

Análisis de Largo Plazo para el Sistema Eléctrico Nacional de Chile considerando Fuentes de Energía Variables e Intermitentes

Módulo 1: Introducción al Estudio y Flexibilidad

Preparado para:



Generadoras de Chile

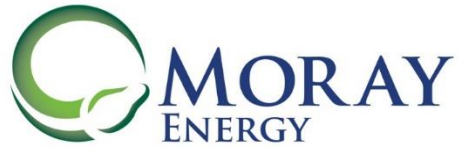
24 de enero de 2018



Temario

- ▶ Grupo consultor
- ▶ Motivación
- ▶ Objetivo del estudio
- ▶ Resultados Esperados
- ▶ Flexibilidad

Grupo consultor



- ▶ Moray es una firma de asesorías fundada en 2013 por ejecutivos del sector eléctrico, con base en Santiago – Chile, para apoyar a inversionistas y *stakeholders* en la toma de decisiones en el sector energía con una perspectiva de vanguardia.
- ▶ Moray cubre un amplio rango de servicios aprovechando la extensa experiencia y alto grado de especialización de su equipo fundador.



- ▶ Provedora de herramientas analíticas y consultoría (estudios económicos, regulatorios y financieros) en electricidad y gas natural desde 1987, con base en Rio de Janeiro – Brasil.
- ▶ Equipo de 54 especialistas (17 PhDs, 31 MSc) en ingeniería, optimización, energía, estadística, finanza, regulación, TI e análisis ambiental.
- ▶ Actualmente se encuentra actuando en más de 70 países en todos los continentes.

Mercado eléctrico en evolución

01

Transición (revolución?) a un sistema de energía más sustentable y eficiente

02

Habilitar nuevas formas de consumo y uso de la electricidad

03

Minimizar impactos y costos indeseados de la transición

Drivers del cambio

Cambio climático y reducción de emisiones

- Descarbonización de la matriz energética
- Electrificación del consumo

Nuevo consumidor chileno

- Consumidor informado y exigente
- Mayor conectividad y acceso a información
- Descentralización y desintermedialización

Eficiencia económica

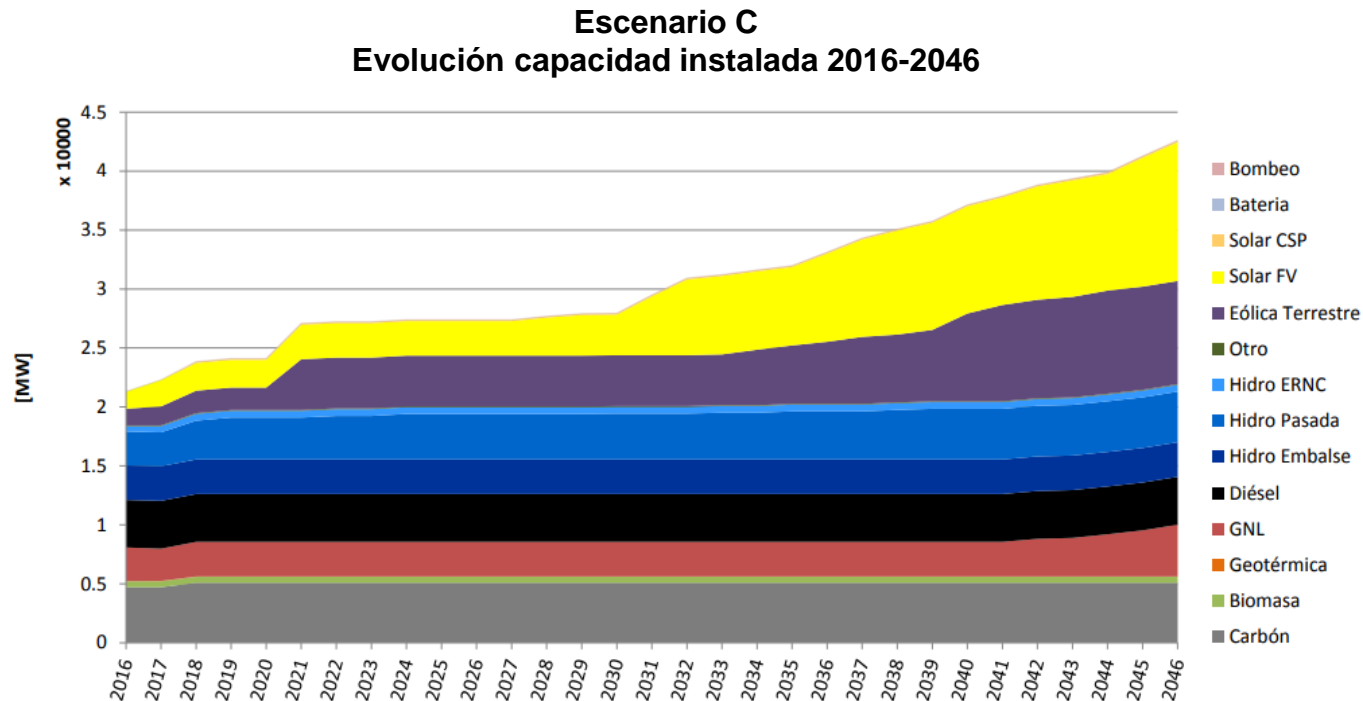
- Mayor número de actores -> Mayor competencia, hipercompetencia
- Evolución tecnológica

