

SPEC

energy | data | innovation



Condiciones habilitantes para la descarbonización: Evidencia y consideraciones de futuro

Septiembre 2022

DOCUMENTO PÚBLICO



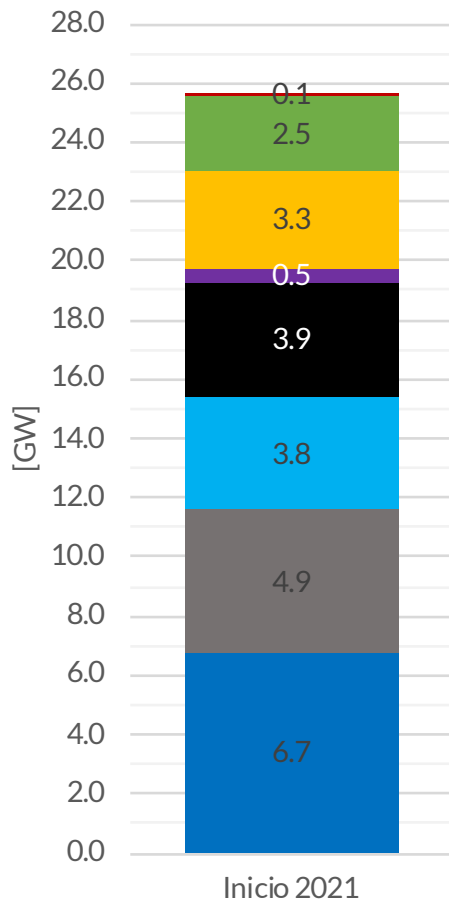
Objetivo general del estudio

Identificación de elementos habilitantes y condicionantes para alcanzar matriz eléctrica cero emisiones

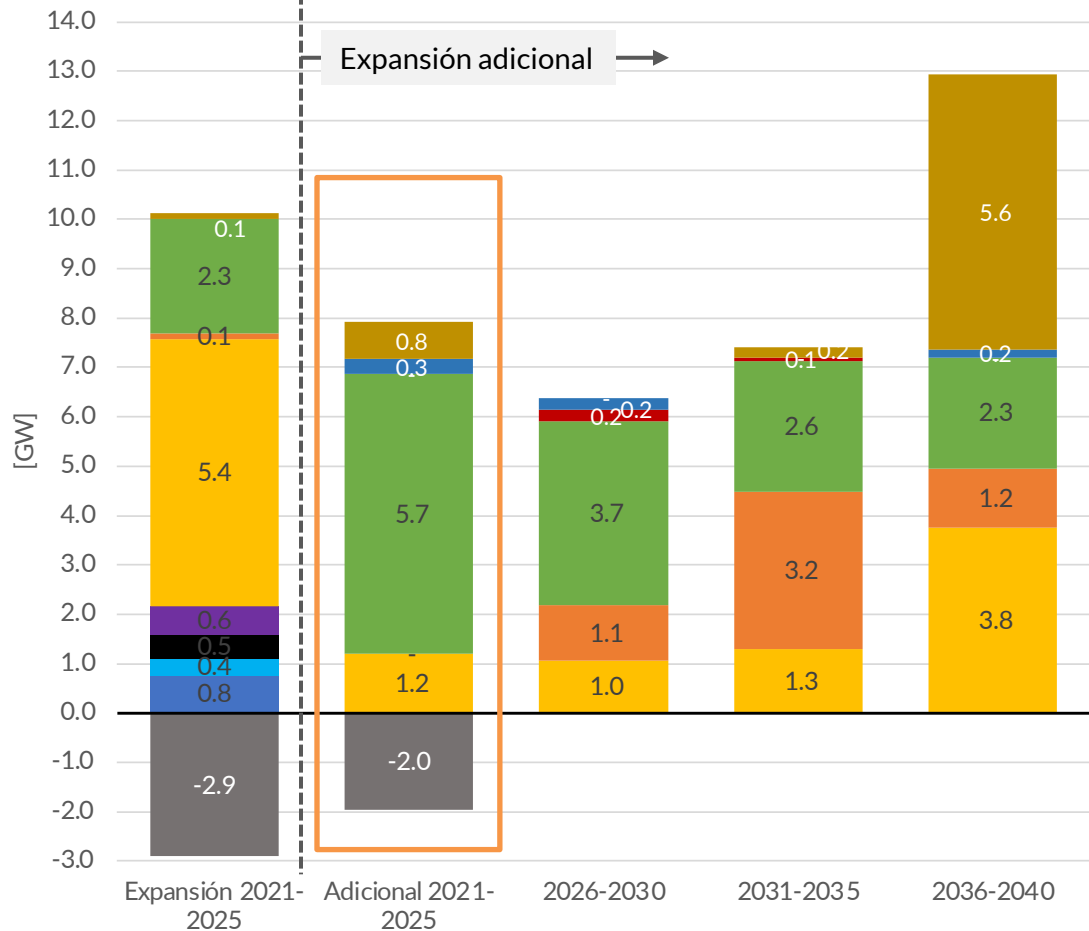
- Análisis exhaustivo de distintas fechas de retiro de centrales a carbón, gas y diésel (2025-2040)
- Diversos análisis técnico-económicos -> análisis de costos, emisiones, necesidad de infraestructura de adaptación (generación – transmisión – almacenamiento) y operación del SEN sin centrales térmicas
- Análisis en detalle de puntos de operación críticos -> verificación de seguridad / estabilidad del sistema (inercia, problemas de tensión)

