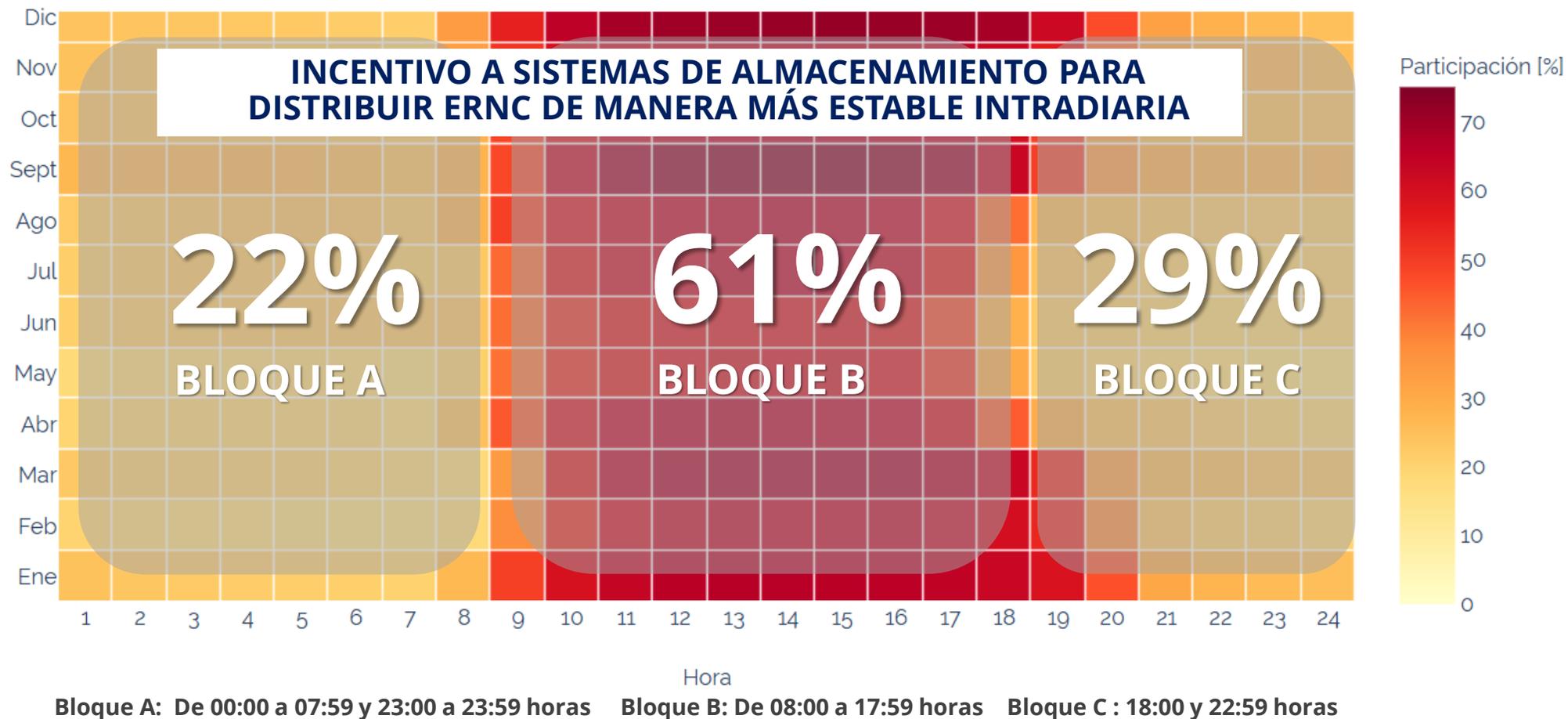


Bloque A: De 00:00 a 07:59 y 23:00 a 23:59 horas Bloque B: De 08:00 a 17:59 horas Bloque C : 18:00 y 22:59 horas

- La participación horaria ERNC varía hora a hora, con aportes de casi 80% en el total sólo por generación solar y eólica.
- El bloque de demanda máxima y el bloque nocturno, sin embargo, deben ser suministrados con generación térmica o hidro (cuando disponible). Ese es el principal desafío: descarbonizar la noche, la suficiencia y fortaleza de la red.