Mayor seguridad de suministro

- Resiliencia local frente a eventos adversos

Objetivos de política pública

- ▶ **Energía 2050:** meta de al menos 70% de generación renovable al 2050
- ▶ **PELP:** evolución capacidad instalada al 2046 para distintos escenarios
 - Entre 5.000 y 13.500 MW adicional de capacidad solar FV
 - Entre 500 y 4.500 MW adicional de capacidad eólica

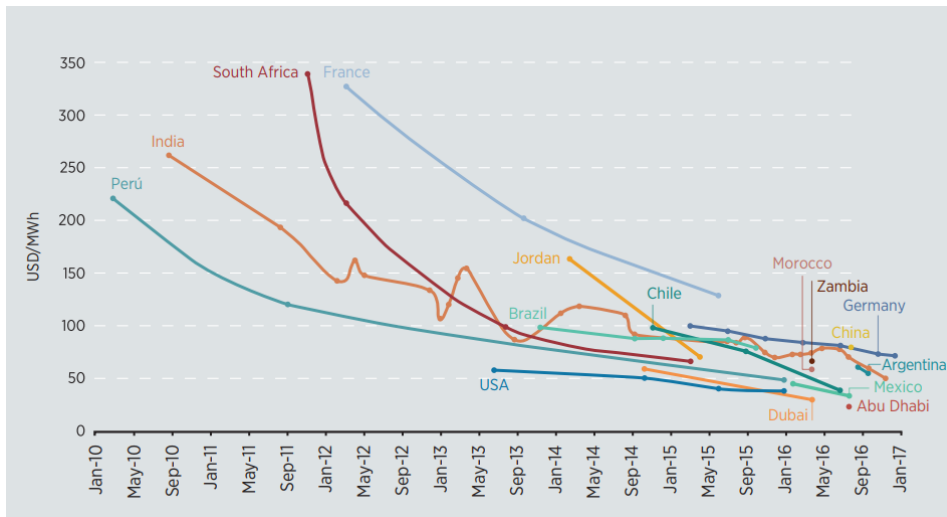


Fuente: PELP, Ministerio de Energía, 2017

Reducción de costos de energía

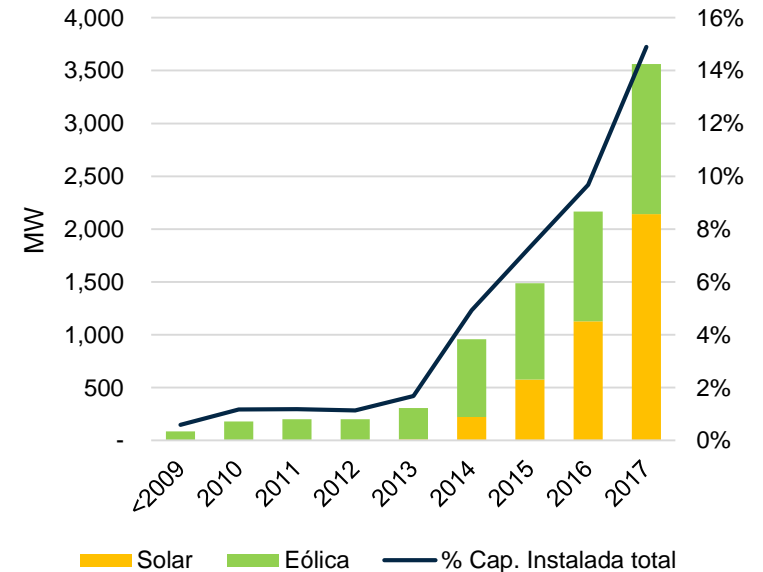
- ▶ La reducción de costos de la tecnología solar y eólica ha creado una nueva oportunidad para un suministro económico y limpio.

