

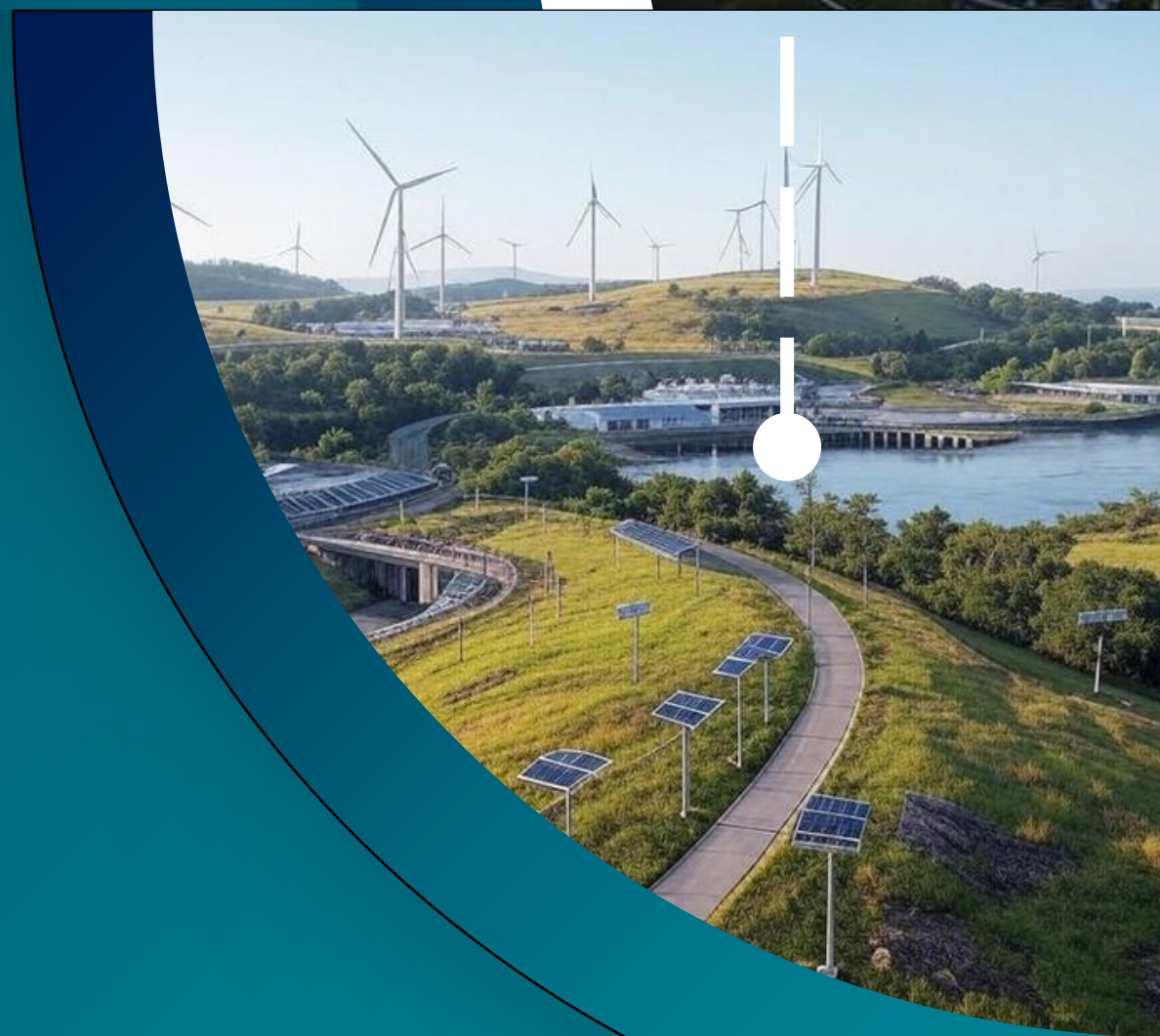
“Contexto actual y Perspectivas de desarrollo del Sistema Eléctrico de América Central, para el suministro confiable de energía y el crecimiento del MER”