Sistema adaptado al 2026 requiere una expansión adicional de **8 GW**, de los cuales **1.1 GW** son de sistemas de almacenamiento -> ~40 GW de capacidad al 2026

Situación inicio año 2021



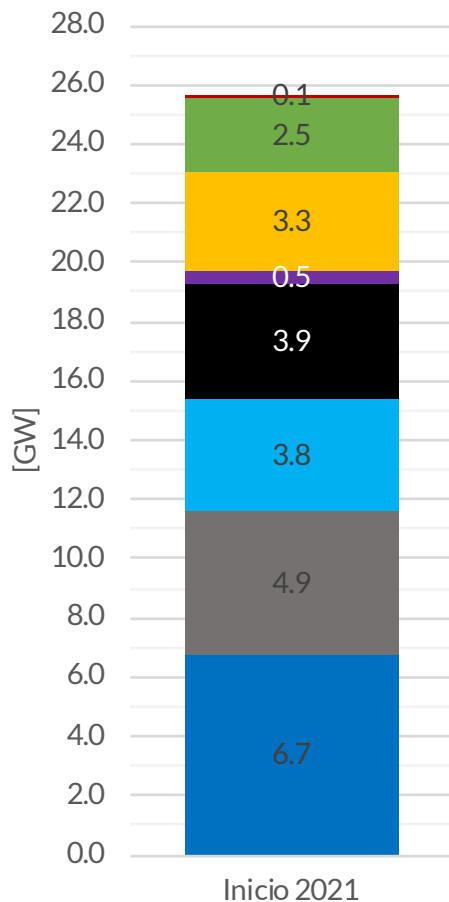
Expansión para reemplazar centrales a carbón al 2025