Evolución precio promedio licitado a tecnología solar FV, enero 2010 – febrero 2017



Fuente: Renewable Energy Auction IRENA

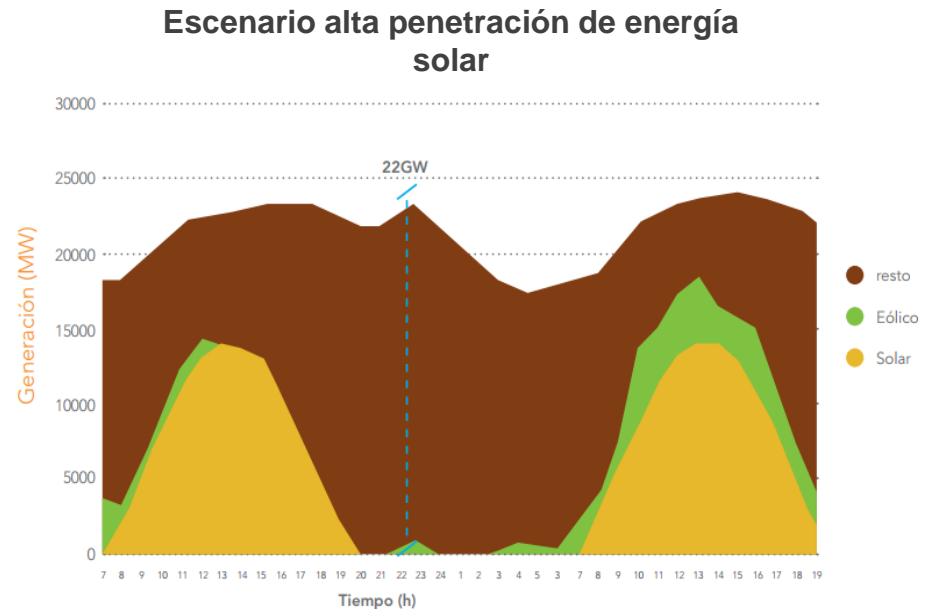
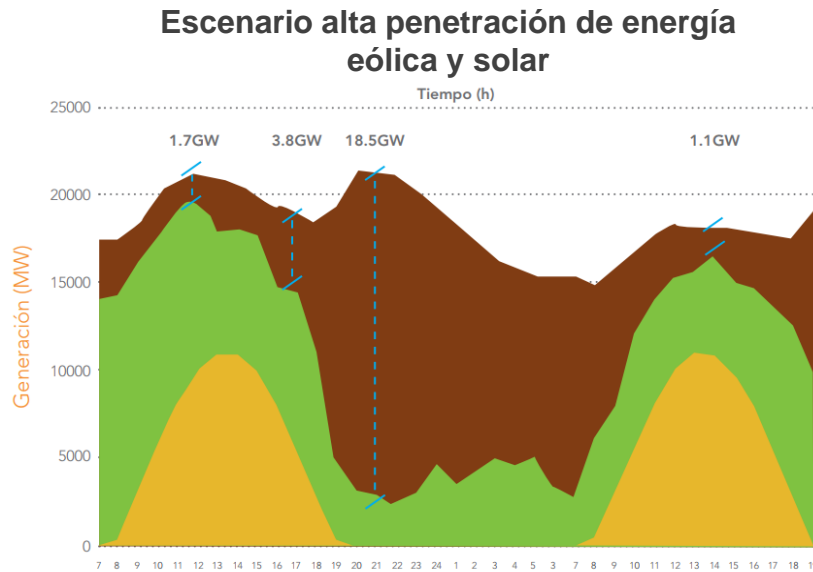
Penetración solar y eólica en Chile



Fuente: Energía Abierta, CNE

Efectos de la integración renovable

- Perfil de generación para un día típico hacia el año 2050.