René González Castellón
Director Ejecutivo

18 de febrero de 2025
Hotel Intercontinental, San Salvador



Enteoperador.org



Condiciones para el suministro confiable de energía eléctrica





ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

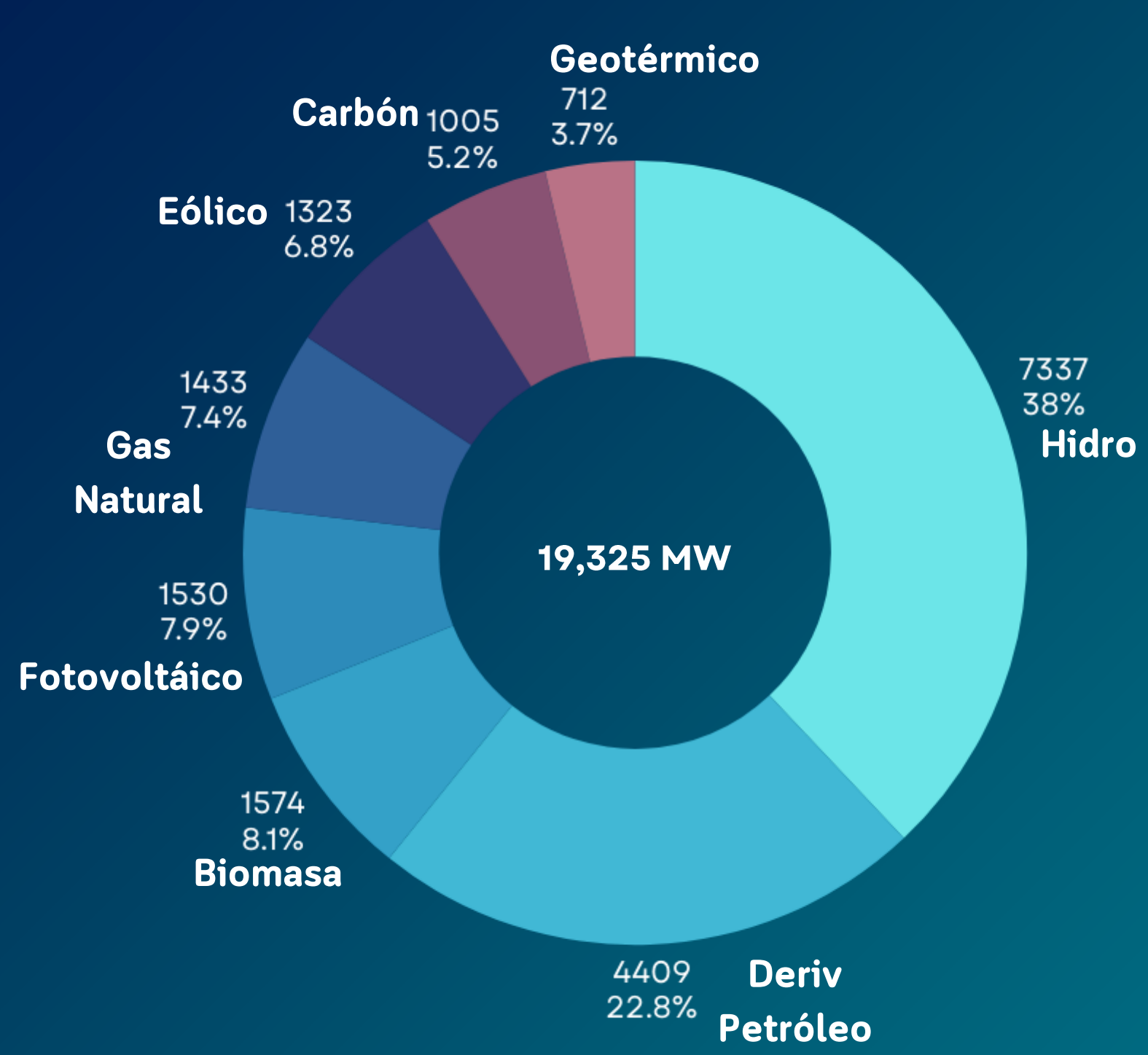
Situación actual

**Análisis de la demanda y el
sistema de generación eléctrica**



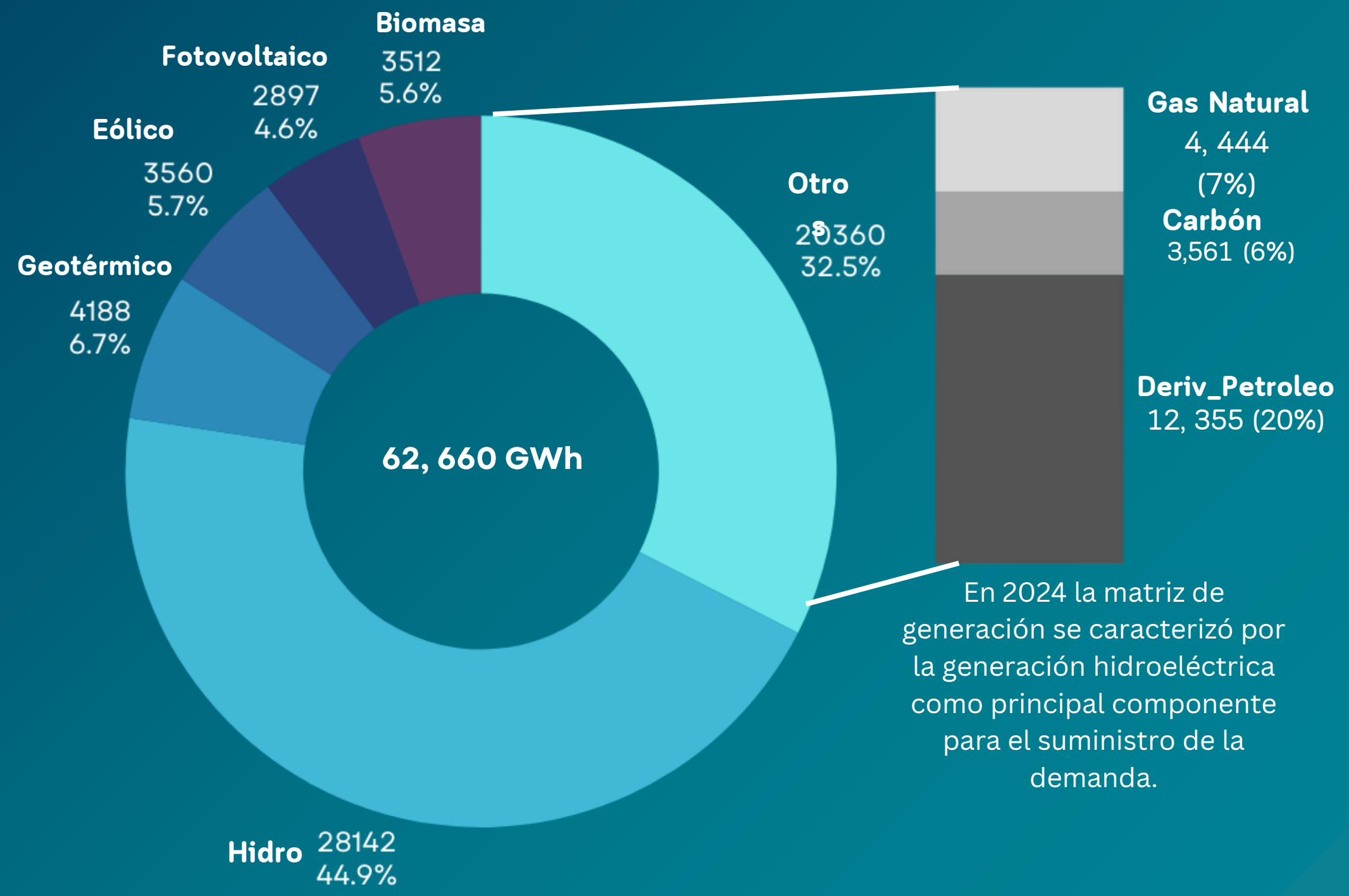
Capacidad instalada y Producción de energía - 2024

2024 - Capacidad instalada (MW)



Total (MW)		19,325
Renovable (MW)	12,476	64.6%
No Renovable (MW)	6,849	35.4%

2024 – Producción de energía (GWh y %)