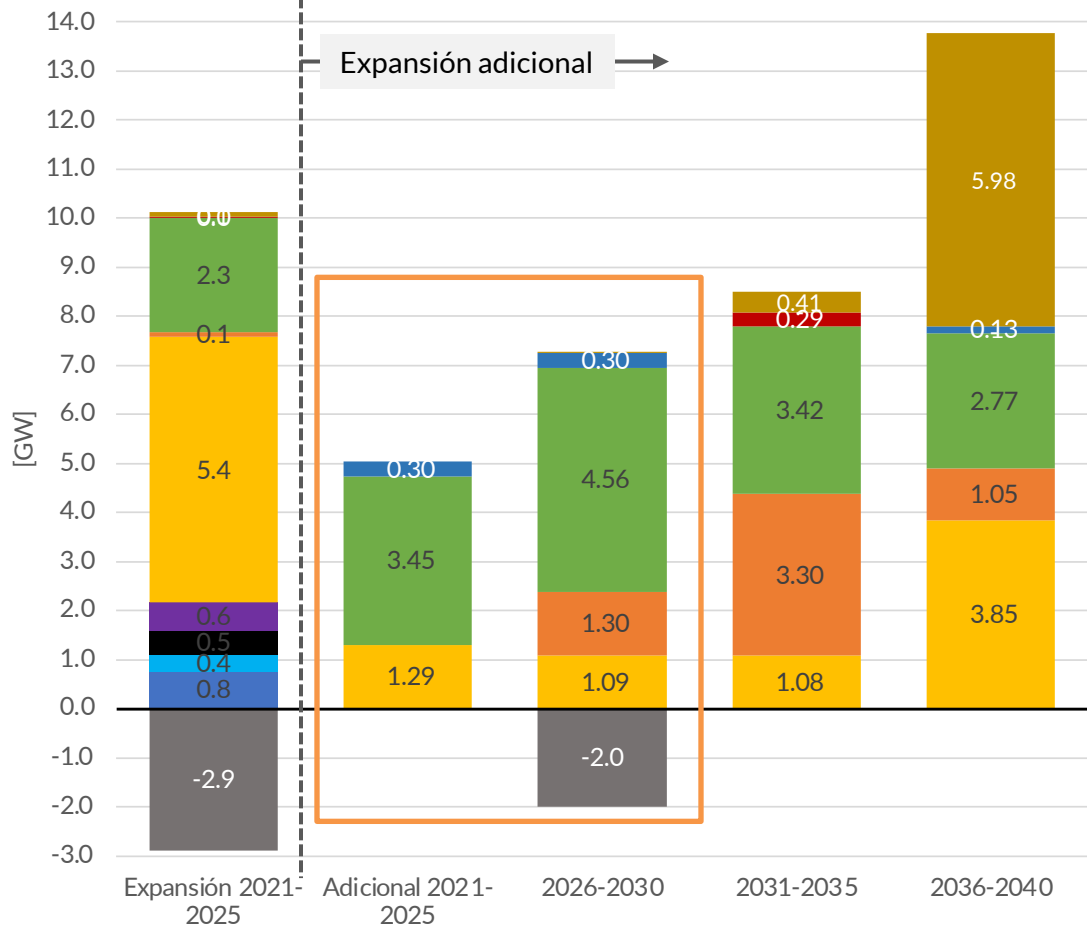
■ Carbón ■ Solar PV ■ Solar CSP ■ Eólica ■ Geotermia ■ Bombeo ■ BESS

Alivio en el periodo 2021-2025 pero igualmente se requieren **12.5 GW** al 2030, de los cuales **1.9 GW** son de almacenamiento de larga duración (CSP y Bombeo)

