

Visión del operador

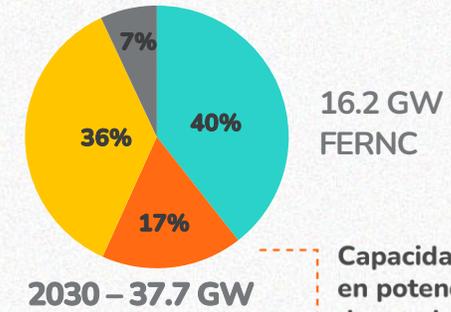
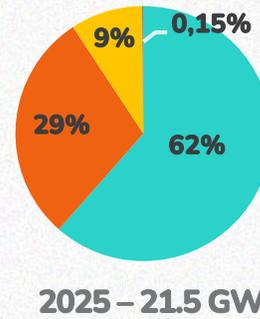
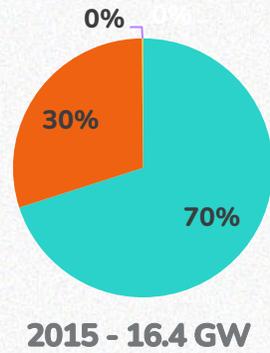
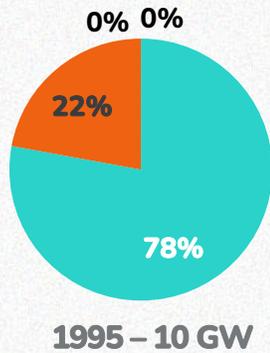
Mapa de ruta para la **transición energética**



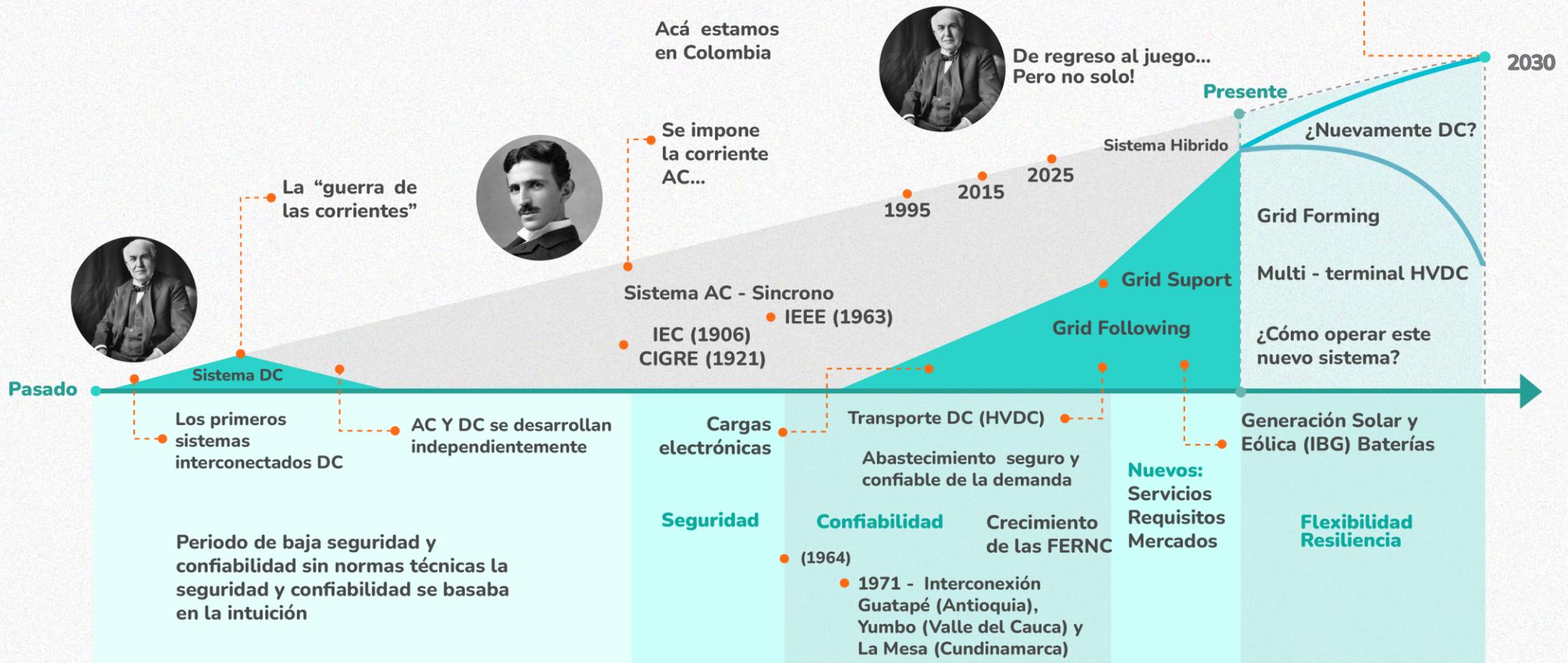
Juan Carlos Morales
Gerente Centro Nacional de Despacho

Un sistema en **continua transformación**

- Hidráulico
- Térmico
- Solar
- Eólico



Capacidad para abastecer en potencia el 100% de la demanda con IBR's



¿Qué se requiere para operar un Sistema con alta integración de generación solar y eólica?

Adaptada de: <https://www.youtube.com/@PowerSystemsOperation/videos>



Establecer requisitos y servicios complementarios para ser estable, seguro y confiable (i.e. regulación, inercia y fortaleza de red)

(flexible) \leftrightarrow (resiliente)

Respuesta primaria
Regulación de frecuencia y voltaje
Inercia y costo circuito emulada
Control Dinámico de Voltaje

