



SOLAR AND ENERGY  
INNOVATION COMMITTEE

# Rol de la Energía Solar en el Sistema Eléctrico Nacional

**Webinar: Energía Solar en Chile**

05 Junio 2019

Cristián González Veloso  
**Comité Solar e Innovación  
Energética**  
CORFO  
[cgonzalez.veloso@corfo.cl](mailto:cgonzalez.veloso@corfo.cl)



# Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

## Introducción

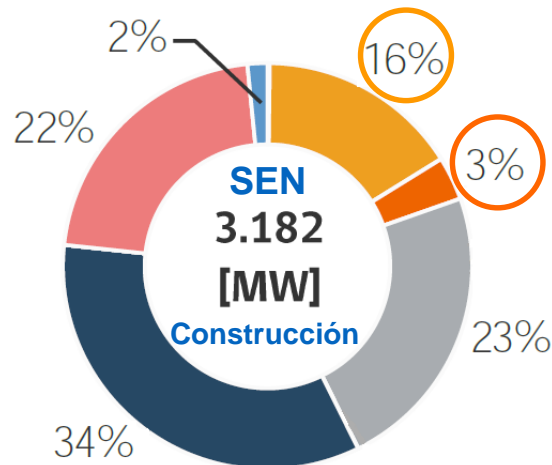
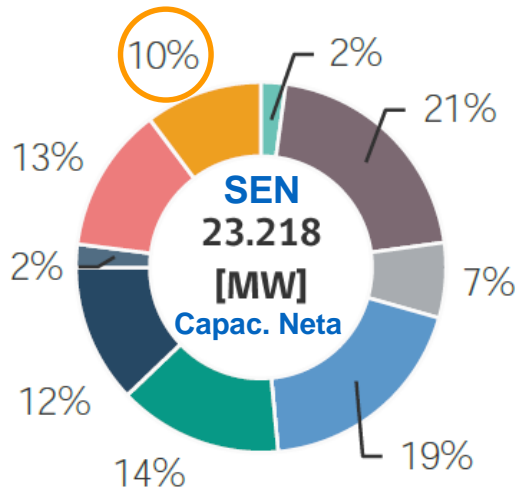
---

- La matriz de generación del SEN tiene una considerable diversificación de tecnologías, lo cual es saludable para mantener un Sistema Eléctrico estable que proporcione:
  - Seguridad en el suministro eléctrico.
  - Despacho económico.
- Para la estabilidad del Sistema, naturalmente que es vital el acceso abierto a todos los sistemas de transmisión disponibles.
- Con el fin de mantener dicha seguridad de suministro y despacho económico, es esencial diferenciar los atributos y prestaciones que proporciona cada tecnología de generación que participa en el SEN.
- De esta forma, podrán ser adecuadamente planificadas las necesidades en infraestructura de generación y transmisión, dependiendo de las particularidades de las tecnologías.



# Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

## Capacidad Instalada Neta & En Construcción



Eólica



Carbón



Diésel



Gas Natural



Solar Fotovoltaica



Hidráulica de Pasada



Mini Hidráulica de Pasada (< 20 MW)



Concentración Solar de Potencia



Geotermia



Hidráulica de Embalse



Biomasa

A la fecha, **21%** de la capacidad neta total del SEN es ERNC.