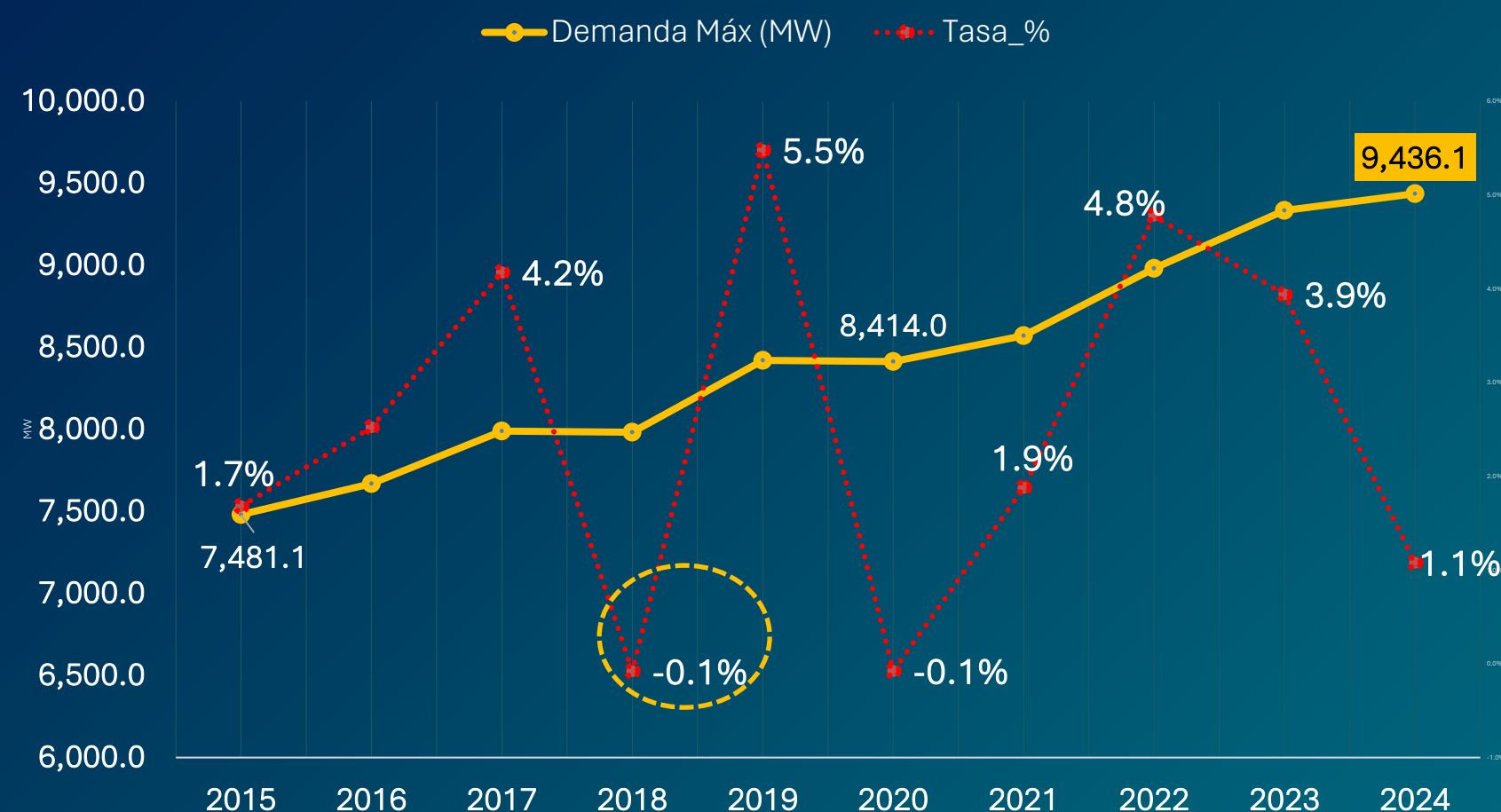


Total (GWh)		62,660
Renovable (GWh)	42,300	67.5%
No Renovable (GWh)	20,360	32.5%

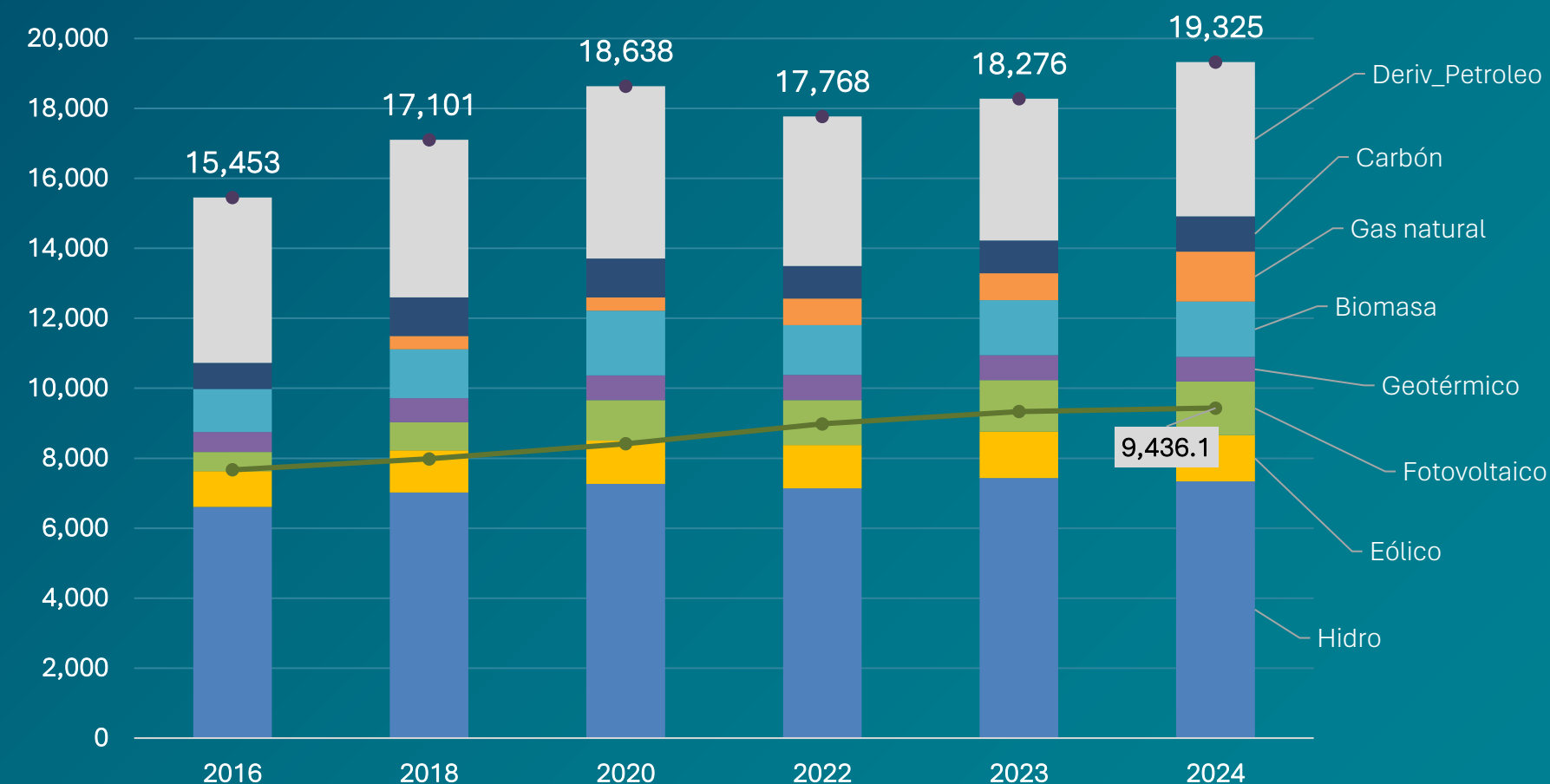
Evolución del Sistema Eléctrico Regional.

Demanda máxima de potencia y Capacidad instalada de generación

Demanda máxima de potencia [MW] - valores reales



Capacidad instalada y Demanda máxima de potencia (MW)



La demanda máxima de potencia tiene comportamiento variable.

Los repuntes de potencia han alcanzado un máximo de 450 MW.

Tiene una alta correlación con el clima (alta temperatura implica picos de demanda).

Los repuntes de la demanda ejercen presión sobre el despacho de generación y la red de transmisión.

Sobreequipamiento: La capacidad instalada de generación excede en 100% la demanda máxima de potencia.

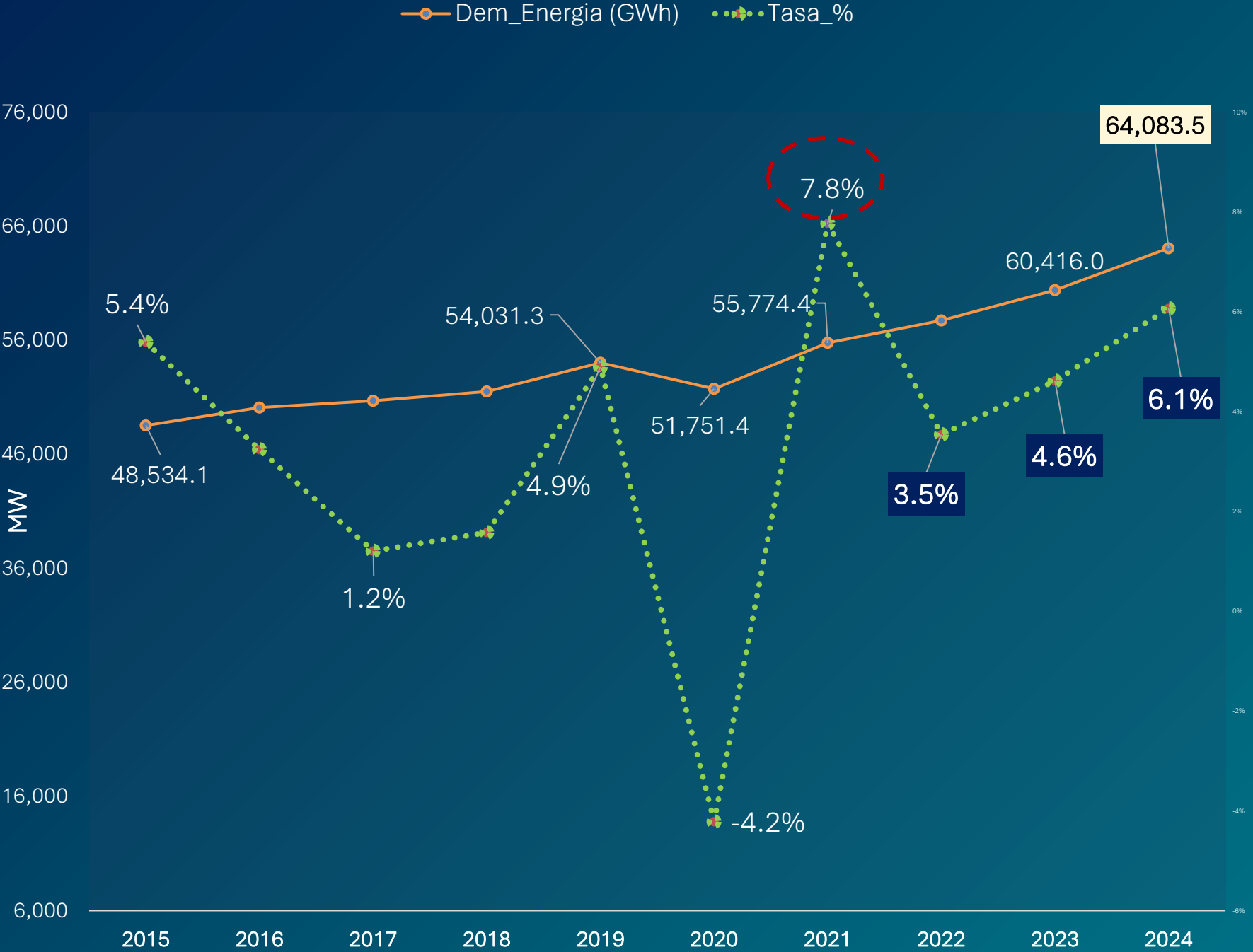
Hasta el segmento de generación fotovoltaica la capacidad instalada equivale a la demanda máxima de potencia.