Basados en acciones de control

Electrónica de potencia

HVDC, SVC, STATCOM
IBG (Solar y Eólica)
Baterías GridForming

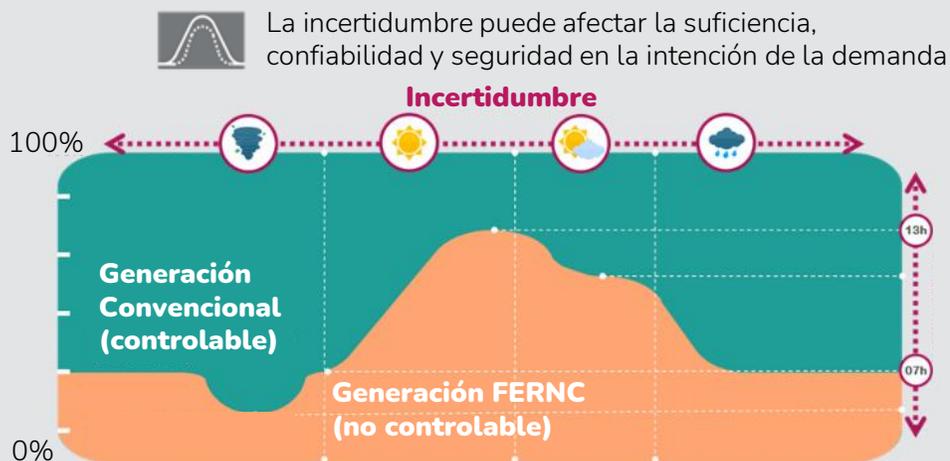
Torque sincronizante
Inercia síncrona real
Corrientes de cortocircuito real

Basados en respuestas naturales

Síncronos

Generadores Síncronos
Condensadores Síncronos

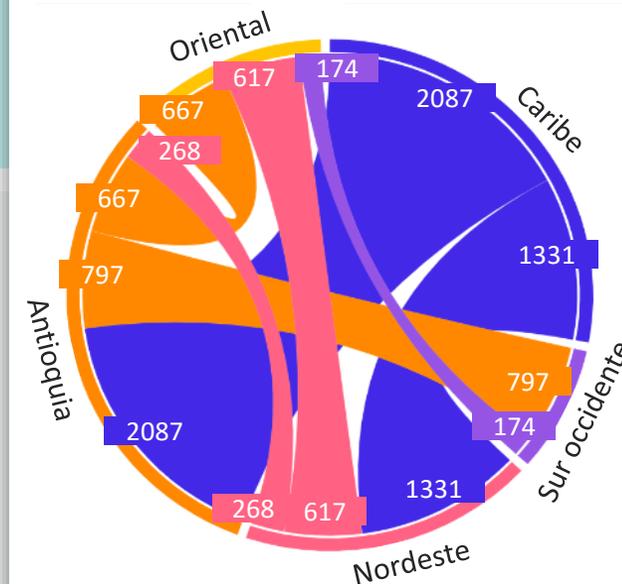
Balance generación eléctrica



El sistema deberá estar en capacidad de cambiar rápidamente su producción

- **Flexibilidad** en el parque de generación para adaptarse a la incertidumbre y variabilidad de las nuevas fuentes de producción.

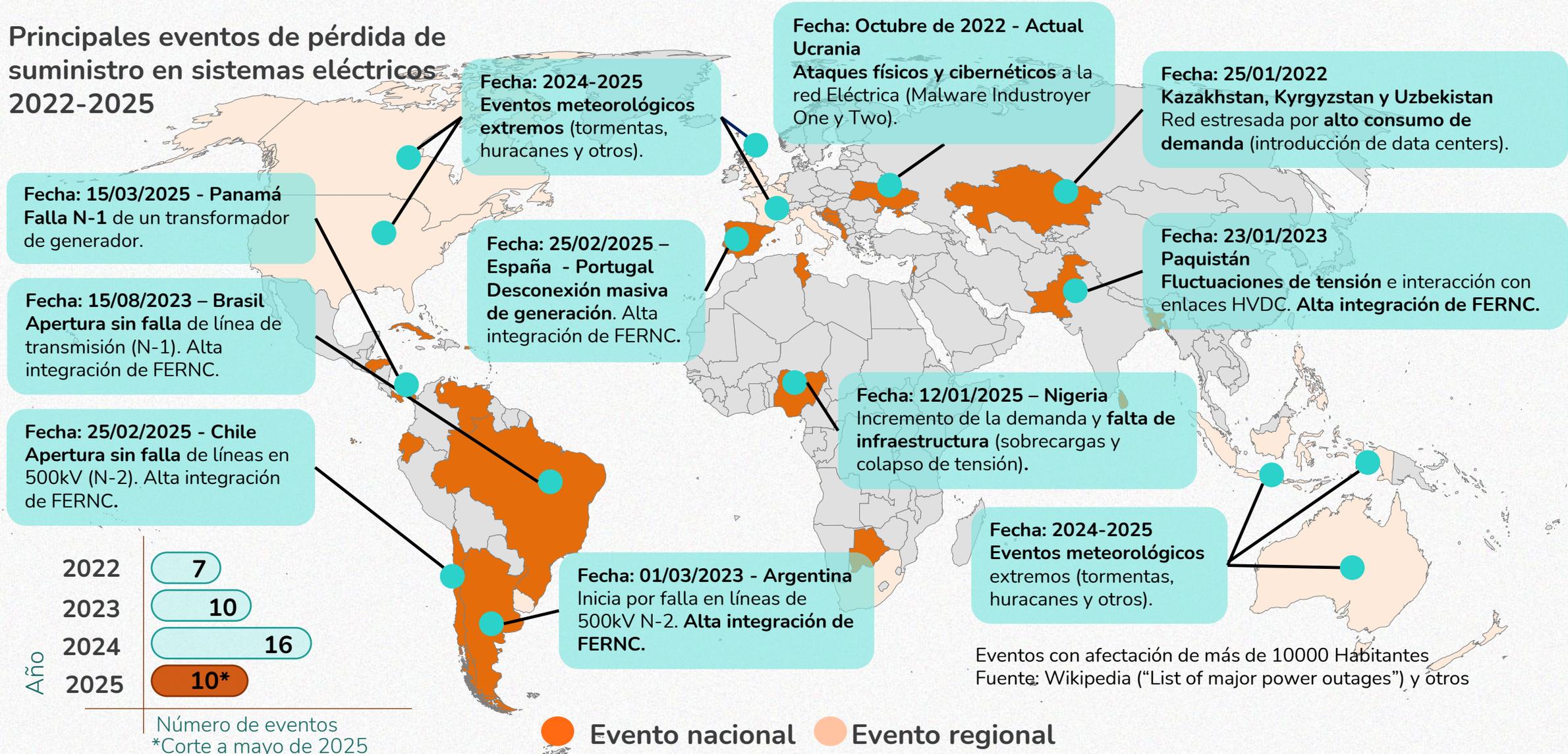
Una **red de transmisión robusta**, que permita movilizar grandes bloques de potencia a lo largo de todo el sistema, y aprovechar la complementariedad de los recursos disponibles en todo el país.



