



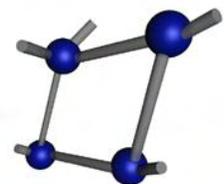
SYSTEMS

## Desafíos para los Sistemas de Transmisión Chilenos



Agosto 2009

### Tabla de contenidos



SYSTEMS

- Motivación
- Descripción de los sistemas de transmisión
- Desafíos en el sistema de transmisión troncal
- Desafíos en el sistema de subtransmisión
- Conclusiones

# Motivación: Sistemas de transmisión



## ➤ ¿Por qué se requieren?

- Restricciones para producir energía donde ella es requerida y aprovechamiento de recursos disponibles en puntos alejados.
- Permite la existencia de un mercado eléctrico (acceso abierto).
- Entregan seguridad.

## ➤ ¿Cuáles son sus características?

- Intensiva en uso de capital.
- Economías de escala.
- Monopolio natural.

## ➤ ¿Esquema de tarificación?

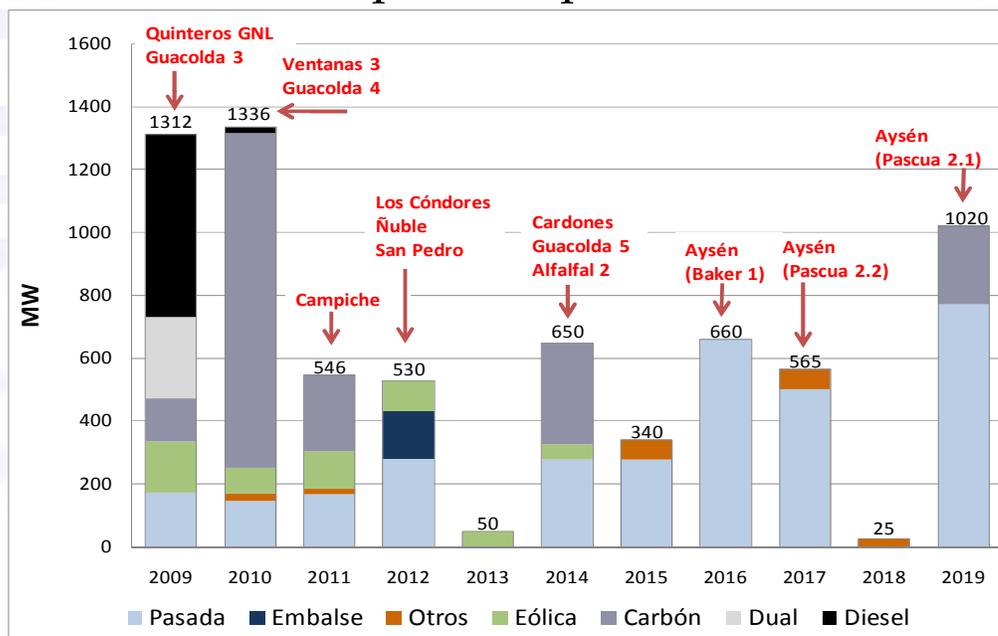
- En la práctica, la tarificación marginalista no cubre los costos.
- Se requiere incorporar otros esquemas de pago (Peajes).