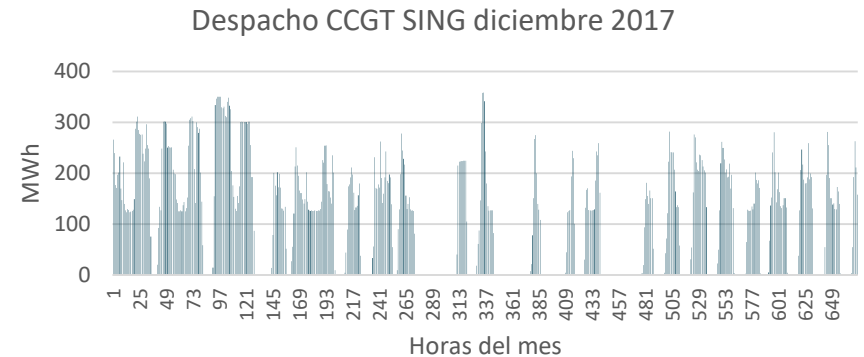
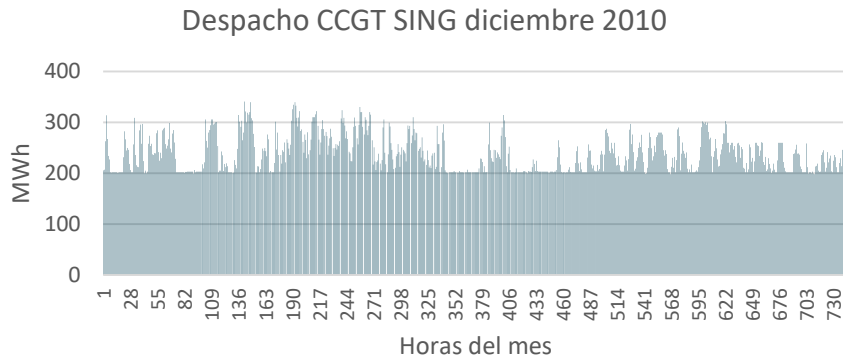


- Gestión del sistema en torno a la producción de energía solar y eólica.

Fuente: Hoja de Ruta 2050

Efectos de la integración renovable

- ▶ Hoy ya se comienzan a observar efectos sobre el parque generador



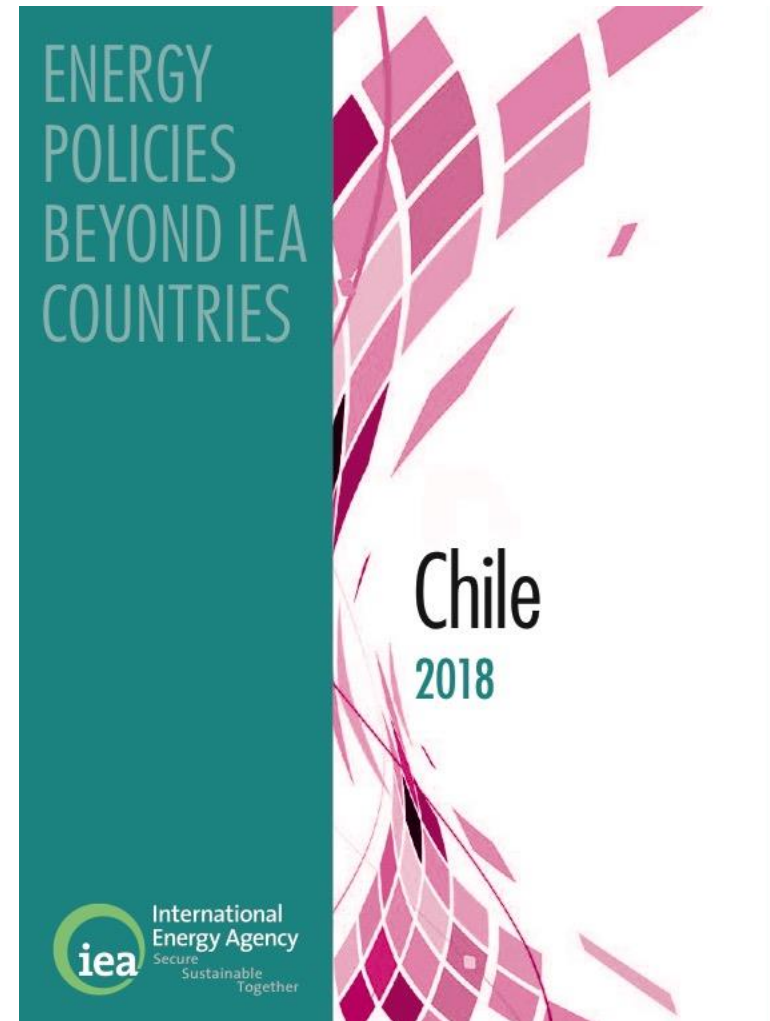
- Mayor número de partidas y paradas de unidades térmicas
- Reducción del factor de planta de generación térmica
- Operación en niveles bajos de eficiencia (muchas veces a mínimo técnico)
- Requerimientos más exigentes de toma y reducción de carga
- Aumento requerimientos de reserva