Distribución de los intercambios [MW] por los cortes entre áreas [2030-02-16 HB] 6.8 GW de generación en caribe

La transición energética debe ir acompañada de un **diseño resiliente y flexible del sistema eléctrico y del mercado**

Principales eventos de pérdida de suministro en sistemas eléctricos 2022-2025



Frente a los desafíos que plantea una **nueva realidad de producción y consumo de la energía**, los sistemas se adaptan al cambio:

Canadá y USA

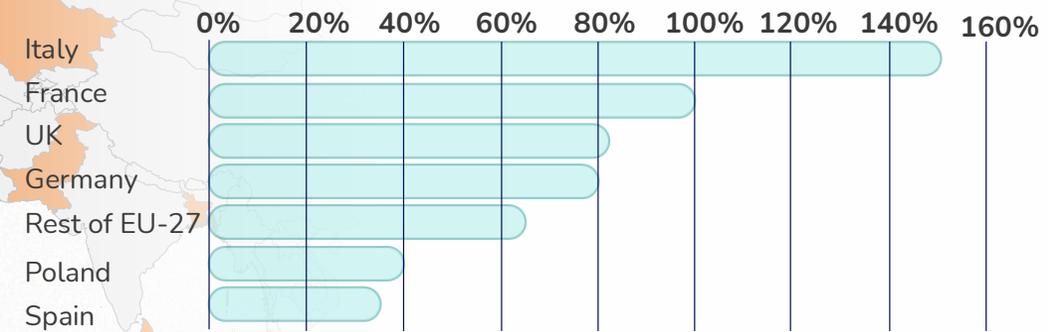
- Mercado de tiempo real (5 minutos)
- Modelos EMT y RMS desde estudios de conexión
- Despliegue de condensadores síncronos
- Despliegue de nuevos servicios e incentivos a las baterías
- Actualización de requisitos IBR's

GB

- Servicios de respuesta rápida y continua en frecuencia
- Servicios de desconexión rápida de carga
- Servicios de estabilización (fases 1, 2 y 3 condensadores síncronos y baterías GridForming)
- Actualización de requisitos IBR's

No son solo las renovables, la red eléctrica como un todo se **debe adaptar y prepararse** para **un nuevo paradigma de producción y consumo**

Ratio of grid to renewable energy investments, 2020-24



Source: Bank of America

Australia

- Modelos EMT y RMS desde estudios de conexión.
- Despliegue de condensadores síncronos.
- Plantas solares y eólicas con baterías y condensadores síncronos.
- Observabilidad y controlabilidad de DER
- Actualización de requisitos IBR's

Chile *

- Mercado de 5m y control automático - **En marcha blanca**
- Despliegue de condensadores síncronos - **Planeados**
- Desarrollo ecosistema de simulación EMT - **En Desarrollo.**
- Observabilidad y controlabilidad DER - **Solicitado**
- Baterías (GridForming) - **En Desarrollo**

● Evento nacional ● Evento regional

Eventos con afectación de más de 10000 Habitantes

Fuente: Wikipedia ("List of major power outages") y otros



Falta de materialización de la expansión



Redes congestionadas



Deficiencias en la complementariedad de la matriz energética



Desempeño de IBR's



Servicios complementarios y desempeño dinámico del sistema



Confiabilidad y resiliencia de la infraestructura



Fallas en los sistemas de protección o redundancia



Generación distribuida, observabilidad y requisitos técnicos



Crecimiento no esperado de la demanda



Cambio climático (Climas extremos)



Falta de automatismos en la operación



Ciber-resiliencia

Los eventos ocurridos en el mundo nos permiten identificar factores comunes que pueden afectar la continuidad del servicio en un **escenario de cambio en la matriz eléctrica.**

Diagnóstico de la situación actual y esperada del SIN



20 años
Hechos por Colombia



Retrasos en la entrada de **nuevas plantas de generación**

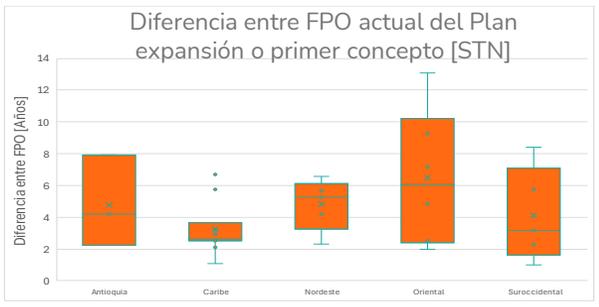
Capacidad Esperada Vs. Capacidad Ingresada



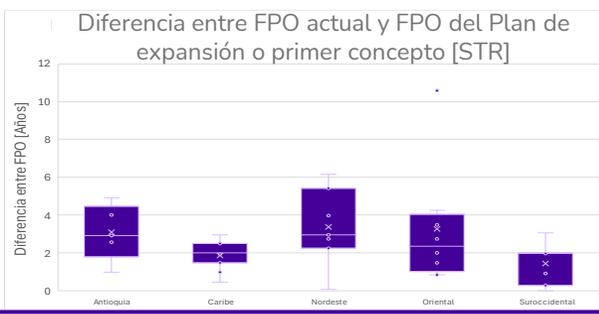
La incorporación de nuevos proyectos no ha superado el 28% en los últimos 5 años

Retrasos en la entrada **de proyectos del STN y STR**

El 55% de los proyectos de estos proyectos presentan retrasos respecto a su FPO original.