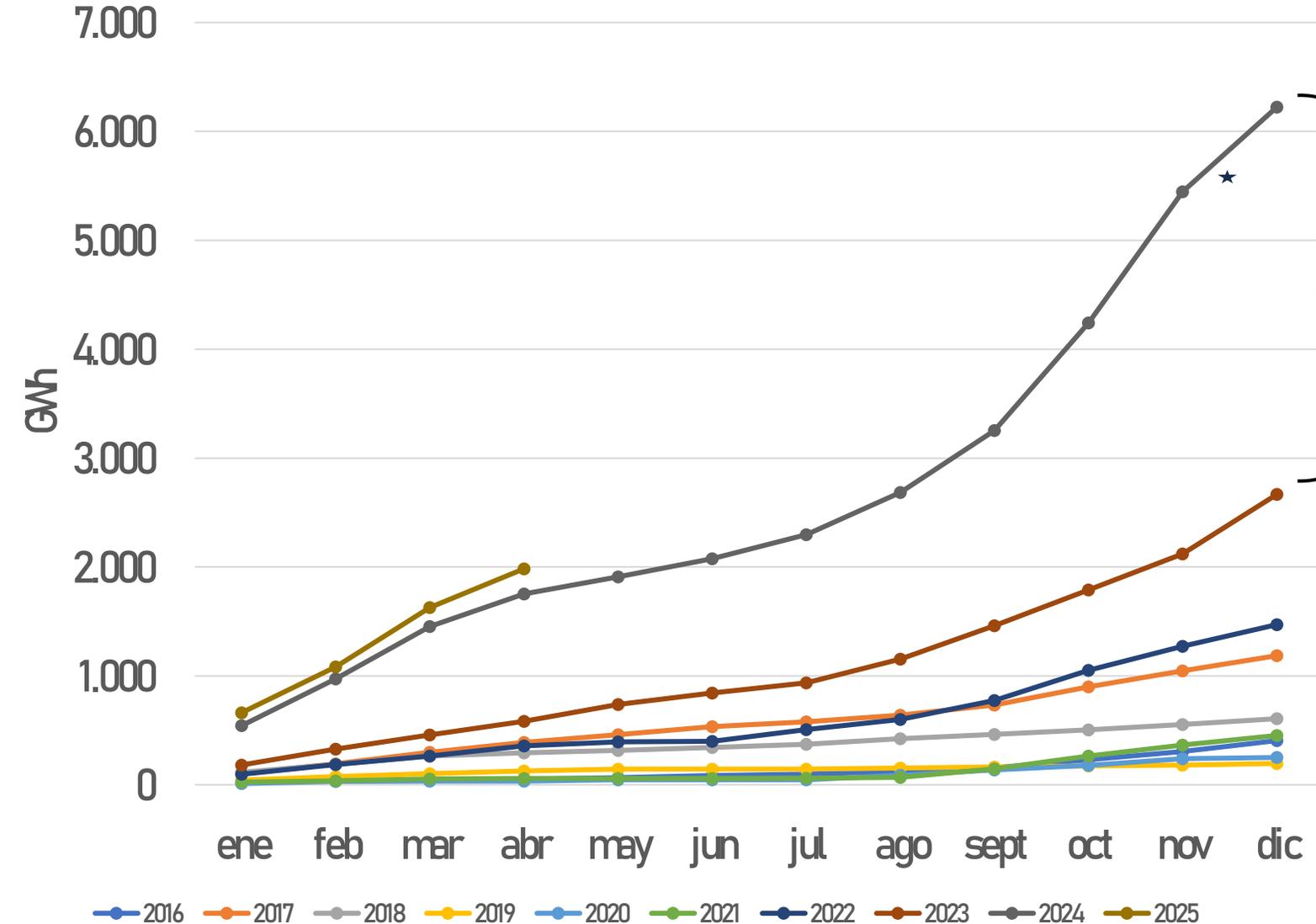
Participación horaria ERNC 2024

Fuente: Elaborado por ACERA a partir de datos del Coordinador Eléctrico Nacional.



Recortes Renovables (Solar + Eólica)

+133%
incremento
en recortes
renovables



+133%

- Recorte anual de 6.224 GWh
- Aumento de 133% con respecto al año anterior.
- Si esa Energía se hubiera integrado a la red, la participación renovable durante 2024 hubiese sido 75% en lugar de 68%.
 - Estas reducciones corresponden al 11% de toda la generación eólica, solar e hidráulica de 2024.
 - Estas reducciones son equivalentes al consumo anual de electricidad de 2.280.000 hogares.

Fuente: Elaborado por ACERA a partir de datos del Coordinador Eléctrico Nacional.