67% de la capacidad instalada consiste en renovables cuyo aporte de energía tiene estacionalidad y variabilidad y que no garantiza energía firme y en condiciones de clima adverso pone en riesgo el suministro de energía.

Evolución del Sistema Eléctrico Regional.

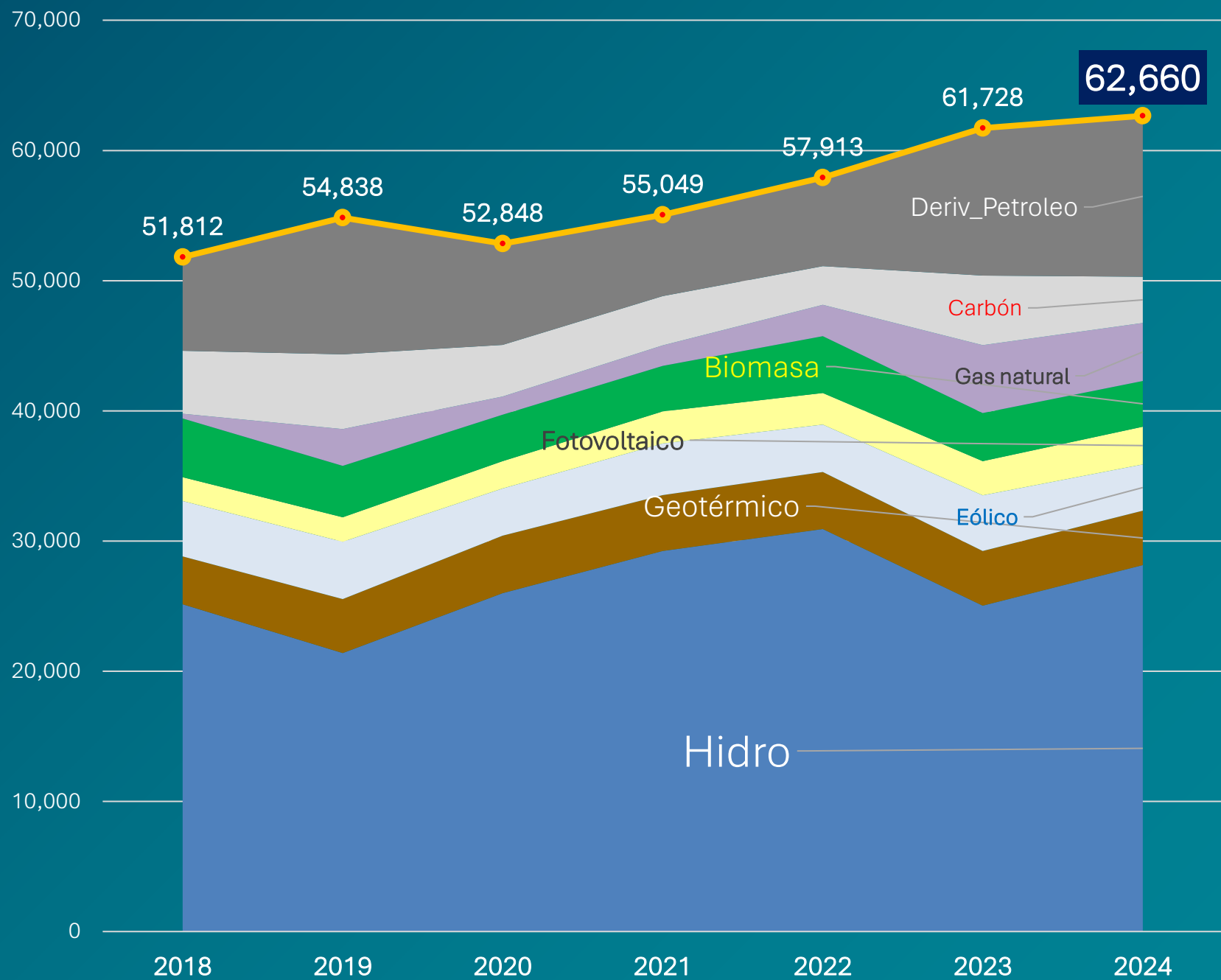
Demanda y Producción de energía

Energía demandada [GWh] - valores reales



La región ha tenido un repunte en el consumo de energía en los últimos 3 años con una tasa de incremento interanual del orden de 4.7% en promedio.

Producción de energía por tipo de recurso de generación (GWh)



El suministro de la demanda tiene alta dependencia de centrales hidroeléctricas con una participación típica del orden del 50% cada año.

La segunda participación importante en la producción de energía son las plantas térmicas que en años normales su aporte es del 21%.

Situaciones importantes para mejorar la confiabilidad y la operación Segura del Sistema Eléctrico Regional

Situaciones a atender

- Desconexión recurrente de plantas fotovoltaicas por huecos de tensión o bajo voltaje.
- Desconexión de grandes bloques de generación por fallas internas en las plantas.
- Aporte insuficiente de reserva de regulación primaria ante desvíos de la frecuencia.
- Variaciones significativas del flujo de potencia desde México luego de desbalances en el SER
- Desconexión de la interconexión con México por activación del EDALTIBV que opera ante bajo voltaje.
- Cumplimiento de los planes de expansión de transmisión

Soluciones identificadas

- Respuesta de la reserva primaria requiere ser más rápida y suficiente.
- Considerar en las normativas incorporar un servicio complementario de regulación de frecuencia de respuesta rápida.
- Evaluar la incorporación de sistemas de almacenamiento con baterías (SAEB) para evitar la desconexión de carga por baja frecuencia.
- Considerar instalación de convertidora AC/DC/AC (Back-to-back) en subestación de interconexión con México
- Implementar desconexión automática de reactores o instalación de un sistema de compensación reactiva para evitar operación del esquema EDALTIBV.
- Ejecutar los planes de transmisión nacionales y regionales

Consultorías en desarrollo

- *"Diagnóstico de las causas estructurales, fortalezas y debilidades del SER y del MER, asociados al origen de los eventos o contingencias en cascada en el SER, y propuestas de soluciones"*
- *"Diagnóstico de Regulación Primaria de Frecuencia (RPF) y nivel de respuesta inercial en el SER"*



ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

Efectos climáticos

Influencia del fenómeno del Niño en la generación eléctrica

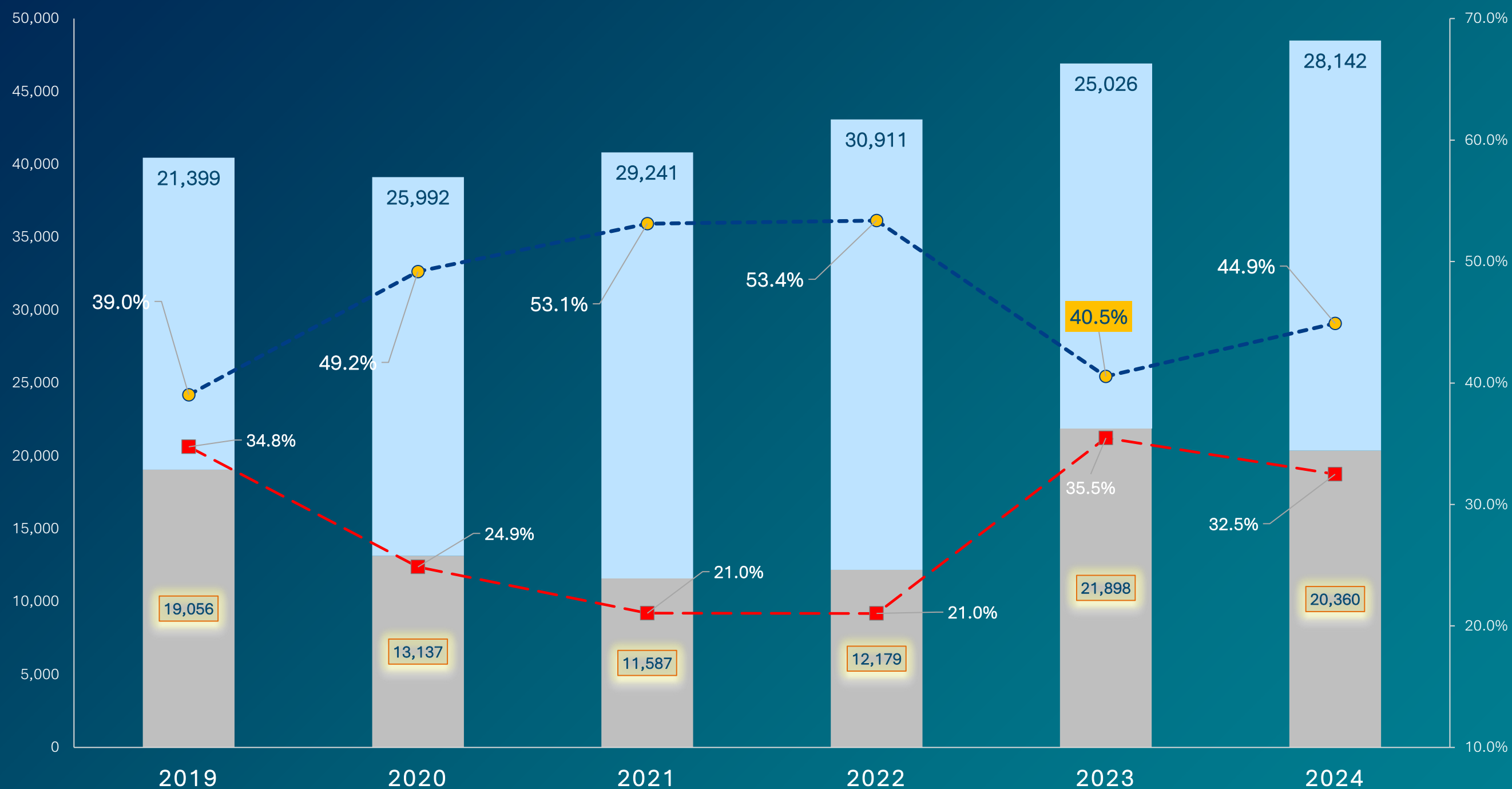


Efectos de fenómenos climáticos

Influencia fenómeno del niño - Efectos en el despacho de generación

Cambio en la participación hidro y térmica (GWh) y (%)

Termico (GWh) Hidro (GWh) Participación-Hidro Participación-Termico

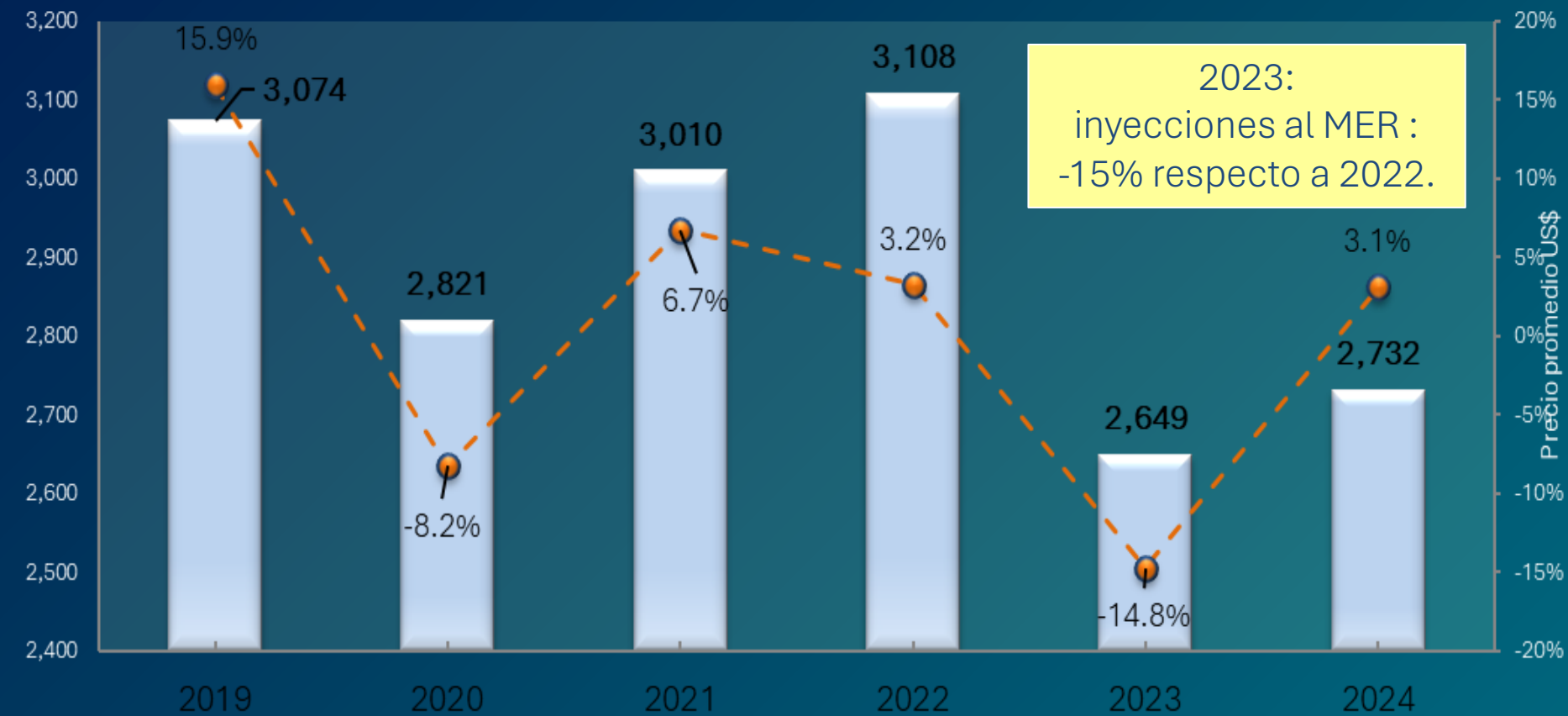


- La participación hidroeléctrica en el suministro de la demanda es típicamente del orden del 50% cada año.
- En años de sequías (2023 – 2024) la participación de la generación hidroeléctrica ha pasado a ser del 40%, y la generación térmica ha llegado a ser del 35%.
- En el 2024 el aporte de energía de las hidroeléctricas no logró recuperarse a su nivel de participación típica de 50%.

Efectos de fenómenos climáticos

Desde la perspectiva del Mercado Eléctrico Regional

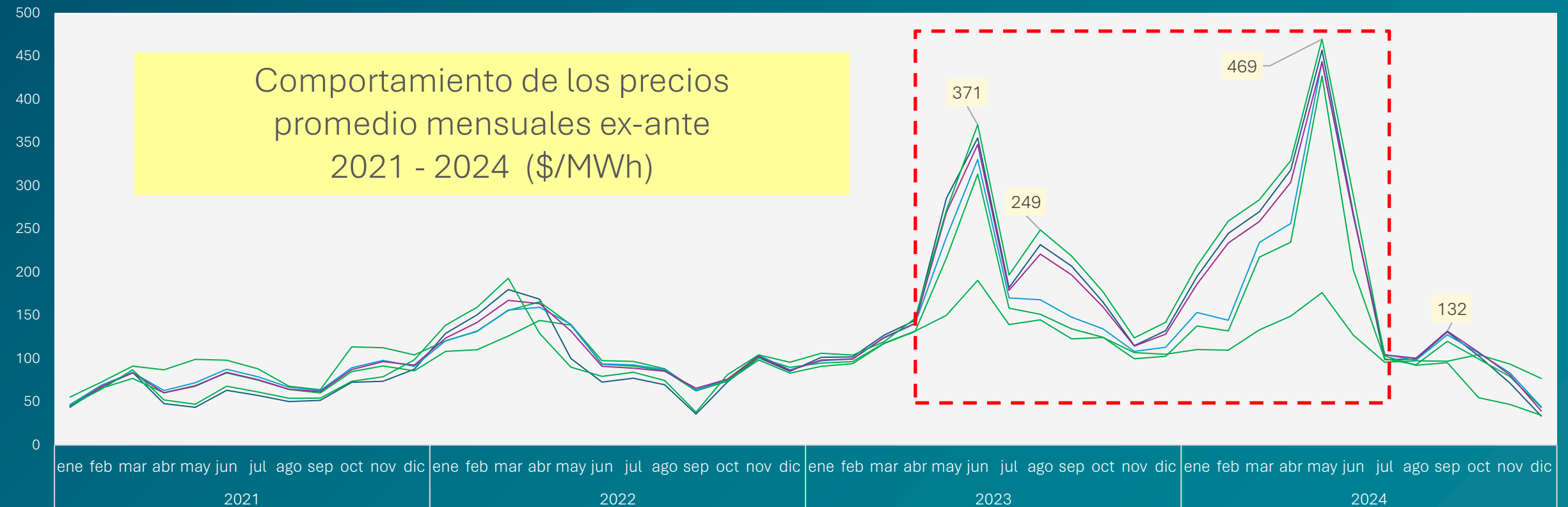
Inyecciones de energía en el MER (GWh) y variación interanual (%)