Hasta **13 años** de retrasos en el desarrollo de infraestructura del STN



Hasta **11 años** de retrasos en el desarrollo de infraestructura del STR

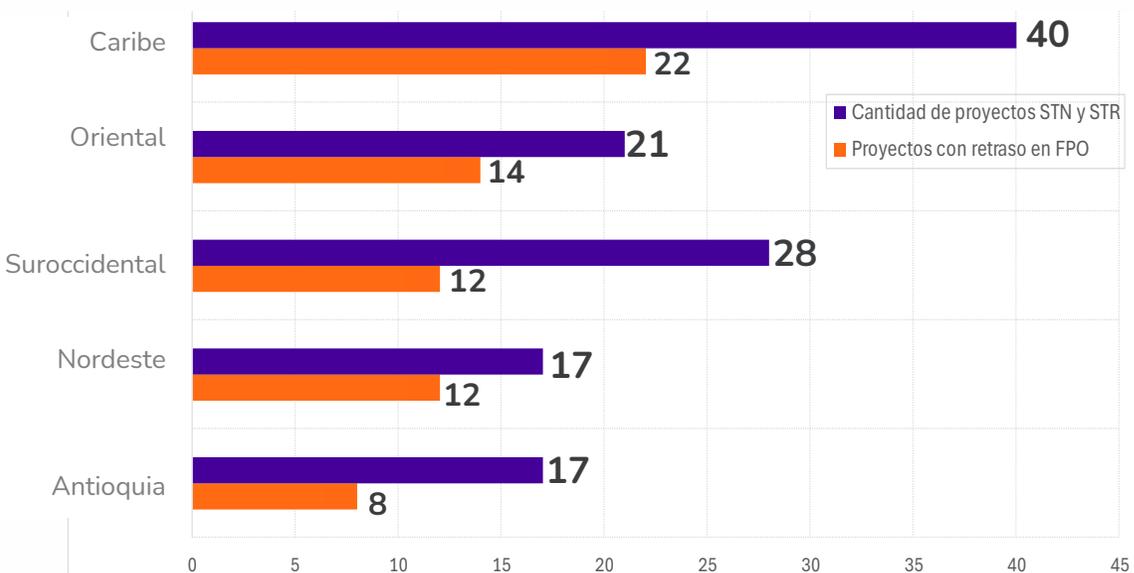


Los **proyectos de generación no se materializan al ritmo planeado**, así mismo, los proyectos de expansión de la transmisión a nivel de STN y del STR, habilitadores de la **atención segura y confiable de la demanda y de la incorporación de nueva generación**, presentan retrasos importantes en su ejecución.



Efecto de retrasos en el **desarrollo de la infraestructura de transmisión**

Proyectos del STN y STR con diferencias entre FPO inicial y FPO actual



De los **123 proyectos del STN y STR** registrados en las bases de datos del CND, **68 (55%) tienen retrasos** respecto a su FPO original.



Impacto en la **suficiencia del sistema**

- » **143 proyectos** están supeditados a obras de expansión de transmisión (**10.2 GW**).
- » **16 proyectos** con obligaciones que aportan al sistema **2,5 GW** dependen de proyectos de transmisión que han retrasado sus FPO.
- » **15 proyectos** sin obligaciones que aportan al sistema **1,8 GW** dependen del proyecto UPME 06 - 2017 S/E Colectora 1 500 kV.

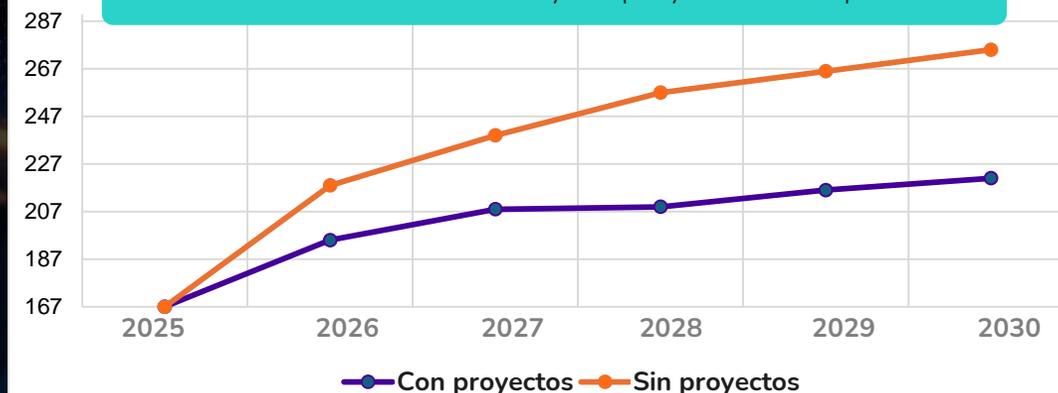


Redes Congestionadas

Impacto en las **congestiones de la red**

- » De no materializarse la expansión, las restricciones del sistema se incrementarían a **275 (+54) a 2030**, generando un mayor agotamiento para la red de transmisión.

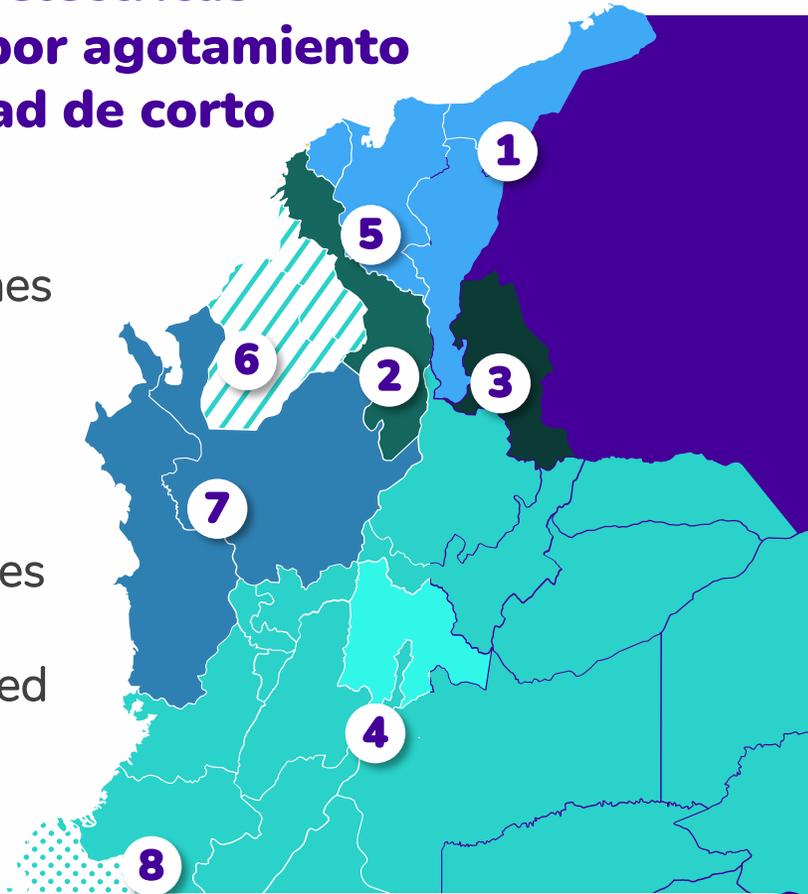
Evolución de restricciones con y sin proyectos de expansión.