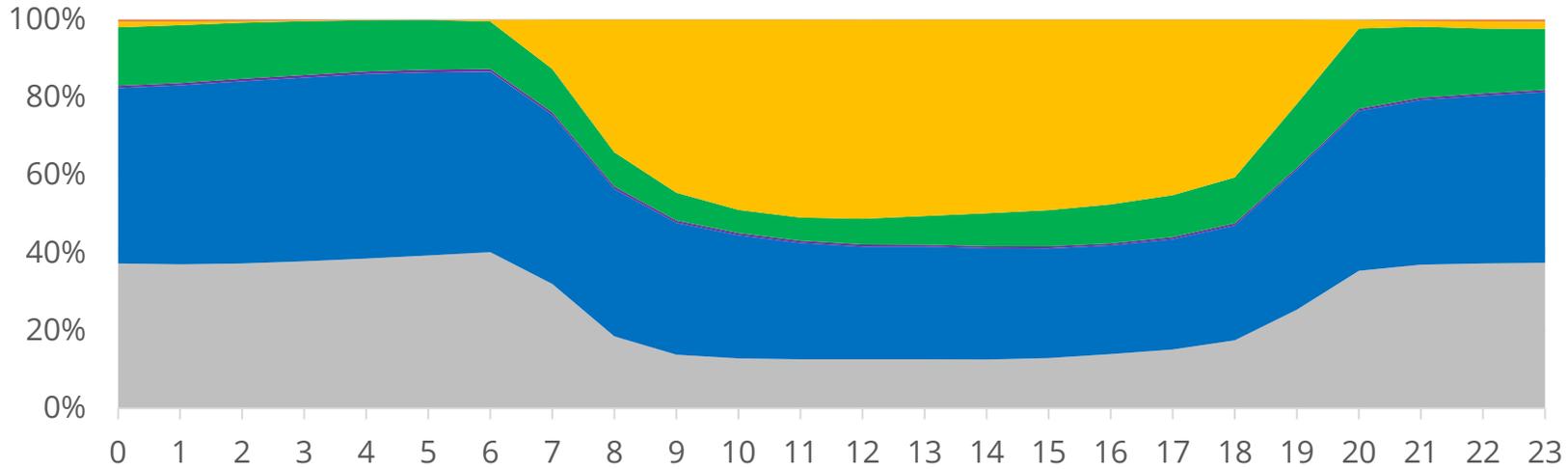
Problema / Oportunidad

El año 2024 marcó un contraste importante para el aporte en generación ERNC.

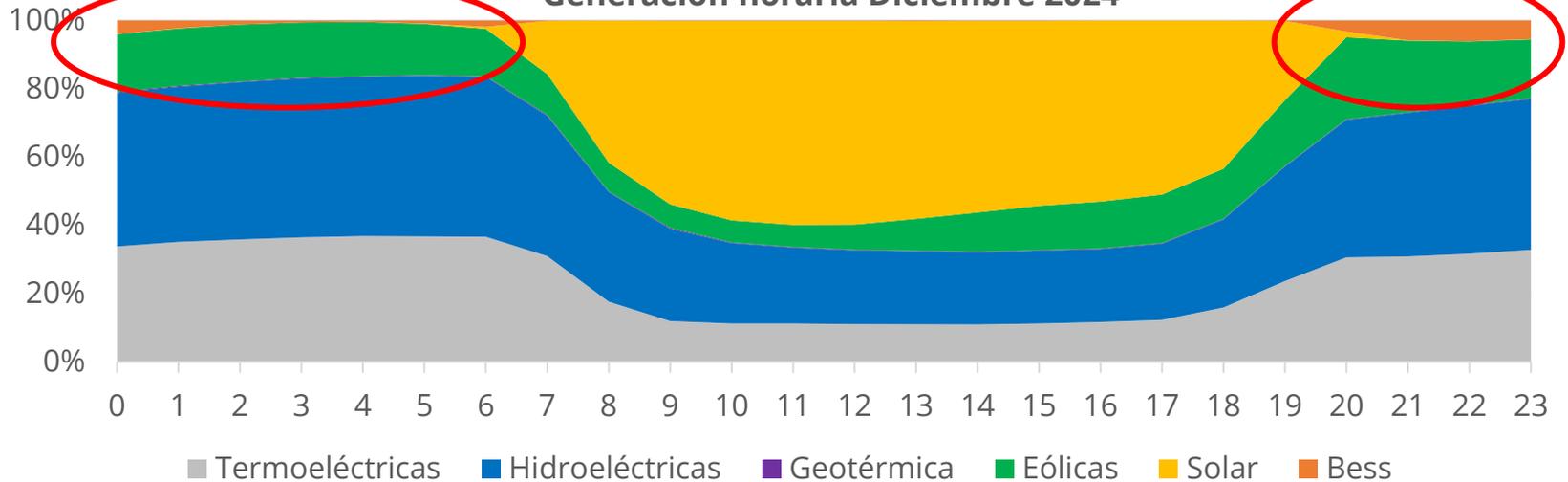
Mientras la generación solar inyectada creció en 2,2 TWh, el vertimiento solar aumentó en 2,7 TWh, lo que evidencia un problema/oportunidad.