Situación inicio año 2021

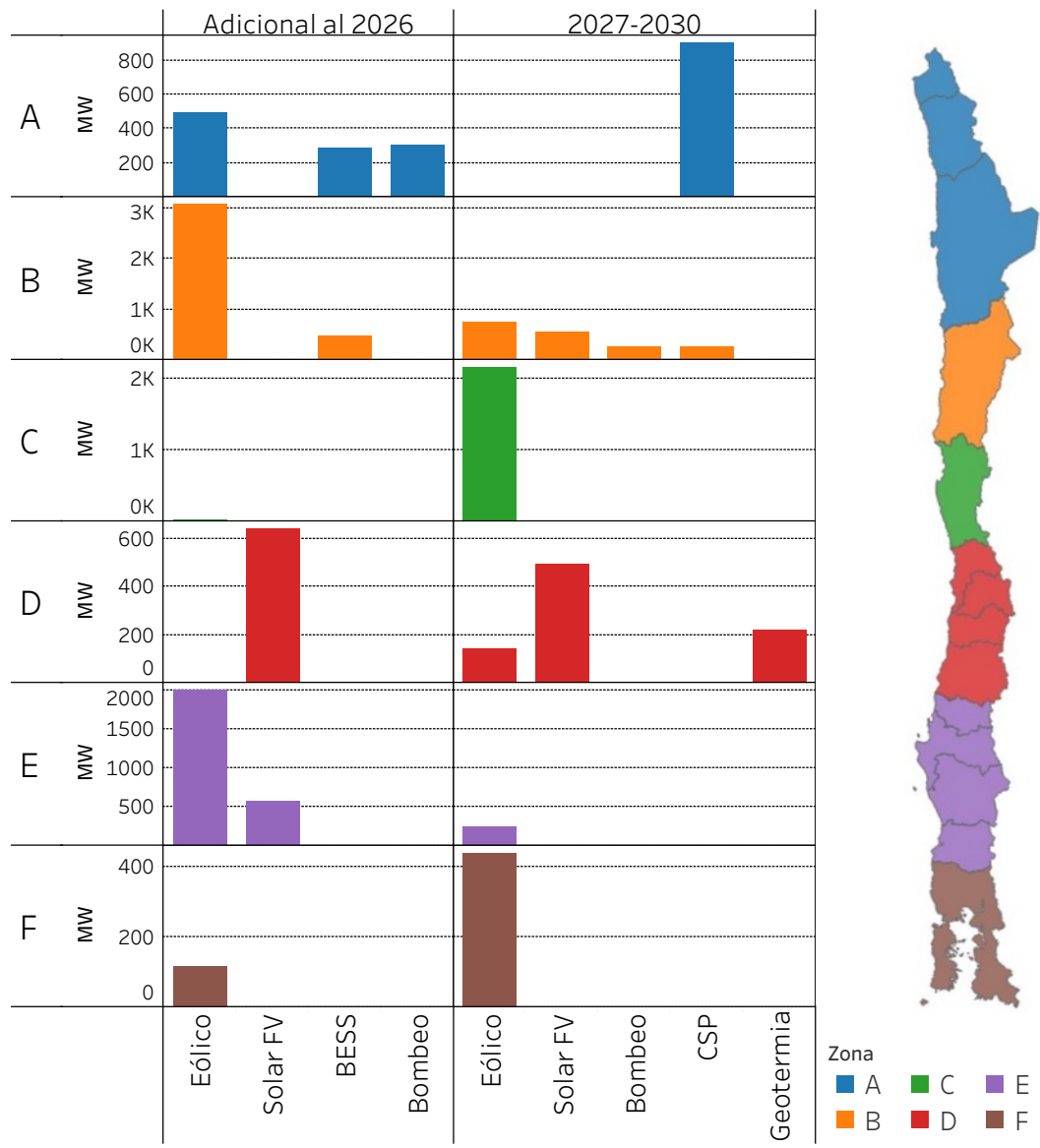


Expansión para reemplazar centrales a carbón al 2030

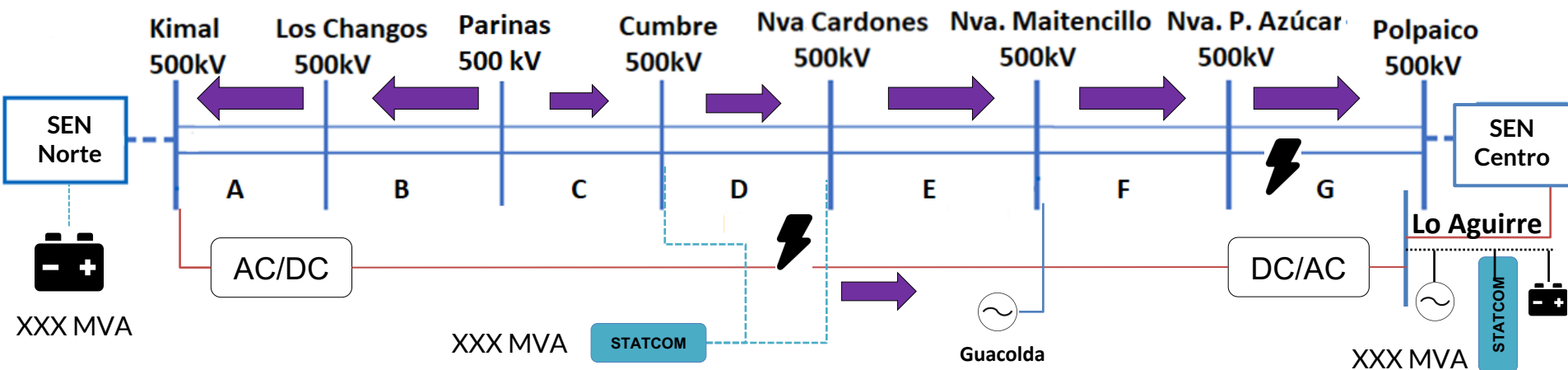


■ Carbón ■ Solar PV ■ Solar CSP ■ Eólica ■ Geotermia ■ Bombeo ■ BESS

- Fuerte desarrollo eólico en la zona de Taltal (S/E Parinas) y la VIII región.
- Solar FV adicional principalmente **cercana a centros de consumo** previo al 2030
- Almacenamiento (BESS Bombeo y CSP) en zona norte



Se llevaron a cabo análisis relativos a la **estabilidad de frecuencia (fallas generadores)** y de **estabilidad de tensión (fallas en líneas)**



Dichos estudios resultan en que el sistema, incluso adaptado, puede presentar **serios problemas de estabilidad** requiriendo medidas e infraestructura adicional, tales como BESS, STATCOM, condensadores sincrónicos, medidas operacionales

Más importantemente, el estudio dio cuentas de que:

- (1) Necesidad de potenciar I+D (mejores modelos, nuevos sistemas de control y tecnología que son borde del estado del arte)
- (2) Renovables deben participar activamente (requerimientos NT, incentivos SSCC)

No es directo que un completo reemplazo de carbón/gas por renovables sea **económicamente óptimo** solo en base a costos de operación e inversión

Al incorporar el costo social del carbono la decisión eficiente de política pública redunda en una **descarbonización acelerada del sector eléctrico**.

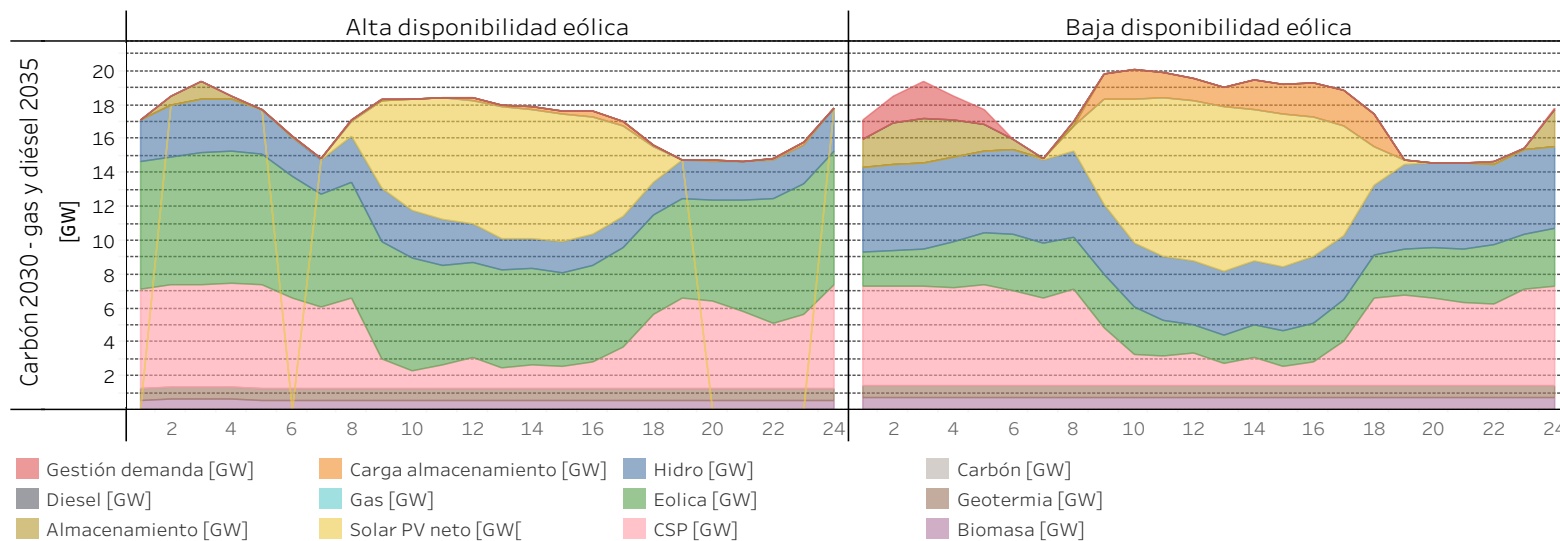
	Retiro 2025	Retiro 2028	Retiro 2030	Retiro 2033	Retiro 2035	Retiro 2038	Retiro 2040 (lineal)	Retiro 2040 (final)
TOTAL OPEX+CAPEX [MMUSD] (1)	32,353	31,392	31,035	30,709	30,330	30,024	29,767	28,537
Emisiones totales [MM ton CO2eq] (2)	80	99	115	130	145	160	172	234
Valor CO2 para break-even USD/ton CO2eq ($\Delta 1$)/($\Delta 2$)	24.8	21.2	21.0	20.9	20.3	20.2	20.0	-