En 2023 y 2024 la sequía por efecto del fenómeno del niño redujo la oferta de energía al MER y elevó los precios de ofertas de inyección.

- Se registraron los precios más altos en el MER debido a una escasa oferta de inyección y una alta demanda. Estas condicionadas propiciadas por el efecto climático

Comportamiento de los precios promedio mensuales ex-ante 2021 - 2024 (\$/MWh)





ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

Importancia del MER en la confiabilidad del suministro de energía

Las importaciones a través del MER constituye un soporte importante para algunos países para lograr el suministro económico de su demanda, evitando llegar a racionamientos.



Importancia de la Operación interconectada

Ventajas Técnicas



ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

1. Mayor soporte ante desvíos de la frecuencia (Bias del sistema)

- Bajo operación aislada de los países bastaría menos de 20 MW de desbalance carga-generación para que la frecuencia se desvíe 0.1 Hz.
- Con el SER interconectado la desviación de frecuencia de 0.1 Hz requiere un desbalance de 101 MW (Bias del SER = 101 MW/dHz).

2. Mayor inercia y respuesta conjunta de la regulación primaria - El SER interconectado favorece la operación confiable y segura.

2020-2025: 464 fallas con pérdida de generación mayores a 100 MW.

- Con la operación interconectada 342 (74%) no provocaron afectación.
- Bajo operación aislada de los países los 464 eventos muy probablemente hubiesen provocado desconexión de carga por baja frecuencia y pérdida de estabilidad en los sistemas donde ocurrieron los eventos.

3. El SER interconectado provee mayor control de frecuencia que en operación aislada de los sistemas.

- En condición de operación aislada la frecuencia tendría un comportamiento con amplias variaciones afectado por los cambios menores en el balance carga-generación, en detrimento de la calidad del suministro de energía eléctrica.
- El aporte conjunto de la reserva de regulación primaria permite que 99.7% de las horas del año la frecuencia se mantenga estable en torno a 60 Hz.



Oscilaciones electromecánicas SUPERADAS en la operación interconectada



ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

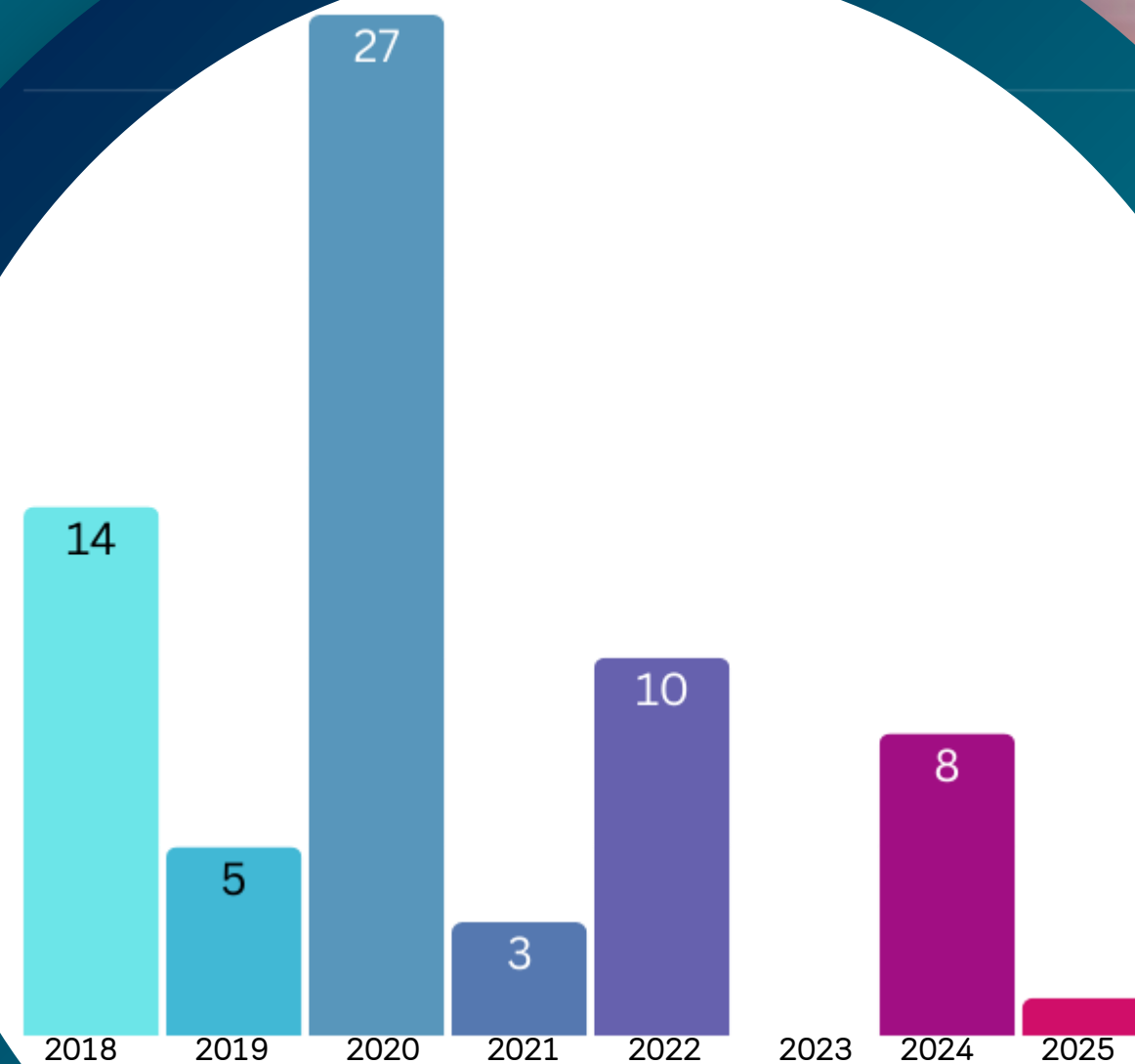
Se logró eliminar las afectaciones por oscilaciones no amortiguadas inter-área.



Entre 2018 – 2022 ocurrieron **59 eventos** de oscilaciones no amortiguadas que produjeron inestabilidad al SER y desconexión de carga.

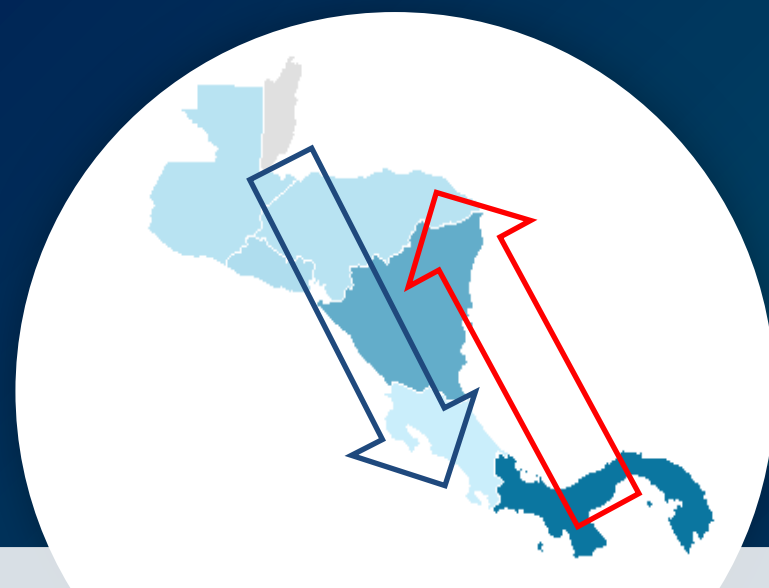


- A partir de 2023, se logró mejorar el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones electromecánicas que incidían en el SER, evitando la desconexión de demanda.