Oportunidad Sistemas de almacenamiento

Generación horaria Diciembre 2023



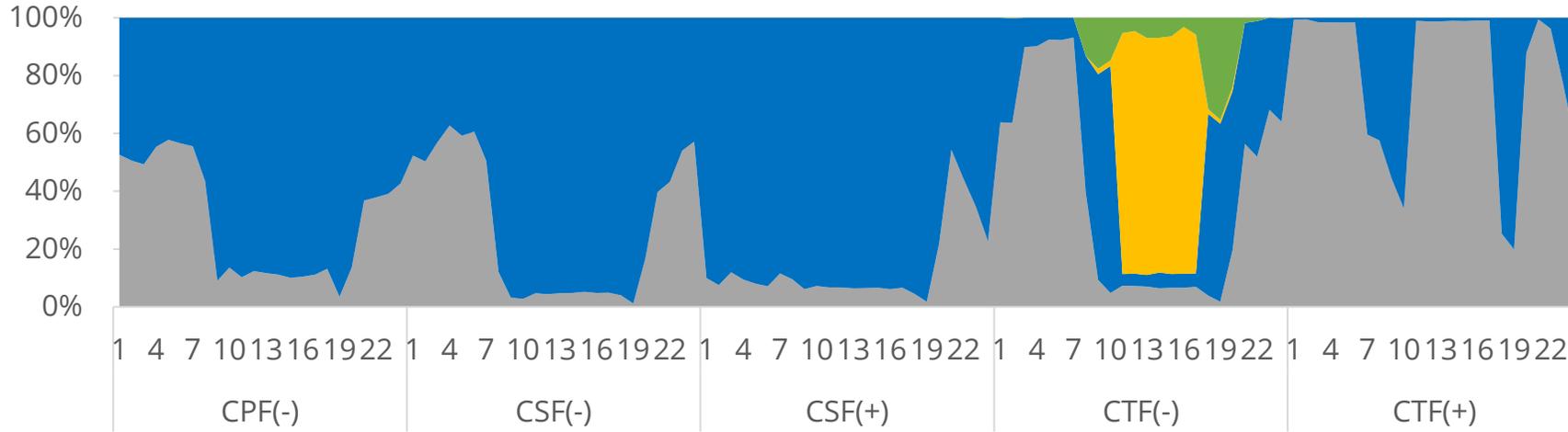
Generación horaria Diciembre 2024



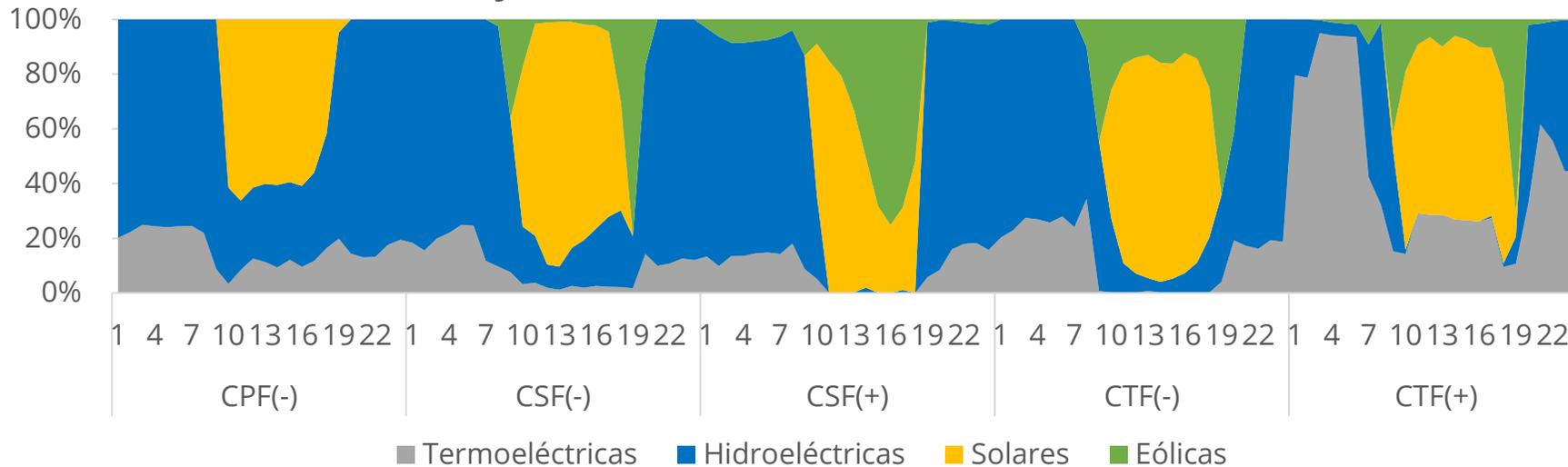
Ingreso de Sistemas de almacenamiento ha permitido la inyección de energía solar fotovoltaica en horarios nocturnos