Los resultados anteriores **sólo son válidos si la infraestructura de adaptación llega a tiempo**. De lo contrario, el sistema es **más contaminante y/o más costoso de operar**, y por lo tanto, la medida de retiro de centrales no es eficiente y menos efectiva para el objetivo final de reducción de emisiones.

Costos de CAPEX consideran valor presente de anualidades en periodo de evaluación 2026-2030
Valor de CO2 calculado con respecto a caso Ruta 2040 (final)

En el caso de retiros de la totalidad de las fuentes termoeléctricas entre 2030-2040, el costo de desarrollar capacidad de adicional para eventos poco frecuentes supera el costo de utilizar combustible (diésel) en centrales ya existentes, o incluso de recortar demanda

Operación horaria 2036



Es necesario pensar en mecanismos que incentiven tecnologías de respaldo, para que sean atractivas (Almacenamiento de larga duración, gestión de demanda)

Al mismo tiempo, es necesario desarrollar estudios específicos para eventos climáticos adversos (ej: caso de Irlanda con tormentas de +2 semanas)

El reemplazo de centrales a carbón permite reducir emisiones significativamente, pero conlleva diversos costos asociados a un despliegue masivo de infraestructura de adaptación

A pesar de la gran cantidad de proyectos en construcción y desarrollo que se integrarán al SEN en los próximos años, **se requiere un esfuerzo adicional para retirar el carbón y adaptar el sistema.**

- **2025:** Se requieren 8GW adicionales, donde al menos se requiere de 1 GW de tecnologías actualmente incipientes como BESS y bombeo
- **2030:** Se requieren 12GW adicionales con al menos 1.9 GW de almacenamiento de larga duración (Bombeo, CSP)

Al considerar el costo social del carbono (mayor a 30 USD/Ton) **la decisión eficiente** de política pública redundaría en una **descarbonización más acelerada del sector eléctrico.**

Esto solo es válido si existe un oportuno desarrollo que mantenga un sistema **adaptado.**

Adicionalmente a la infraestructura se requiere **soporte dinámico de la red y revisar diversas políticas:**

- Disponibilidad de gas y operación intradiaria flexible,
- Cadena de suministro de diésel y/o definición de stock mínimo,
- Restricciones al *hydropeaking*,
- Desincentivos por altos niveles de vertimiento, operación fuera de orden económico y falta de remuneración por servicios como inercia o ciclaje.

Con todo, **es factible** encontrar un mix tecnológico y de diversas medidas para un **reemplazo de las unidades a carbón**, incluso en escenarios de retiro acelerado, lo que permite abastecer la demanda a mínimo costo (adaptar el sistema) y continuar con un SEN robusto y seguro ante desbalances.

Cualquier falla en este proceso y no lograr un sistema adaptado (económica y técnicamente) al nuevo escenario puede, eventualmente, **significar un sistema más frágil, mas caro, menos eficiente y más contaminante.**

¿Cómo coordinar la descarbonización y la implementación de las medidas necesarias?