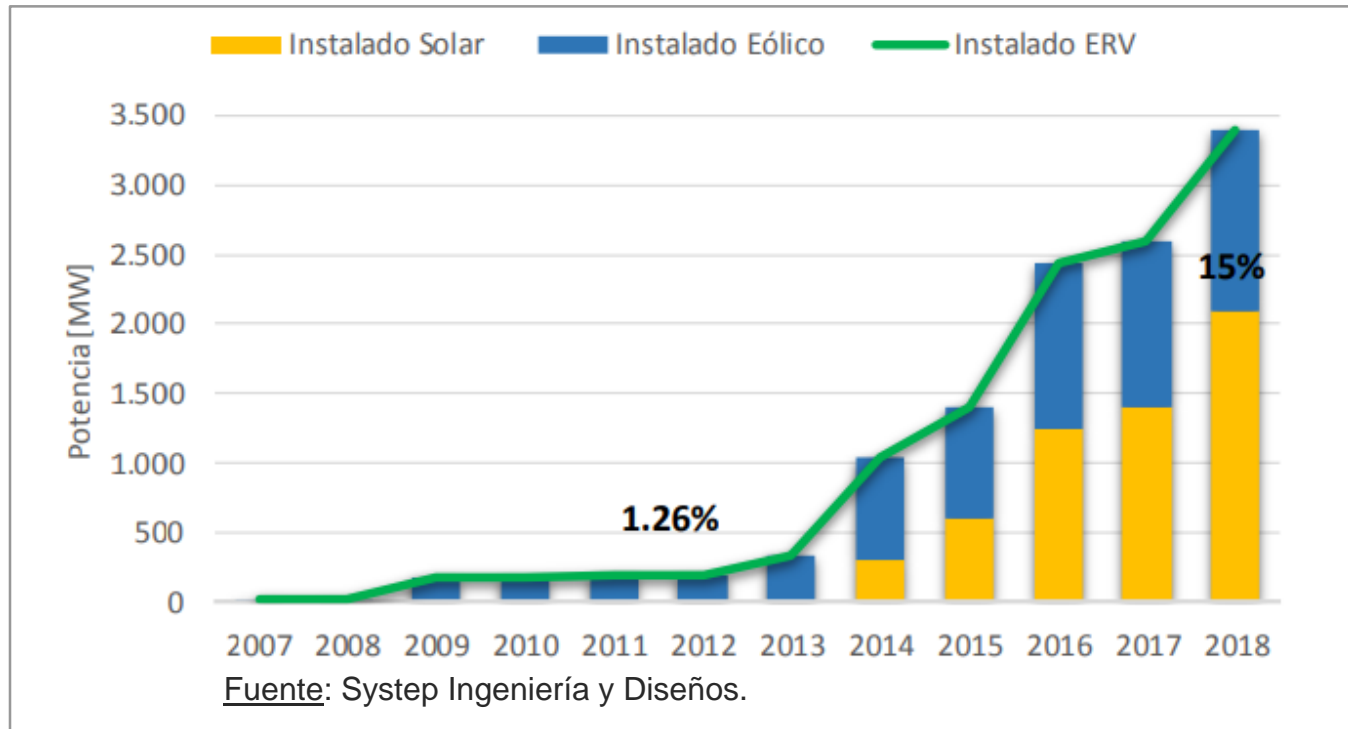
Fuente:

Comisión Nacional de Energía, Coordinador Eléctrico Nacional.  
Mayo 2019.



# Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

## Energías Renovables Variables (ERV)



- Se proyecta que las plantas FV serán la tercera fuente de generación en 2019, después de las plantas de carbón y plantas hidroeléctricas (en 2018 la tercera fuente de generación fueron las plantas a gas natural).
- Hito → Una fuente ERNC sería la tercera en generación.
- Sin embargo, las ERV no generan en sincronía con el sistema eléctrico.



# Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

## Estado de Situación de la Matriz Eléctrica

- Considerando la capacidad instalada ERNC en operación, 81% corresponde a generación variable (ERV).
- De los 3.182 MW actualmente en construcción:

Tipo	Perfil de Generación / Costo Variable (CV)	Tecnología	%
Fósil	Estable, moderado CV indexado a precios fósiles	Gas Natural	2
Fósil	Estable (*), alto CV indexado a precios fósiles	Diésel	22
Renovable	Variable indexado a recurso solar y cinético, bajo CV	FV, Eólica (ERV)	39
Renovable	Variable indexado a niveles hidrológicos, bajo CV	Hidro de Pasada	34
<b>Renovable</b>	<b>Estable, indexado al diseño del almacenamiento, bajo CV</b>	<b>CSP</b>	<b>3</b>

(\*) Perfil de generación estable, pero raramente despachado debido al alto costo variable.

- Existe una frecuente volatilidad en el precio de combustibles fósiles.
- Hay tendencia hacia hidrologías más secas.
- La energía embalsada está sólo en 64% con respecto al promedio mensual histórico (estado a Abril 2019).



# Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

## Estado de Situación de la Matriz Eléctrica

---

- La creciente participación de ERV hace esencial que sean incorporadas tecnologías que proporcionen “flexibilidad” en el SEN, lo cual es necesario para mantener una operación con estabilidad.
- Asimismo, es necesario incorporar tecnologías que posean el atributo de despacho económico, lo cual permitirá una estabilidad económica en el SEN.
- Para la expansión y desarrollo del Sistema Eléctrico en el mediano y largo plazo, deben planificarse las inversiones considerando todos los atributos necesarios en las tecnologías de generación → Estabilidad económica y sustentable.