Participación ERNC en SSCC

Adjudicación Ofertas SSCC Diciembre 2023



Adjudicación Ofertas SSCC Diciembre 2024



Centrales ERNC han aumentado su participación en el SSCC de control de frecuencia.

Normativa para Almacenamiento

Una mirada desde la regulación



El Almacenamiento como navaja suiza de un sistema eléctrico

Los sistemas de almacenamiento se caracterizan por su naturaleza multiservicio, teniendo la facultad de realizar prestaciones en los distintos segmentos del mercado eléctrico.



GENERACIÓN	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA TRANSMISION	SERVICIOS INFRAESTRUCTURA DISTRIBUCIÓN	SERVICIOS DE GESTION DE DEMANDA
<input type="checkbox"/> Arbitraje <input type="checkbox"/> Suministro eléctrico <input type="checkbox"/> Soporte a la generación convencional <input type="checkbox"/> Soporte de servicios complementarios para renovables	<input type="checkbox"/> Control Primaria de Frecuencia <input type="checkbox"/> Control Secundario de Frecuencia <input type="checkbox"/> Control Terciario de Frecuencia <input type="checkbox"/> Estabilidad de frecuencia para redes débiles <input type="checkbox"/> Black start (arranque autógeno) <input type="checkbox"/> Soporte Voltaje	<input type="checkbox"/> Diferir inversiones en transmisión <input type="checkbox"/> Estabilidad angular <input type="checkbox"/> Soporte de Transmisión	<input type="checkbox"/> Soporte de capacidad <input type="checkbox"/> Soporte a las contingencias de la red <input type="checkbox"/> Calidad de servicio en la red de distribución <input type="checkbox"/> Diferir inversiones en distribución <input type="checkbox"/> Control de voltaje local <input type="checkbox"/> Islas eléctricas <input type="checkbox"/> Limitaciones de perturbaciones en la red aguas arriba <input type="checkbox"/> Compensación de potencia reactiva	<input type="checkbox"/> Aplanar peak de demanda de consumidores finales <input type="checkbox"/> Gestión de costos de energía <input type="checkbox"/> Requerimientos específicos en calidad de servicio <input type="checkbox"/> Maximización de auto producción y autoconsumo eléctrico <input type="checkbox"/> Gestión de carga <input type="checkbox"/> Continuidad para el suministro eléctrico <input type="checkbox"/> Limitaciones de perturbaciones en la red aguas arriba <input type="checkbox"/> Compensación de potencia reactiva <input type="checkbox"/> Integración de Electromovilidad

Mercados en los que participan los sistemas de almacenamiento.

1 Arbitraje de energía:

Corresponde a un mercado de iniciativa privada, donde el propietario del SAE asume los riesgos y beneficios del diferencial del mercado spot. Las inyecciones de energía son definidas por el Operador, lo cual requiere de una modelación óptima para valoración y despacho de las baterías.

ESTO FUE CLAVE

2 Potencia de suficiencia (capacidad):

La modificación del reglamento de potencia (2024), que define el pago que reciben todas las instalaciones que aportan suficiencia del sistema, explotó el desarrollo de los SAEs ya que definió el pago para los SAE. Para éstos, se definió un pago según sus horas de autonomía, con 100% de reconocimiento para instalaciones con +5 horas de duración. Posteriormente, se implementará un pago según aporte del SAE en el aplanamiento de la curva de carga

3 Servicios conexos

El operador establece el requerimiento de SSCC y su mecanismo de ejecución (subasta, licitación o instrucción directa). A la fecha, aún no se han definido servicios específicos al almacenamiento, para mayores incentivos, aunque se reconoce su potencial en servicios tales como: control rápido de frecuencia, provisión de inercia, y rampas.