- El retiro de las centrales a carbón es una decisión **costo eficiente para la sociedad y el medioambiente** pero que requiere el despliegue de distintas medidas e infraestructura
- ¿Existe **compatibilidad de los tiempos con el desarrollo, financiamiento, tramitación ambiental y construcción** de infraestructura, sobretodo en escenarios acelerados?
- Hoy el retiro de centrales obedece a las iniciativas de privados, que son revisadas por la autoridad para aprobar (o retrasar) ante eventos de seguridad.
- Discusión debe migrar de solo fechas de retiros hacia un **plan integral** con los hitos y fechas que deben cumplirse, con definición de responsabilidades.

¿Contamos con las suficientes señales para atraer una inversión de privados de esta magnitud, y de manera sostenida en el tiempo?

- Hemos sido capaces hasta ahora de desplegar capacidad de generación ERNC con un ritmo similar al necesario para retirar las centrales a carbón apuntando a 2030.
- No obstante, cabe preguntarse si las señales de mercado son suficientes para la integración a tiempo de **tecnologías habilitantes de incipiente desarrollo para una descarbonización profunda**
- Nuestra visión es que el **diseño de mercado actual** y su regulación **no soportan la transición hacia una descarbonización profunda** de la matriz. Es necesario por lo tanto modernizarlo mediante distintos **cambios que estructuren señales de mercado para viabilizar la transición energética.**

Cambios al mercado y a la regulación eléctrica para una descarbonización profunda

LÍNEAS DE ACCIÓN A CORTO PLAZO

Carlos Suazo-Martínez
SPEC

Rodrigo Moreno
Universidad de Chile e Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)