Atributos de Tecnologías de Generación	
Despacho durante el día	Suficiencia y continuidad de suministro
Despacho durante las horas peak	Reducción de gases efecto invernadero
Despacho durante la noche	Contribución de inercia
Despacho económico (bajo costo variable)	Contribución de reserva en giro
Almacenamiento energético	Contribución en control de frecuencia
Tiempo de arranque a plena capacidad	Contribución en control de tensión



# Atributos de Tecnologías de Generación

## Qué tecnología puede proporcionar todos los atributos?

---

### → La Concentración Solar Potencia es una excelente alternativa ... Por qué?

- Flexibilidad (despacho) → Habilidad para hacer frente a la variabilidad e incertidumbre en el perfil de demanda.
- Versatilidad → Las plantas CSP se diseñan de acuerdo al perfil de demanda que deben suministrar (perfil de generación es endógeno).
- Disponibilidad de almacenamiento, desacoplando la variabilidad del recurso solar con respecto al perfil de generación (de acuerdo al diseño de la planta CSP en cuestión).
- Estabilidad para el Sistema Eléctrico, mediante:
  - Inercia.
  - Reserva en giro.
  - Control de frecuencia y voltaje.
- Bajo costo variable.
- Tiempo de arranque a plena capacidad igual o inferior que las tecnologías termoeléctricas que usan combustibles fósiles.
- Generación renovable (permite reducir GEI).
- Constituyen un reemplazo natural de las centrales a carbón (CSP posee todos los atributos).
- Y además, Chile cuenta con el mejor recurso solar del mundo para la CSP (DNI).





# Diseños de Proyectos CSP

## Configuración de Planta

Diseño de Configuración de Planta	Cerro Dominador (Chile)	NOOR III (Marruecos)
Potencia bruta [MW-e]	<b>110</b>	<b>150</b>
Eficiencia térmica a eléctrica	~ 40% - 42%	~ 40% - 42%
Potencia térmica de turbina [MW-t]	~ 268	~ 366
Potencia térmica de receptor [MW-t]	~ 805	~ 660
<b>Múltiplo Solar (SM)</b>	<b>~ 3.0</b>	<b>~ 1.8</b>
<b>Almacenamiento de energía térmica (TES) [horas]</b>	<b>17,5</b>	<b>7,5</b>
Cantidad de helióstatos	10.600	7.400
Superficie reflectante [m <sup>2</sup> ]	~ 1.484.000	~ 1.317.000
<b>Irradiancia Normal Directa (DNI) [kWh/(m<sup>2</sup> año)]</b>	<b>~ 3.700</b>	<b>~ 2.500</b>

Fuente: NREL, SENER Molten Salt Tower Technology (Ouarzazate NOOR III case) y elaboración propia.

- CSP es una tecnología "*speciality*", diseñada de acuerdo al perfil de carga requerido.
- CSP representa "varias tecnologías" con diferentes CAPEX y OPEX → **LCOE CSP = f (SM, TES)**.





## Comentarios Finales

---

- Para planificar la expansión del Sistema Eléctrico en el mediano y largo plazo, no es suficiente con pensar solamente en incorporar más MW de capacidad instalada.
- Es fundamental diferenciar los atributos de las tecnologías de generación, ya que cada tecnología posee diferentes cualidades para aportar al Sistema Eléctrico.
- Es esencial incorporar tecnologías de generación síncrona en la expansión del Sistema Eléctrico, con el fin de complementar la creciente implementación de ERV.
- Dada la crítica realidad ambiental que estamos viviendo, es imperativo utilizar fuentes de generación renovables → El principal potencial renovable en Chile es Solar.
- Las plantas CSP pueden proporcionar generación síncrona, flexible y renovable, con despacho económico y estabilidad de suministro, pudiendo adaptarse a cualquier perfil de demanda, sin aspectos exógenos que intervengan.
- La tecnología CSP posee todos los atributos para reemplazar a las centrales a carbón que serán progresivamente cerradas.



SOLAR AND ENERGY  
INNOVATION COMMITTEE

**Muchas Gracias**

Cristián González Veloso  
**Comité Solar e Innovación  
Energética**  
**CORFO**  
[cgonzalez.veloso@corfo.cl](mailto:cgonzalez.veloso@corfo.cl)