Restricciones eléctricas operativas y por agotamiento de la capacidad de corto

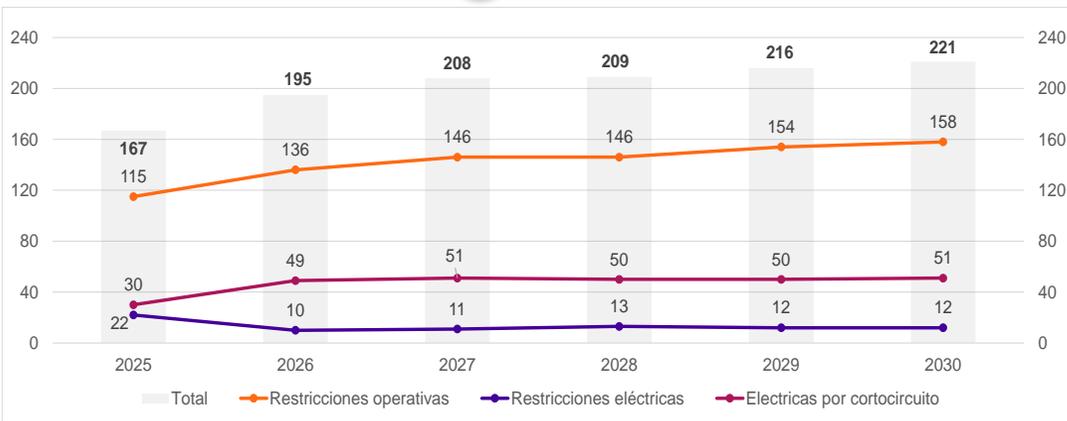
51 subestaciones que superan el nivel de cortocircuito

170 restricciones eléctricas y operativas en red completa

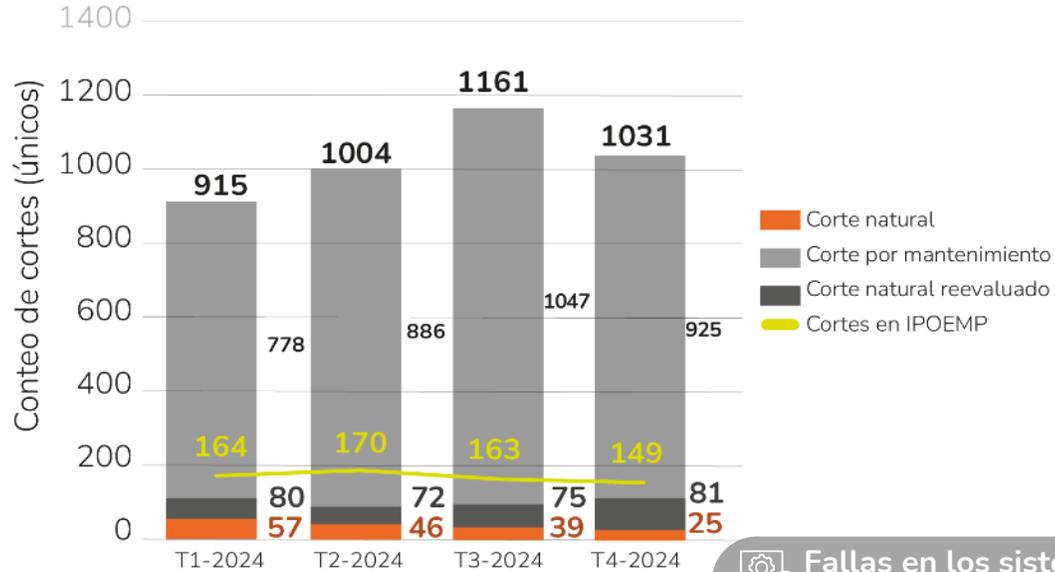


Congestionaciones en la red de transmisión

- 1 GCM – (Guajira-Cesar-Magdalena)**
 Riesgo de demanda no atendida en estado estacionario y ante contingencia. Dependencia de generación térmica.
- 2 Bolívar**
 Falta definición de proyectos estructurales de expansión. Riesgo de demanda no atendida en estado estacionario y ante contingencia. Dependencia de generación térmica
- 3 Norte de Santander**
 Falta definición de proyectos estructurales de expansión. Dependencia de generación térmica.
- 4 Bogotá**
 Riesgo de demanda no atendida en la Sabana Norte de Bogotá. Dependencia de la generación de Termozipa.
- 5 Atlántico**
 Agotamiento capacidad de transformación 220/115 kV. Riesgo de demanda no atendida en estado estacionario y ante contingencia. Dependencia de generación térmica.
- 6 Córdoba - Sucre**
 Riesgo de demanda no atendida en estado estacionario y ante contingencia.
- 7 Red DISPAC – Chocó**
 Bajas tensiones ante contingencias sencillas. Riesgo de demanda no atendida en condición de red degradada. Definición de obras sin selección de inversionistas.
- 8 Cauca - Nariño**
 Bajas tensiones ante contingencias sencillas. Riesgo de demanda no atendida en condición de red degradada. Limita la capacidad de exportación a Ecuador.



Mantenimientos de la infraestructura

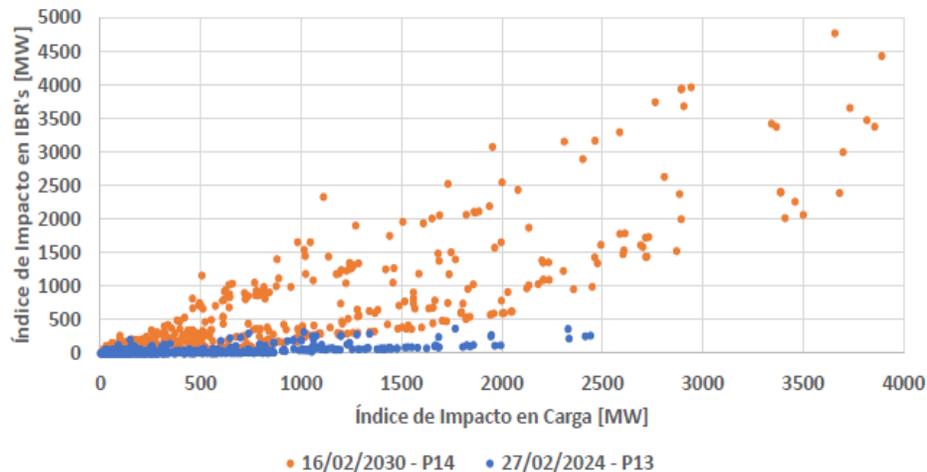


El número de restricciones eléctricas y operativas durante mantenimientos refleja una condición de estrés significativa en la operación.