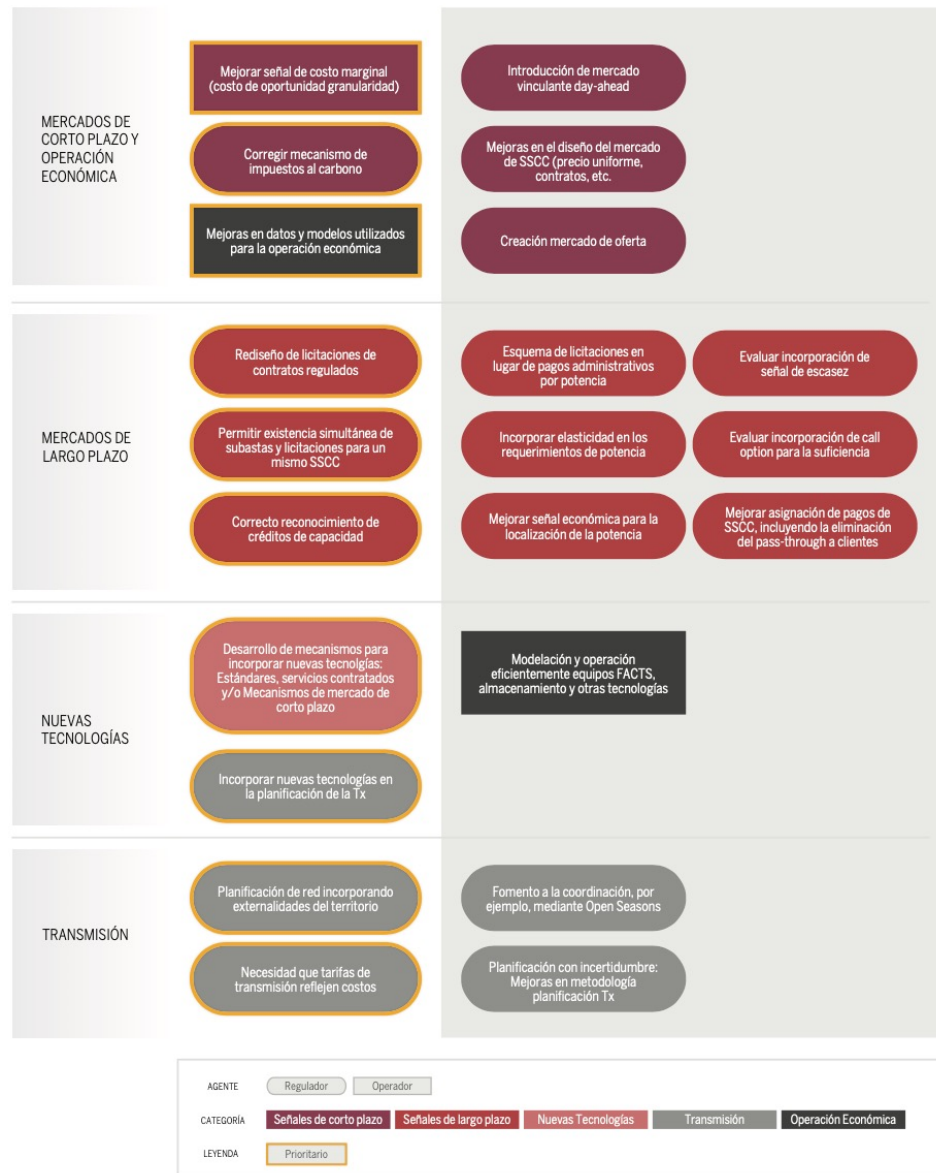
SPEC
energy | data | innovation

ISCI
INSTITUTO
SISTEMAS COMPLEJOS
DE INGENIERÍA

- Las condiciones identificadas han motivado un proceso de **reflexión interna entre SPEC e ISCI** para identificar los **cambios necesarios para una descarbonización profunda**.
- Nuestro trabajo ha identificado 4 líneas de trabajo:
 - **Mercados de corto plazo** y la operación económica.
 - Desarrollo de **mercados de largo plazo**: energía, potencia y servicios complementarios.
 - **Nuevos mecanismos** para incorporación de nueva tecnologías (estándares, servicios contratados o mecanismos de mercado)
 - **Mejoras en el proceso de planificación** del sistema de transmisión.

Texto completo disponible acá: [link](#)

- Esta **nueva estructura de mercado** es la resultante de un proceso de (re)diseño que **parte con los mercados de corto plazo y termina con** el diseño de las señales de **largo plazo**.
- Involucra el convencimiento del Estado en el desarrollo de **políticas estratégicas que apunten en un sentido claro**. Sin duda, estos cambios requerirán el esfuerzo continuo de más de un (1) gobierno.
- En este esfuerzo existirán **conflictos evidentes entre los diversos objetivos del regulador**, que deben ser resueltos de manera consensuada con los distintos agentes del sector.



Algunos de los cambios propuestos:

Mercado spot: Granularidad y metodología de determinación de los precios spot ocultan impacto de inflexibilidades

- ✓ Cálculo manual (lista de mérito) -> cálculo vía software
- ✓ Impuesto verde

Mercado vinculante del día anterior (energía y ssc)

- ✓ Incentivar la reducción de costos de balanceo y asignarlos de manera eficiente
- ✓ Señal necesaria para manejo del riesgo en el arbitraje de energía

Mercado de costos versus ofertas:

- ✓ Dificultad y carga administrativa creciente para estimar los costos de oportunidad de nuevas tecnologías (relaciones intertemporales, mercados paralelos, no linealidades).
 - ✓ Se requerirá un fortalecimiento del monitoreo del poder de mercado
 - ✓ Periodo de transición con aperturas parciales

Algunos de los cambios propuestos:

Servicios complementarios: medidas para una señal que incentive la expansión tecnológica

- ✓ Subastas de precio uniforme
- ✓ Suspensión del mercado vs monitoreo de poder de mercado
- ✓ Complementar subastas con contratos de largo plazo por SSCC
- ✓ Habilitación de la demanda

Energía

- ✓ Cambiar el criterio de selección de ofertas de licitaciones (solo por energía) a uno que integre la demanda por otros servicios
- ✓ Eliminar las ventas atadas en conjunto con ssc

Modernización (nuevo) mercado de capacidad

- ✓ Modelo administrativo -> modelo de licitaciones
- ✓ Definición de producto y requerimientos (margen o estándar)
- ✓ Incentivo a participación de todos los recursos (demanda, dx) incluyendo análisis de desempeño

SPEC

energy | data | innovation



www.spec.cl
www.ameba.cloud

info@spec.cl
+56 2 2944 4636
Los Militares 5885, oficina 803
Las Condes, Santiago, CHILE - 7561272