4 Activo de Transmisión

Como iniciativas de la planificación de la transmisión centralizada, que se ejecutan mediante licitaciones. Bajo este mercado, el Operador opera el SAE. El adjudicatario de la licitación recibe el monto ofertado y no puede acceder a las rentas que la operación del SAE genere en los otros mercados, ya que estas rentas se utilizan para complementar el pago de la transmisión que realizan los clientes finales). Sin embargo, la Ley eléctrica contempla la posibilidad de sobre instalar

Normativa clave para que explotaran los SAE

La naturaleza multiservicio de los sistemas de almacenamiento genera la necesidad de disponer de múltiples normativas, las que se desarrollan **bajo la premisa de evitar dobles pagos**. El marco regulatorio de los SAE aún no ha sido completado, existiendo diversos procesos en curso.

Ley de Almacenamiento (y Electromovilidad), que reconoce el derecho de remuneración en los mercados de energía, potencia y SSCC de los SAE stand alone, como si fuera un activo de generación), y, **el Reglamento de Potencia**, que reconoce el aporte de las unidades de almacenamiento en la demanda máxima del sistema.

Modificación Reglamento de coordinación y operación (DS 125), en actual discusión para determinar la valorización de costos de despacho de la batería y la operación óptima de éstas y resolver la señal de **arbitraje de energía**..

Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Grid Forming / Grid Following: Para estándares de operación de sistemas basados en inversores que aporten servicios de balance y de recuperación de red (servicios conexos). Las tecnologías basadas en IBR pueden contribuir a la fortaleza de red con diversos servicios. El estándar técnico que se establezca en la NTSyCS determinará qué prestaciones técnicas deberán ser cumplidas por todas las instalaciones, así como aquellas que no, y que, por lo tanto, podrían materializarse bajo el mercado de Servicios Complementarios recibiendo una remuneración por ello

Modificación de Reglamentos de Medios de Generación de Pequeña Escala y Generación Distribuida para autoconsumo (DS 88 y 57), a la espera de consulta pública.

Almacenamiento a nivel de Generación Distribuida: Modificación Norma Técnica de Conexión y Operación de PMGD, a la espera de consulta pública.



Normativa clave para que explotaran los SAE

Licitaciones de Bienes Nacionales para el uso de terrenos fiscales: En base a un estudio del Operador que definió niveles óptimos de almacenamiento debiesen localizarse mayoritariamente en la zona norte del SEN, con capacidad acumulada de 2.000 MW, con proyectos de duración de entre 6 a 8 horas, en el período 2026-2030. Se otorgaron Concesiones de Uso Oneroso, para desarrollar proyectos de almacenamiento en terrenos fiscales de la zona norte del país para proyectos de almacenamiento de energía.

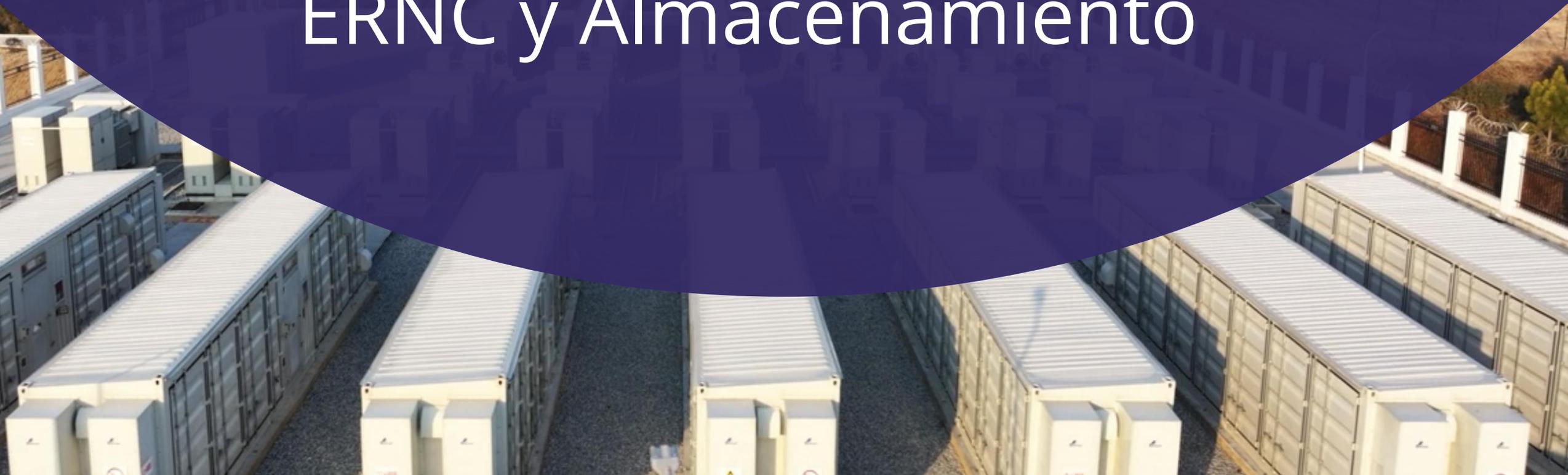
Señales para la evaluación ambiental de proyectos de almacenamiento de energía: mediante guía con criterios para la evaluación de SAE. Se señala que un SAE no es considerado una central generadora para efectos de la evaluación de impacto ambiental, por lo que no aplica el criterio de evaluación ambiental que aplica a centrales generadoras. Lo mismo se espera para tratamiento de SAE en líneas de transmisión.