Fallas con impacto en la resiliencia de la infraestructura

Fallas en los sistemas de protección o redundancia

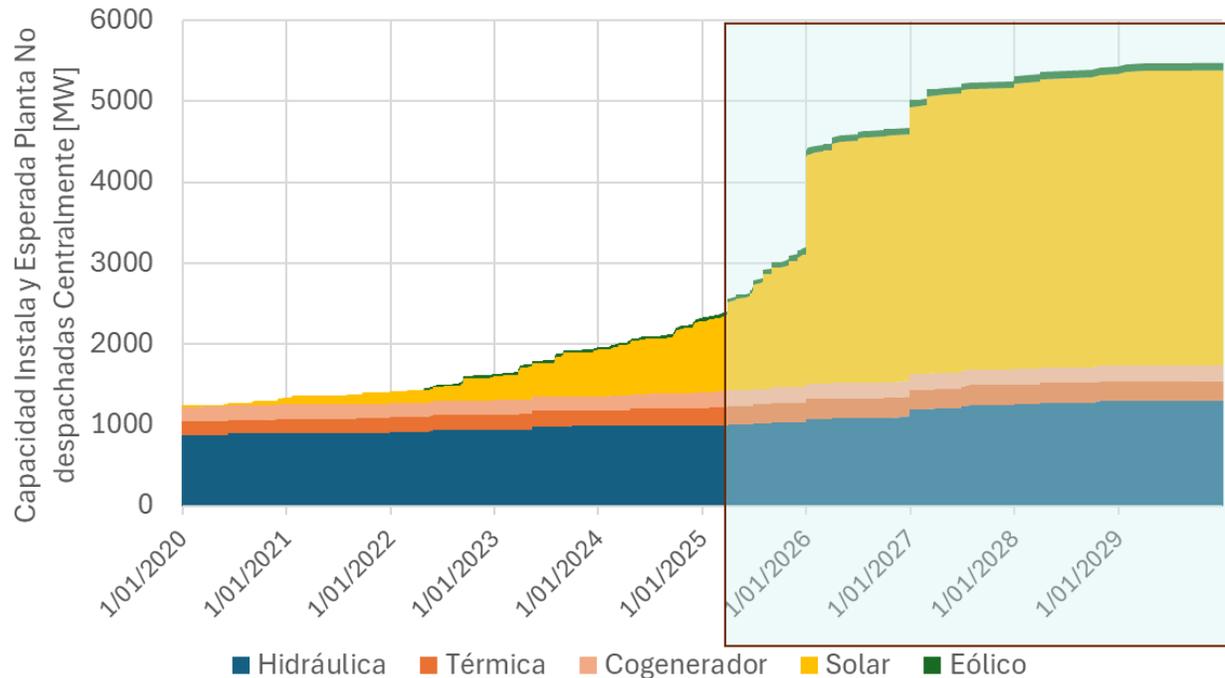
Componentes de la métricas de IIF



Se han identificado 28 subestaciones con alto impacto. Fallas en esta infraestructura o en su cercanía podrían ocasionar afectaciones generalizadas a la carga y a la generación, lo anterior, en función de los tiempos de despeje de fallas y el desempeño dinámico de equipos.

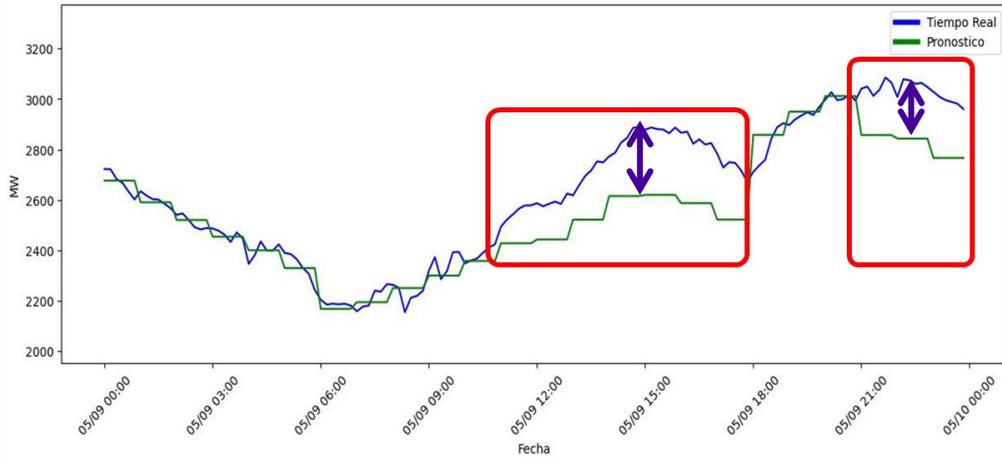


Alta integración **generación a nivel de los SDL's**



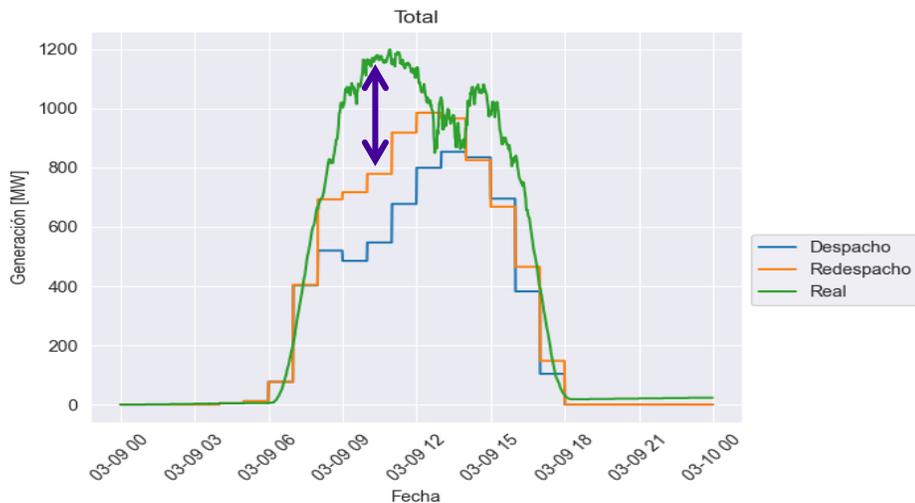
Eventos en otros países han mostrado problemas de soportabilidad en recursos que se integran al sistema sin los requisitos técnicos y de coordinación necesarios, lo cual ha afectado la operación segura y estable.