- ▶ Cambio de paradigma del despacho de generación convencional hacia la generación flexible.

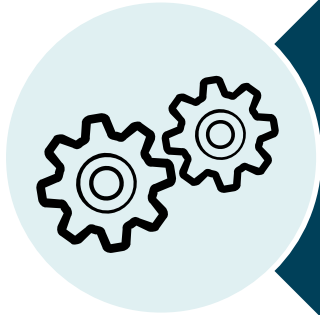
Fuente: Operación real CEN

Informe IEA Chile 2018

- ▶ *Chile has emerged as a world-class destination for investment in variable renewable energy (VRE) – solar and wind power.*
- ▶ *In systems with high shares of VRE, the role of dispatchable generation is to compensate the variable output of wind and PV generation. For this, power plants must be designed to be able to start up and to change their output quickly and on a short notice, and to make room for VRE by having a low minimum output.*
- ▶ ***Una de las recomendaciones:***
Ensure the electricity market design and infrastructure is developed to facilitate the value-maximising integration of VRE into the electricity system.



Algunos desafíos de la transición



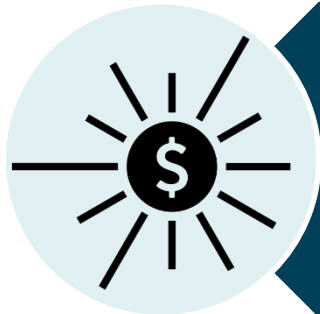
Técnicos

Mantener la confiabilidad del suministro frente a variaciones de la oferta y la demanda o ante contingencias



Regulatorios

Necesidad de generar señales que hagan sostenible una operación económica en estas nuevas condiciones operativas mas flexibles

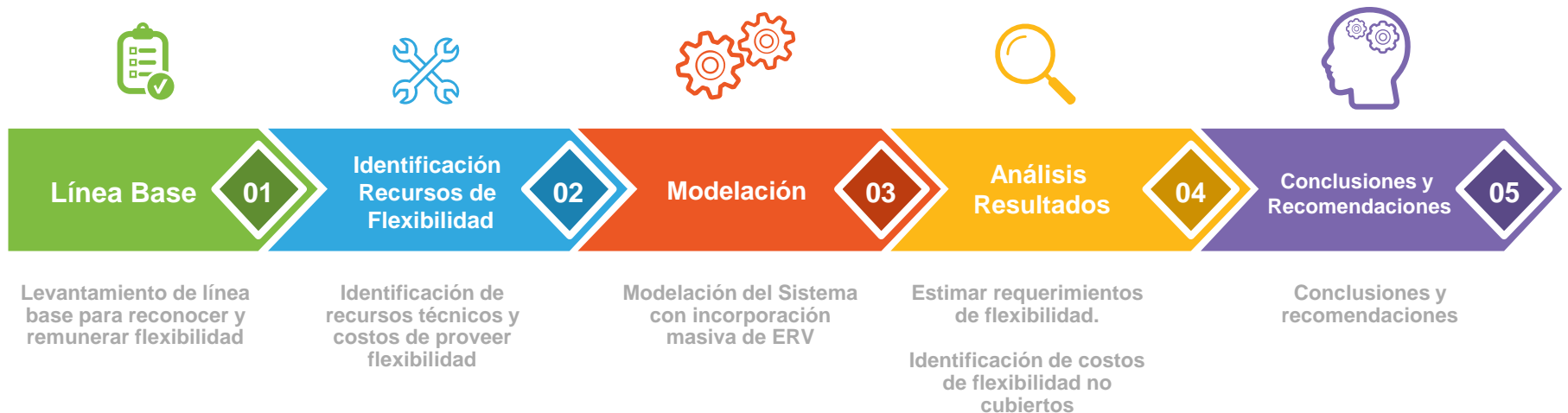


Diseño de mercado

¿Missing money problem?
Ingresos sistemáticamente menores que los necesarios para cubrir todos los costos