Reciclaje de baterías en el marco de la Ley Reciclaje: El reciclaje de baterías en Chile, en el marco de la Ley 20.920, denominada de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP), busca que los productores se hagan cargo de la gestión de estos residuos al final de su vida útil, promoviendo su recolección y valorización para reducir su impacto ambiental. Dado su potencial contaminante y el aumento en su uso, especialmente con la electromovilidad, las baterías (definidas como “todo dispositivo de más de 5 kilos que suministre energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química”) fueron incorporadas como “producto prioritario” en esta ley.



Perspectivas y Proyecciones

ERNC y Almacenamiento



Estado actual de los sistemas de almacenamiento en Chile

Tecnología	En Operación [MW - MWh]	En Pruebas [MW - MWh]	En Construcción [MW - MWh]	Aprobado [MW]	En calificación [MW]
BESS	951 – 3.731	517 – 2.001	3.606 – 15.910	7.131	15.142
Stand-alone	54 - 16	-	987 – 3.970	1.098	7.570
Híbrido Biogás	-	-	10 - 50	-	-
Híbrido Gas Natural	-	-	116 - 580	-	-
Híbrido Hidroeléctrico	60 - 249	-	-	-	-
Híbrido Eólico	73 - 145	-	306 - 918	9	594
Híbrido Solar Fotovoltaico	765 – 3.321	517 – 2.001	2.187 – 10.392	5.400	6.061
Híbrido Solar Fotovoltaico + Eólica	-	-	-	624	917
Batería de Carnot	-	-	-	560	-
Batería de Carnot	-	-	-	560	-
LAES	-	-	-	50	-
LAES	-	-	-	50	-
Total General	951 – 3.731	517 – 2.001	3.606 – 15.910	7.741	15.142

A la fecha, existen **+5 GW de capacidad instalada de SAE** entre instalaciones en operación, en pruebas y en construcción. Recordar nuestra capacidad instalada es de **37,1 GW**.

Esta capacidad representa un volumen de energía almacenada de **~21 GWh**, lo que equivale a cerca del **10% de la demanda promedio diaria del país**.