Desviaciones de demanda



En demanda, se han presentado desviaciones entre el pronóstico y el tiempo real de **hasta 10%** en algunos períodos.

Desviaciones de generación



En generación se han observado desviaciones entre la producción esperada y la real que, **hasta de 600 MW**, relacionados directamente con condiciones atmosféricas no previstas.



Deficiencias en la complementariedad de la matriz energética



Crecimiento no esperado de la demanda



Redes congestionadas

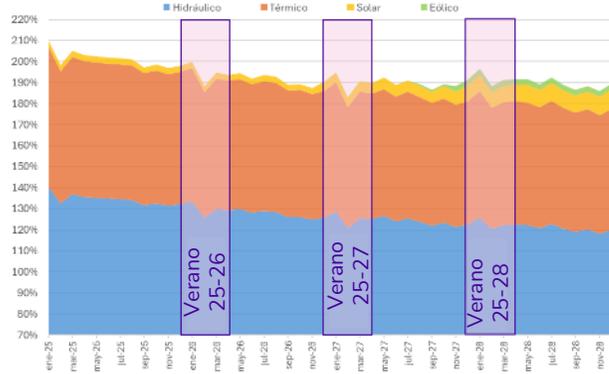
Las desviaciones

combinadas de generación y demanda generan condiciones de operación no previstos en la planeación operativa, que comprometen la capacidad para abastecer la demanda y la seguridad en la operación de la red eléctrica.



Capacidad y complementariedad

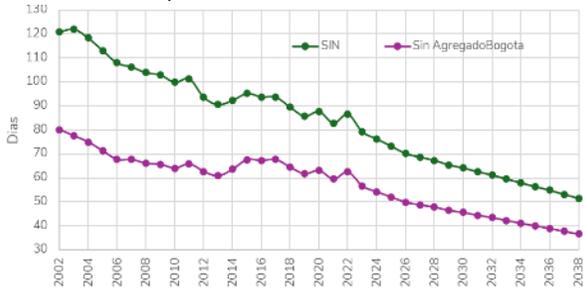
Capacidad instalada vs. Demanda en Energía- Esc. Medio UPME



Disminución de la capacidad hidráulica y térmica para atender la demanda.

*Solo proyectos con OEF

Relación Capacidad Útil Embalse del SIN/Demanda



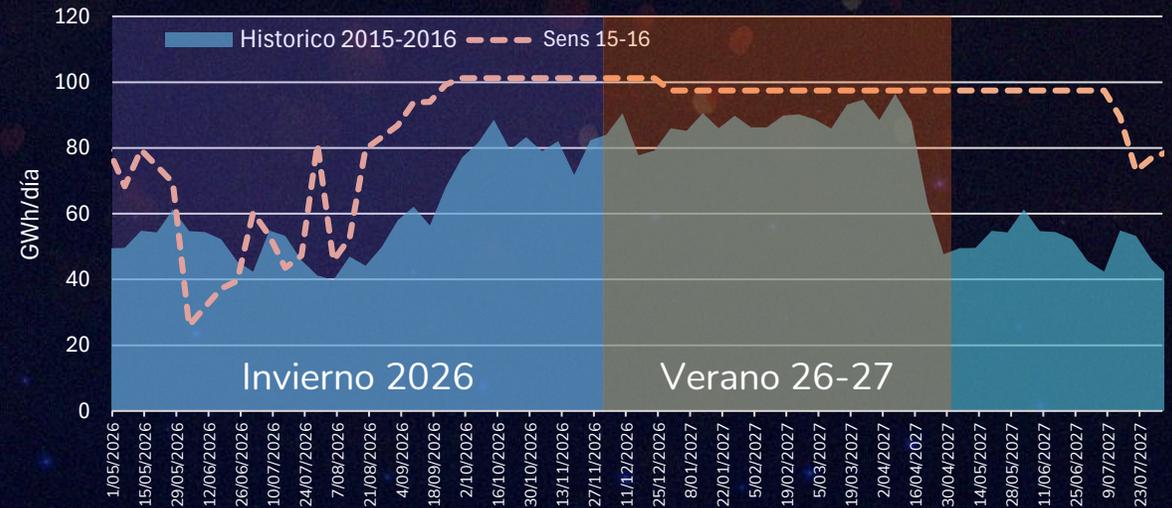
Relación anual Aportes/Demanda



A 2028 la disponibilidad energética para atender la demanda disminuye. Adicionalmente, no se vislumbran nuevas fuentes del almacenamiento estacional que permitan enfrentar situaciones de riesgo o atender los periodos de pico de demanda.

Balance energía - Veranos futuros

Durante los próximos veranos, ante hidrologías deficitarias se esperan nuevos niveles de exigencia operativa, uso intensivo de la energía almacenada, reflejada en el mayor porcentaje de desembalsamiento y utilización de combustibles.





¿Qué estamos haciendo para prepararnos para una **nueva operación?**

La **articulación**, incorporación de nuevas tecnologías y planeación y operación **flexible y resiliente** del sistema, claves del éxito en la **transición energética**.



20 años
Hechos por Colombia

Para lograr un sistema resiliente y flexible, **los cambios** se requieren implementar **de forma ágil y organizada**



Modernizar

El marco normativo actualizado y en continua actualización.
La red de transmisión flexible y resiliente, con nuevas tecnologías (condensadores síncronos, baterías,...).
La operación del SIN con una alta automatización (DEO y CAT).
Esquemas de mercado armonizados (nuevos productos y servicios).



Fortalecer

Talento humano - nuevos conocimientos y nuevas capacidades.
Adecuar Infraestructura de TO y TI – CyberResiliencia.
Actualización requisitos técnicos y de desempeños del sistema ante nuevas necesidades.



Cerrar deudas

Materializar planes de expansión, renovar redes obsoletas y definir procesos de expansión anticipados para mitigar riesgos existentes.