Objetivo general del estudio

- ▶ Cuantificar los efectos de la integración masiva de fuentes de energía variables e intermitentes en la operación del sistema eléctrico en el marco de la discusión pública sobre la regulación de servicios de flexibilidad



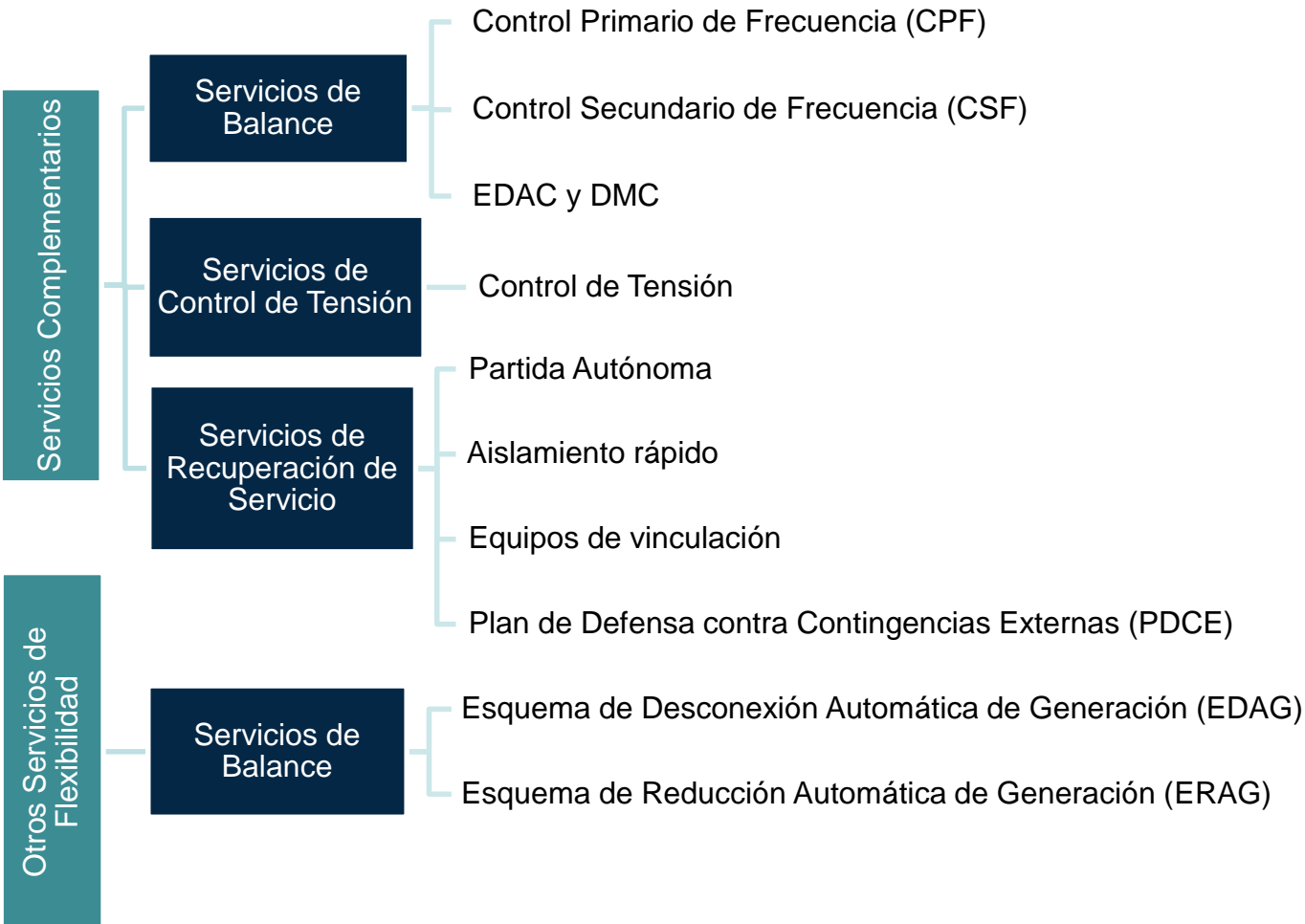
Flexibilidad

- ▶ Capacidad del sistema eléctrico para responder a los cambios en el equilibrio de la oferta y la demanda de una manera eficiente en tiempo y costo.