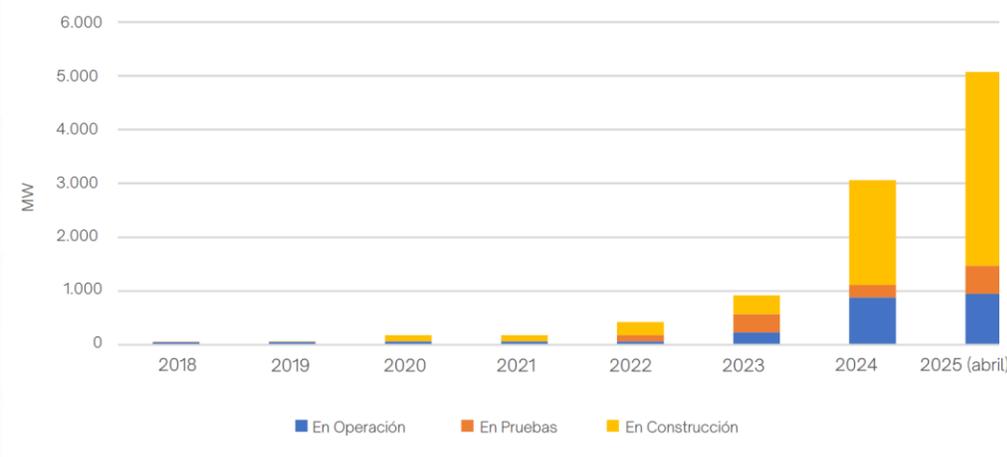
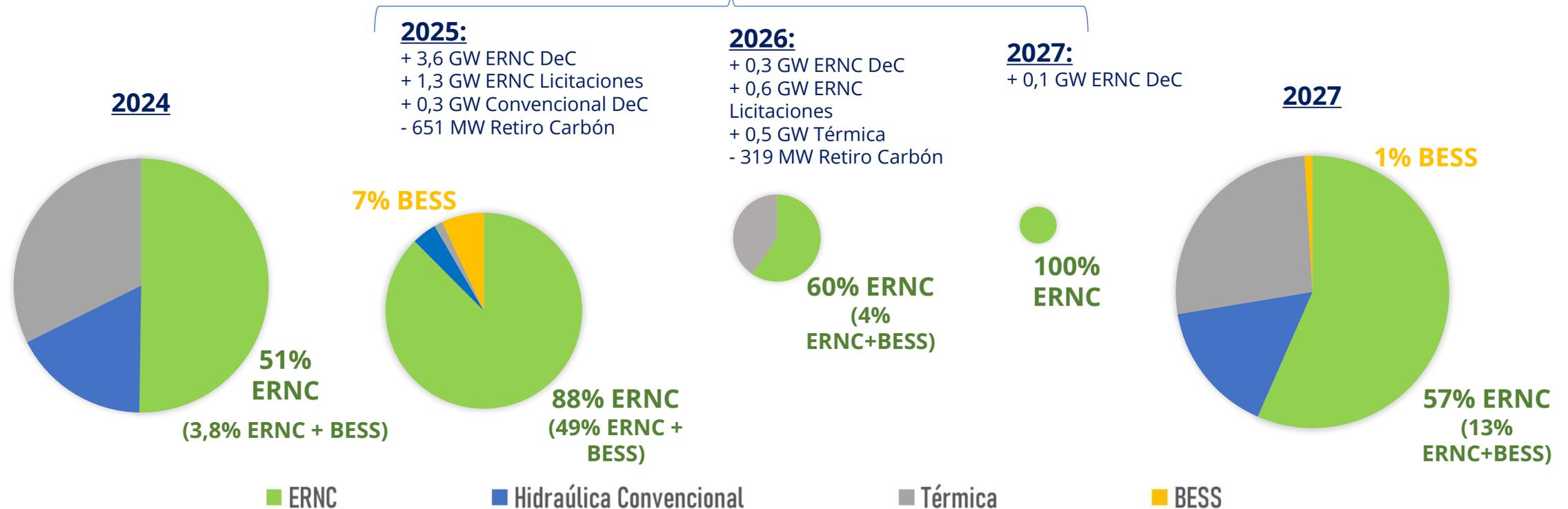


Figura 1: Desarrollo de sistemas de almacenamiento en Chile en el periodo 2018-abril 2025.

Adiciones de capacidad instalada ERNC al 2027

Desarrollo esperado de proyectos



- El 92% de los proyectos futuros serán ERNC y/o Almacenamiento.
- Para 2027, el 58% de la capacidad instalada del SEN será ERNC y/o Almacenamiento.

COMENTARIOS FINALES



Se está desarrollando un proceso de transición energética en tiempos acotados, no vistos anteriormente, lo que conlleva una serie de desafíos y oportunidades.

La transición energética es un tren que “ya salió”, lo que está por definir es a qué velocidad se va a materializar. Ahí es donde la flexibilidad y el almacenamiento juegan un rol habilitador para maximizar la penetración de energías renovables.

En la actualidad, existen incentivos para el desarrollo de almacenamiento, tanto desde la perspectiva operacional como desde la perspectiva regulatoria.

En el corto plazo, se requiere completar marco regulatorio aplicable a sistemas de almacenamiento y establecer instrumentos que permitan el acceso al financiamiento de los proyectos.

En un contexto de descarbonización, se prevé que el sistema eléctrico requerirá de almacenamiento de larga duración y elementos que contribuyan a la fortaleza de red. Es necesario establecer los incentivos hoy para que dicha infraestructura se desarrolle oportunamente.

La experiencia chilena es escalable a otras matrices energética de la región, que presentan la misma dependencia fósil en gas, o cuyas reservas se agotarán en los próximos 15 años (Perú, Colombia), ya que permite ahorros considerables en el gasto energético