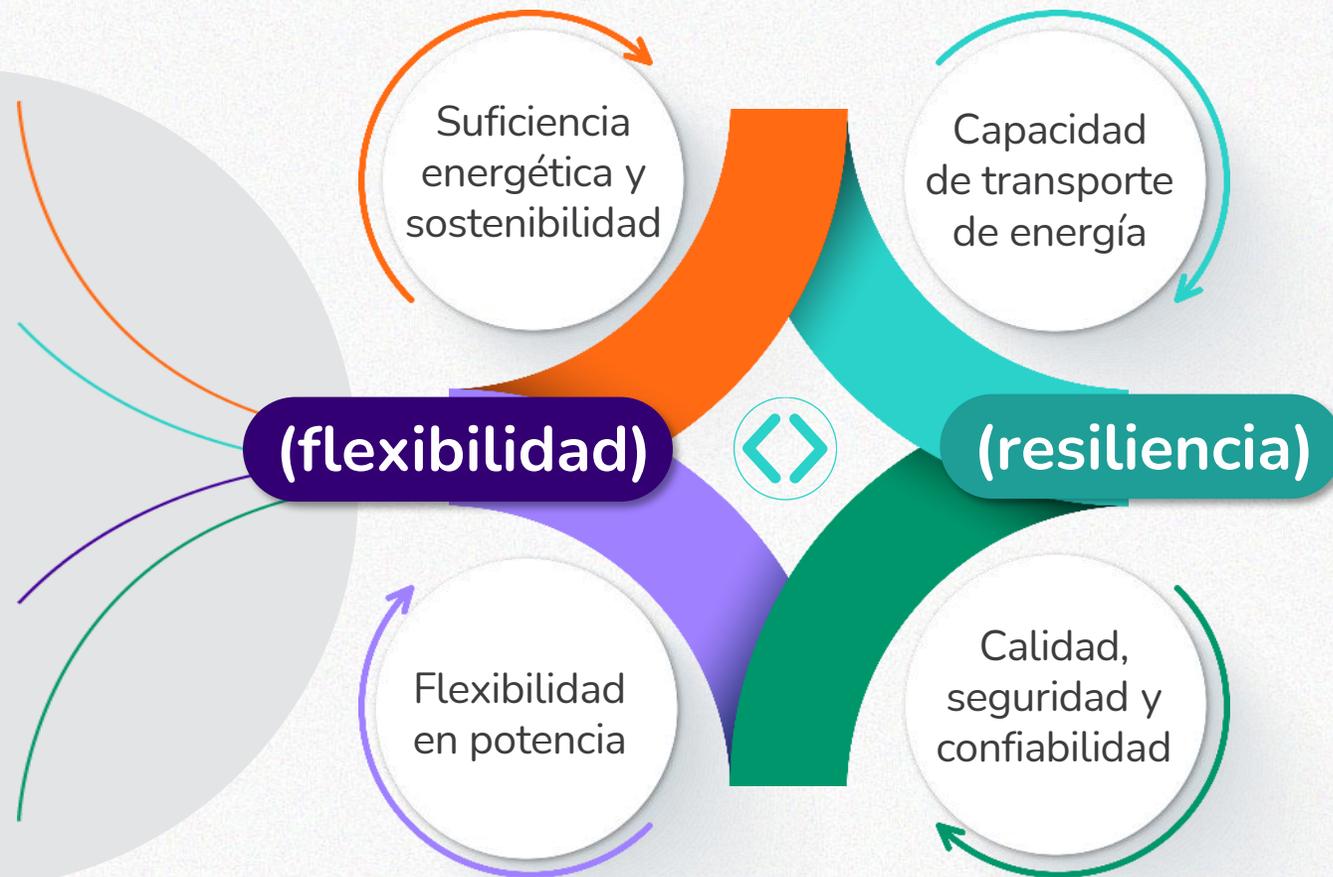


Articulación

Actores articulados con la necesidad y apropiación de los cambios.

Transformar los desafíos en oportunidades para el sector, buscando **mantener las luces encendidas en todo lugar y en todo momento**

- » **Matriz eléctrica flexible**, complementaria y resiliente
- » Materializar **los planes de expansión** (generación y transmisión)
- » Modernizar la **red de transmisión**
- » Modernizar el mercado, integrando nuevos productos y servicios
- » Ampliar y evolucionar la infraestructura tecnológica
- » Desarrollar y mantener el talento humano



Desde la flexibilidad y resiliencia, los desafíos son articulados buscando un sistema flexible, al ser adaptable ante las condiciones cambiantes, y resiliente, al estar mejor preparado para responder a eventos en la operación

Mapa de ruta para la **transición energética**



1

Articulación institucional para materializar los proyectos de generación

2

Mantener y ampliar la flexibilidad de la infraestructura de gas natural como respaldo operativo

3

Mejorar la capacidad institucional para la medición y caracterización de las variables meteorológicas

4

Incentivar la instalación de recursos de generación solar y eólica con capacidad de almacenamiento

5

Mejorar las capacidades de almacenamiento diario y estacional (baterías, bombeo, hidrógeno, nuclear).

Suficiencia energética y sostenibilidad



Mapa de ruta para la **transición energética**



1

Incentivos a mejores pronósticos (demanda y generación)

2

Despliegue de mecanismos de ajuste horarios e intra-horarios (despachos con menor granularidad)

3

Despliegue de nuevos servicios complementarios (aplanamiento de la curva de producción solar, rampas, arbitraje y otros)

4

Mejorar capacidad de los OR para gestionar la operación de los SDL's. (observabilidad, controlabilidad, servicios complementarios)

5

Despliegue de mercados cercanos a tiempo real con participación de la demanda y generación

Flexibilidad

Mapa de ruta para la **transición energética**



1

Articulación institucional para materializar proyectos de transmisión en desarrollo

2

Plan de choque para la modernización y repotenciación de la infraestructura de transporte (Infraestructura STN y STR, Sistemas de Protecciones)

3

Marco técnico para el despliegue de baterías para administración de congestiones (GridForming) y despliegue de soluciones

4

Criterios de resiliencia y confiabilidad N-1-1 en los planes de expansión de la red

5

Despliegue de soluciones para la optimización de la red

Transporte de energía



Mapa de ruta para la **transición energética**



1

Activar la regulación primaria en todas las tecnologías

Marco normativo y actualización del EDAC

Actualización requisitos técnicos IBR's

2

Implementar mejoras en protecciones en el STN, STR y SDL

Nuevo código de redes (confiabilidad, resiliencia y flexibilidad)

3

Marco normativo y despliegue de condensadores síncronos y baterías GridForming

4

Nuevos servicios complementarios: Fortaleza de red, inercia, respuesta rápida en frecuencia, respuesta de contención de la demanda

5

Requerimientos de modelos EMT (DigitaTwin) del sistema colombiano

Aporte de inercia y Corto Circuito en FERNC

Calidad, seguridad y confiabilidad



20 años
Hechos por Colombia

XM, un aliado clave para que la **transición energética y la transformación del sector** se den de manera armónica, ordenada y brindando la mejor energía a los colombianos.



20 años
Hechos por Colombia