- ▶ Algunas fuentes de flexibilidad en un sistema pueden ser:
 - Tecnologías de generación que pueden ser encendidas, apagadas y controladas con frecuencia
 - Respuestas de la demanda
 - Tecnologías de almacenamiento
 - Interconexiones

Regulación Actual

► Servicios prestados actualmente en Chile



Costos de Flexibilidad

- Los costos de flexibilidad que serán evaluados son:

I	Costos Directos Encendido	Combustible, emisiones y otros costos.
II	Costo Indirecto Encendido	CAPEX y mantenimientos adicionales.
III	Costo de Seguimiento	CAPEX y mantenimientos adicionales.
IV	Costo de Eficiencia	Costos por operación en rangos de menor eficiencia
V	Costo de Oportunidad	Costo de oportunidad por aporte de reservas

- Se valoran mediante funciones de costo dependientes de variables operativas obtenidas mediante la simulación.

Funciones de Costo de Flexibilidad

I. Costo directo de encendido

- Costo de combustible, emisiones y servicios auxiliares necesarios para encender y detener la unidad.

$$C_{DE} = (C_{Encendido} + C_{Emisiones}) \cdot P_{m\acute{a}x} \left[\frac{USD}{Partida} \right]$$

$C_{Encendido}$	Costo combustible durante el encendido (USD/MW)
$C_{Emisiones}$	Costo por emisiones de CO2 emitidas durante el encendido (USD/MW)

II. Costo indirecto de encendido

- Un aumento de ciclado produce mantenimientos más frecuentes, mayor consumo de repuestos y aumenta la tasa de falla.

$$C_{IE} = P_{m\acute{a}x} \cdot C\&M \left[\frac{USD}{Partida} \right]$$

$C\&M$	CAPEX y mantenimiento adicional por encendido (USD/MW)
--------	--

Funciones de Costo de Flexibilidad

III. Costo por seguimiento

- Costo de unidades que tengan que operar en un régimen constante de seguimiento de carga con variaciones abruptas (20%).

$$C_S = P_{\text{m}\acute{a}\text{x}} \cdot C_{\text{ramp}} \left[\frac{\text{USD}}{\text{Evento}} \right]$$

C_{ramp}

Costo de seguimiento por tipo de unidad (USD/MW)

IV. Costo por menor eficiencia

- Costo incurrido por unidades que aportan reserva en giro, operando en puntos de menor eficiencia.

$$C_{E,i} = \left(CE(P_{\text{net},i}) - CE(P_{\text{net},i} + R_i) \right) \cdot P_{\text{net},i} \cdot C_{\text{comb}} \text{ [USD]}$$

$CE()$

Curva de consumo específico de combustible.

$P_{\text{net},i}$

Generación neta de la unidad en la hora i .

R_i

Monto de reserva que aporta la unidad en la hora i .

C_{comb}

Costo de combustible de la unidad.

Funciones de Costo de Flexibilidad

V. Costo por oportunidad

- Costo de oportunidad de una unidad que provee reserva en giro, producto de la energía que deja de generar para cumplir con este requerimiento.

$$C_O = (P_{neta,i} + R_i) \cdot (CMg_i - CV(P_{neta,i} + R_i)) - P_{neta,i} \cdot (CMg_i - CV(P_{neta,i})) [USD]$$

$CV()$	Costo variable de la unidad.
$P_{neta,i}$	Generación neta de la unidad en la hora i .
R_i	Monto de reserva que aporta la unidad en la hora i .
CMg_i	Costo marginal en la barra de inyección de la central en la hora i .

Análisis de Largo Plazo para el Sistema Eléctrico Nacional de Chile considerando Fuentes de Energía Variables e Intermitentes

Módulo 1: Introducción al Estudio y Flexibilidad

Muchas Gracias!



www.psr-inc.com



www.morayenergy.com



+55 21 3906-2100



+56 (2) 32451205