Eventos Oscilatorios No Amortiguados en el SER

Sumario del Comercio de Energía en A.C (2013-2024)



Energía transada en
el MER

27,730 GWh



Transacciones en el
Mercado de Contratos

**2,062
Millones US\$***



Transacciones en el
Mercado de Oportunidad

**538
Millones US\$**



Ventas de Derechos de
Transmisión

**52.5 Millones
US\$.**



- Suministrar la demanda en condiciones de déficit de generación.
- Minimizar el riesgo del racionamiento por fallas o retrasos en la expansión del sistema de generación.



- Aprovechamiento eficiente del parque de generación.
- Reducir el costo de Operación.
- Apalanca la competitividad en el sector eléctrico.

El MER en el suministro de la demanda de los países

El MER ha jugado un papel de primera importancia en la estrategia de suministro de sus demandas y en el aprovechamiento de su parque de generación.



Países importadores

Por medio de importaciones algunos países han llegado a suministrar **hasta el 25%** de su demanda anual y hasta el **35%** de la demanda mensual.



Países exportadores

Las exportaciones al MER han representado hasta el **16%** de la producción de energía lo que ha permitido una explotación más óptima de su parque de generación.



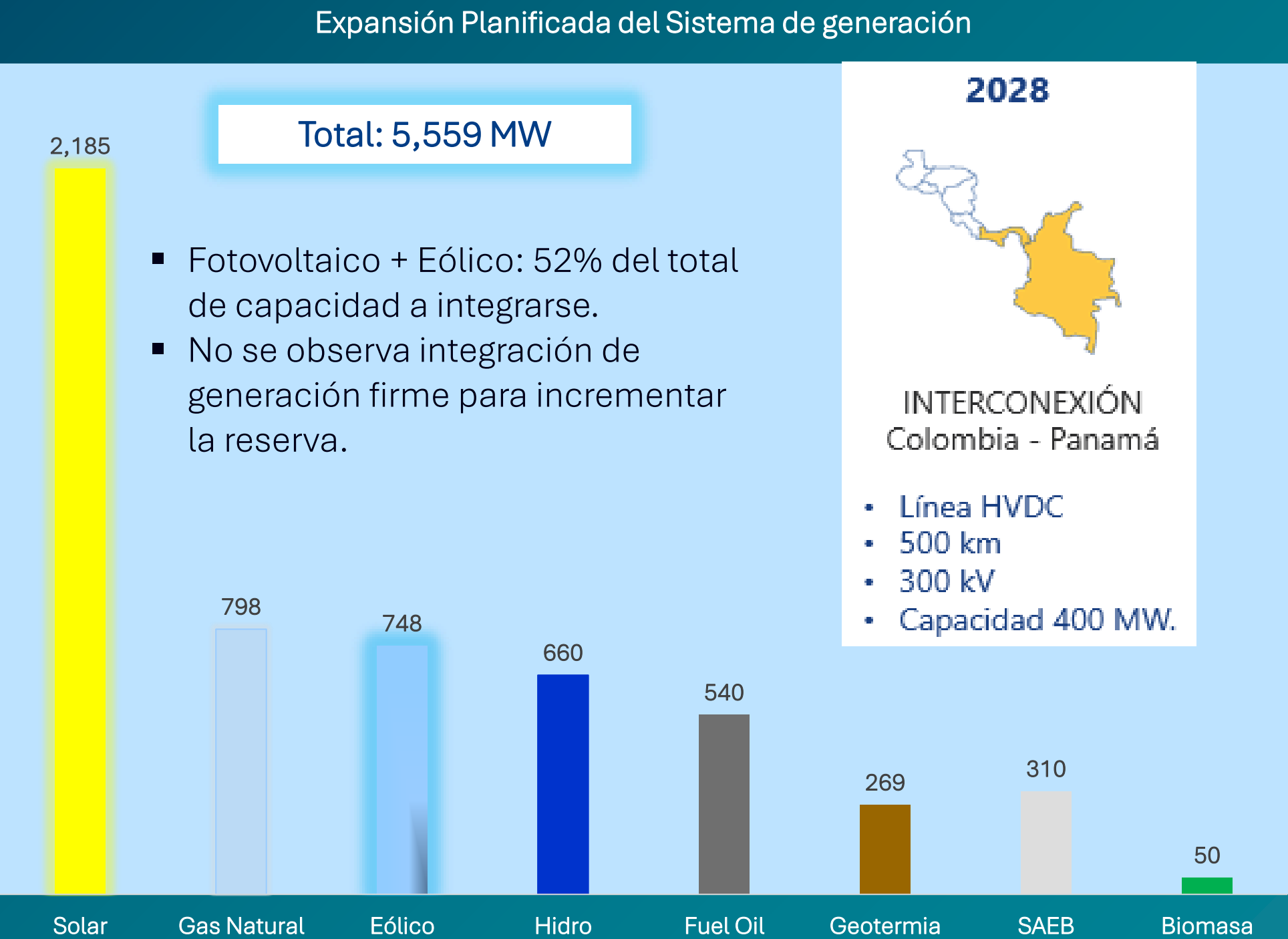
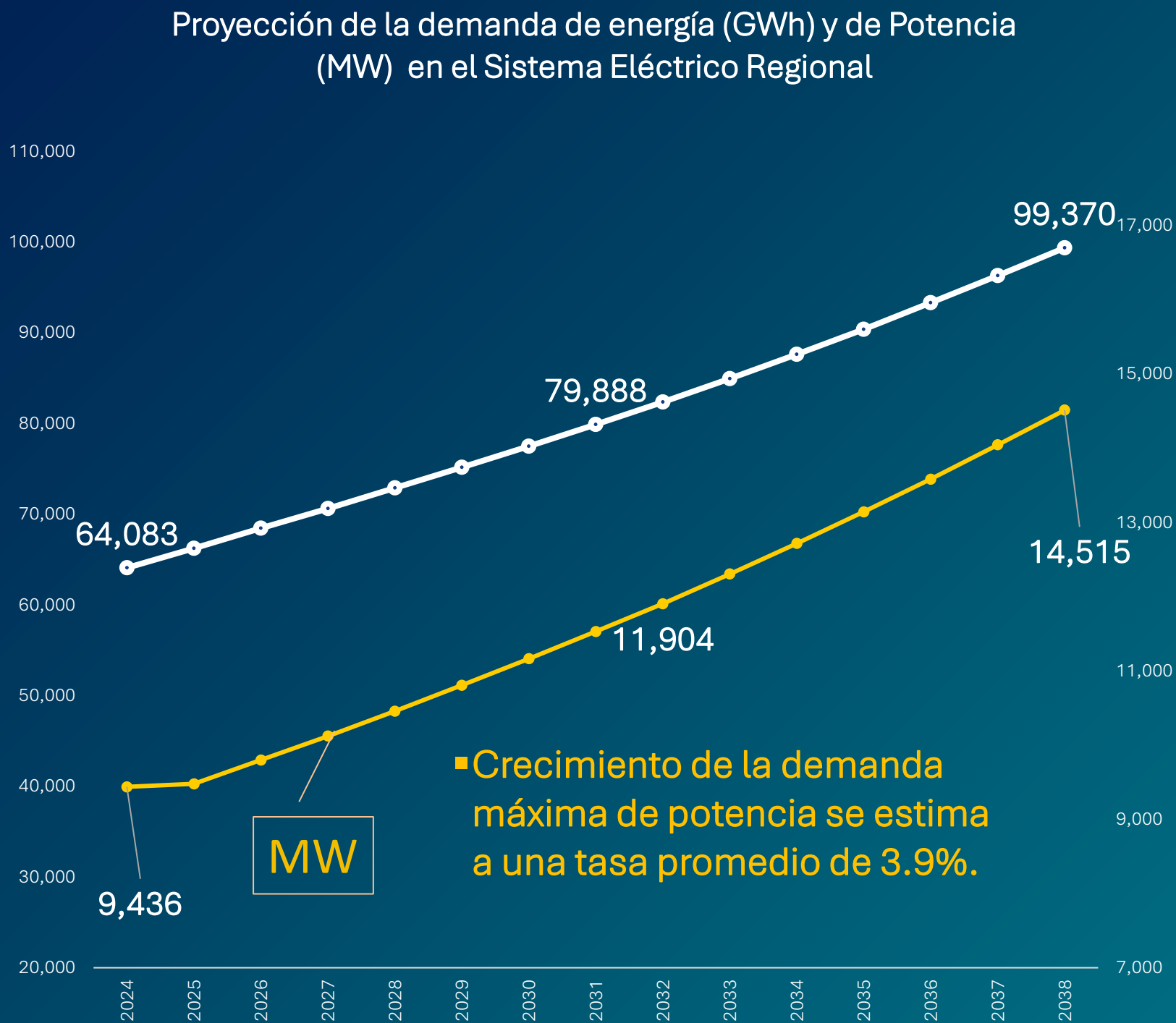


ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

Perspectiva futura: Demanda, expansión de la generación y desarrollo de la transmisión regional.



Proyección de la demanda y expansión planificada del sistema de generación



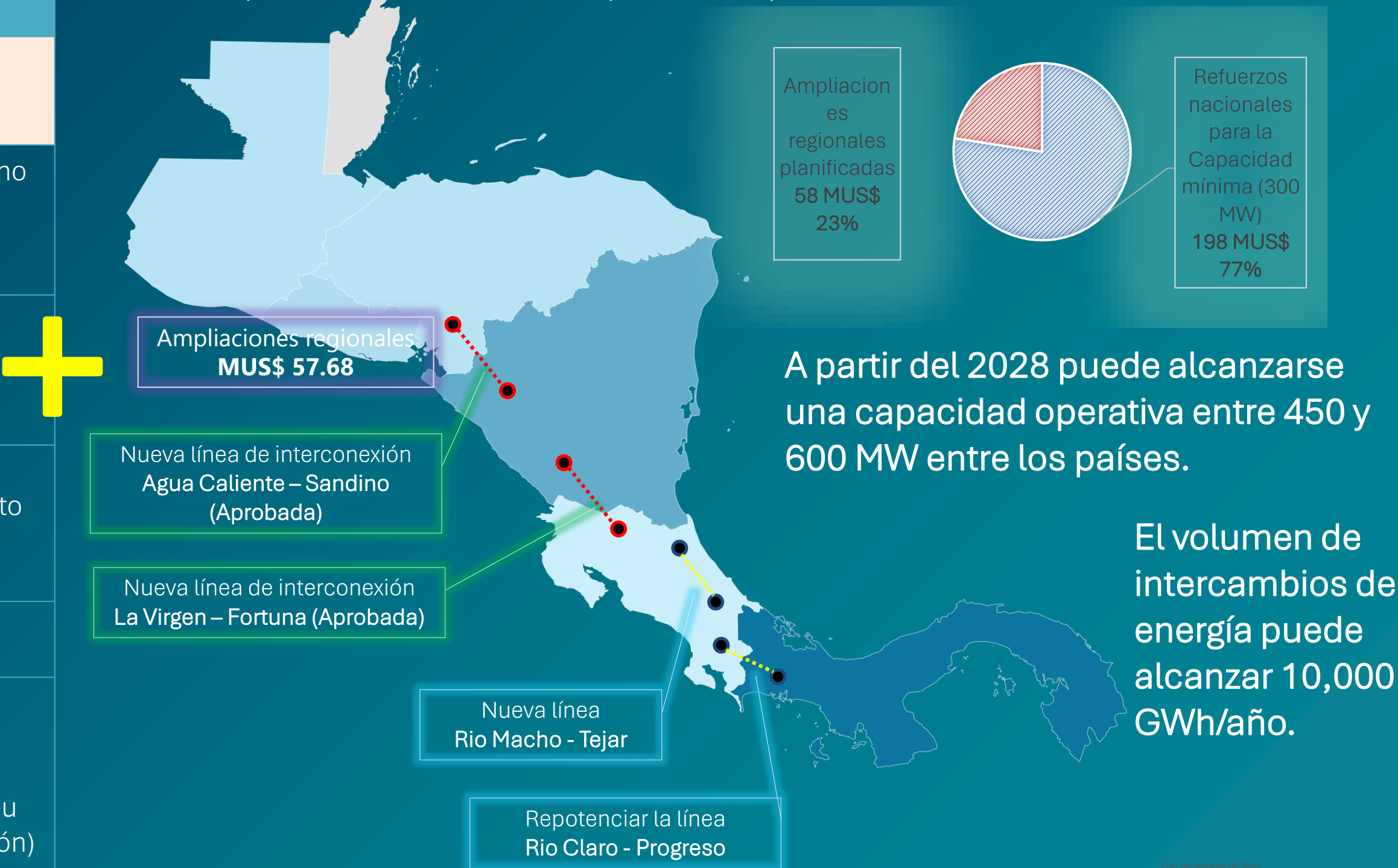
Ampliaciones de transmisión para incrementar la Capacidad de Transmisión de la RTR

Objetivo: Incrementar la capacidad operativa a 450 MW - 600 MW

Refuerzos nacionales para mantener la Capacidad mínima (300 MW)			
País	Inversión estimada	Cantidad Ampliaciones	Estatus en plan de expansión
Guatemala	16.9 MUS\$	2	Planificadas (Aun no aprobadas por regulador)
El Salvador	25.9 MUS\$	4 + Compensación reactiva	Candidatas
Honduras	82.2 MUS\$	6 + Compensación reactiva	Planificadas y Aprobadas (Excepto la compensación reactiva)
Nicaragua	0.8 MUS\$	1	Planificada
Costa Rica	72.3 MUS\$	5	Planificada y aprobada (El EOR recomendó adelantar 3 años su puesta en operación)

Refuerzos nacionales
MUS\$ 198

Ampliaciones de transmisión regional para incrementar la capacidad operativa 450 MW – 600 MW



Conclusiones

1) El sistema de generación de América central:

- altamente dependiente de la hidrología
- sobre equipado.
- baja resiliencia en condiciones de sequías.

El sistema de generación tiene baja resiliencia ante condiciones climáticas adversas, pudiendo la región afrontar déficit bajo en estaciones de sequía severas.

Hay oportunidad de optimizar la expansión de la generación considerando:

- una mayor integración eléctrica,
- Integración de generación de gran escala con energía firme
- accediendo a mercados extra-regionales
- Incremento de las reservas operativas.

2) El MER juega un rol fundamental en el aseguramiento del suministro de energía en los países miembros.

El desarrollo de la capacidad de transmisión regional y la operación del MER son fundamentales en la estrategia de reducción de riesgos y aumento de la resiliencia del suministro de energía eléctrica en América Central.

3) La generación renovable variable figura como principal componente de la expansión y no se consideran estrategias para incrementar las reservas operativas y energía firme.

La disponibilidad de reservas operativas suficientes que puedan brindarse con parque de generación convencional o la consideración de sistemas de almacenamiento de energía, es una condición necesaria para hacer viable una alta integración de generación solar y eólica en la región, así como la integración de unidades generadoras convencionales de gran capacidad.

4) Oportunidad de incrementa de la capacidad de transmisión Regional hasta 600 MW y los intercambios de energía hasta 10,000 GWh/año a partir de 2028.

La región ha dado un paso importante en la aprobación de dos nuevas interconexiones, sin embargo, se requiere que cada país ejecute sus planes de expansión tanto de generación como de transmisión, y se construyan las ampliaciones nacionales recomendadas en la planificación regional.

Gracias



Enteoperador.org