3

# Desafíos: Aumento de demanda requiere inversiones en Generación / Transmisión

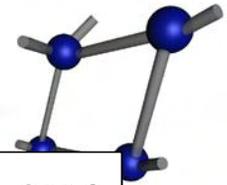


## ➤ Escenario de expansión próximos 10 años.

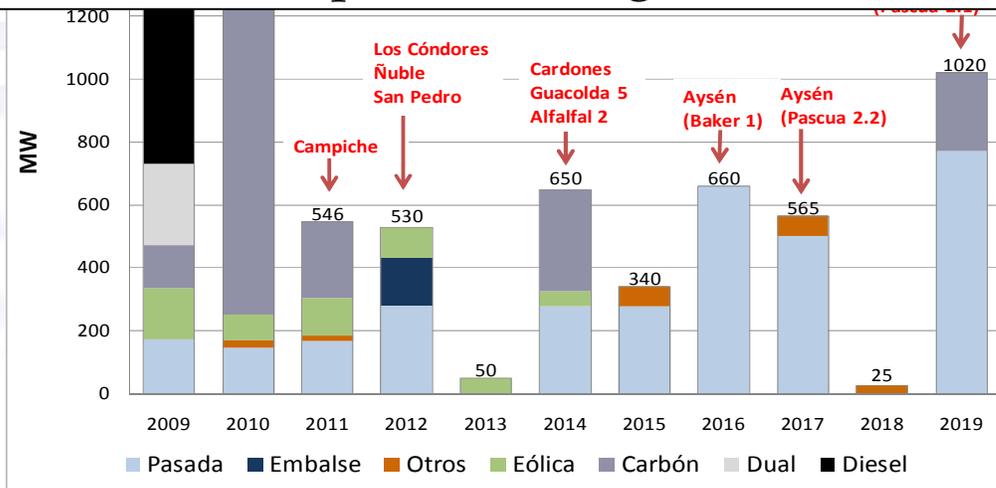


4

## Desafíos: Aumento de demanda requiere inversiones en Generación / Transmisión

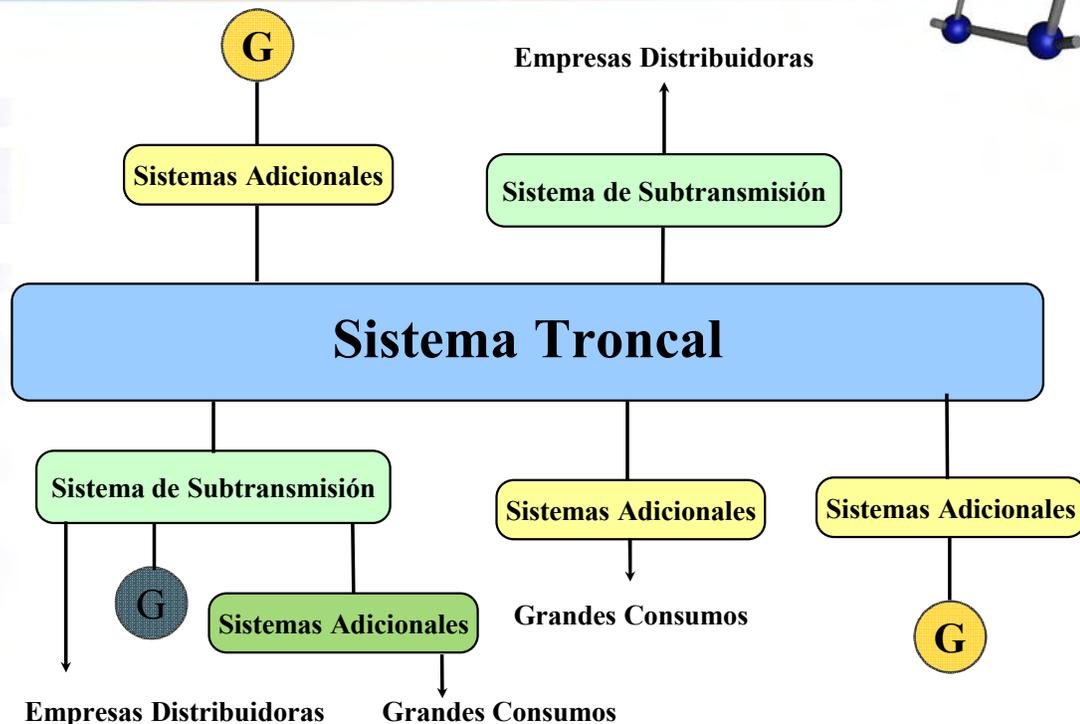


¿Cómo definir un plan de transmisión que responda económica y oportunamente a la nueva capacidad de generación?



5

## Clasificación de los sistemas de transmisión en Chile



6

# Regulación por tipo de sistema



	Valorización	Expansión	Remuneración
Sistema Troncal	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ AVI + COMA de Instalaciones Existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estudio supervisado por comité y revisado por CDEC anualmente</li> <li>➤ Obligatoriedad de Inversión.</li> <li>➤ Definición cada 4 años (revisión/validación anual).</li> <li>➤ Licitación de obras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingreso Tarifario + Peajes de Inyección y Retiro.</li> <li>➤ AIC: -Generadores (80%) -Consumos (20%)</li> <li>➤ Fuera del AIC:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Flujos hacia el AIC (Pago 100% Generadores).</li> <li>-Flujos saliendo del AIC (Pago 100% Consumos).</li> </ul> </li> </ul>
Sistema de SubTx	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ AVI + COMA de Instalaciones Adaptadas (Estudio de Prescindibilidad)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recomendación de Inversión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pago de Centrales Generatoras conectadas</li> <li>➤ Peaje de Retiro.</li> </ul>
Sistema Adicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Acuerdos bilaterales entre las partes.</li> <li>➤ Generador – Transmisor</li> <li>➤ Transmisor – Cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Definición de privados.</li> <li>➤ Generador – Transmisor</li> <li>➤ Transmisor – Cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Definición de privados.</li> </ul>

7

## Sistema de Transmisión Troncal



### ➤ Problemática principal:

- ❑ Planificación “centralizada-cooperativa” en transmisión que debe responder a un esquema competitivo en generación.

### ➤ Algunos desafíos identificados:

- ❑ Incertidumbre en la demanda y desarrollo de generación.
- ❑ Mecanismos y plazos para la evaluación de propuestas de expansión del sistema troncal no cubre adecuadamente la dinámica y requerimientos de generación y consumo.
- ❑ Esquemas de remuneración para centrales que demandan capacidad, pero hacen escaso uso del sistema (caso eólico).
- ❑ Proceso de remuneración de ampliaciones (subestaciones seccionadoras).

8

## Extenso proceso para determinar la expansión del sistema troncal



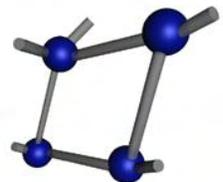
SYSTEM



(\*) Obras Nuevas: Licitación a cargo del CDEC-SIC.  
Ampliaciones: Licitación a cargo del propietario.

9

## Procesos de Revisión del Estudio de Transmisión de Troncal (ETT)



SYSTEM

- Los estudios son fuertemente dependientes del plan de obras de generación que la CNE modifica cada 6 meses.
  - ❑ Cambios en visión de desarrollo del sistema invalidan propuestas de transmisión → Se dificulta la decisión de inversiones.
  - ❑ Plazos requeridos para la expansión del sistema de transmisión, son mayores que el tiempo de construcción de las centrales.

10

# Procesos de Revisión del Estudio de Transmisión de Troncal (ETT)

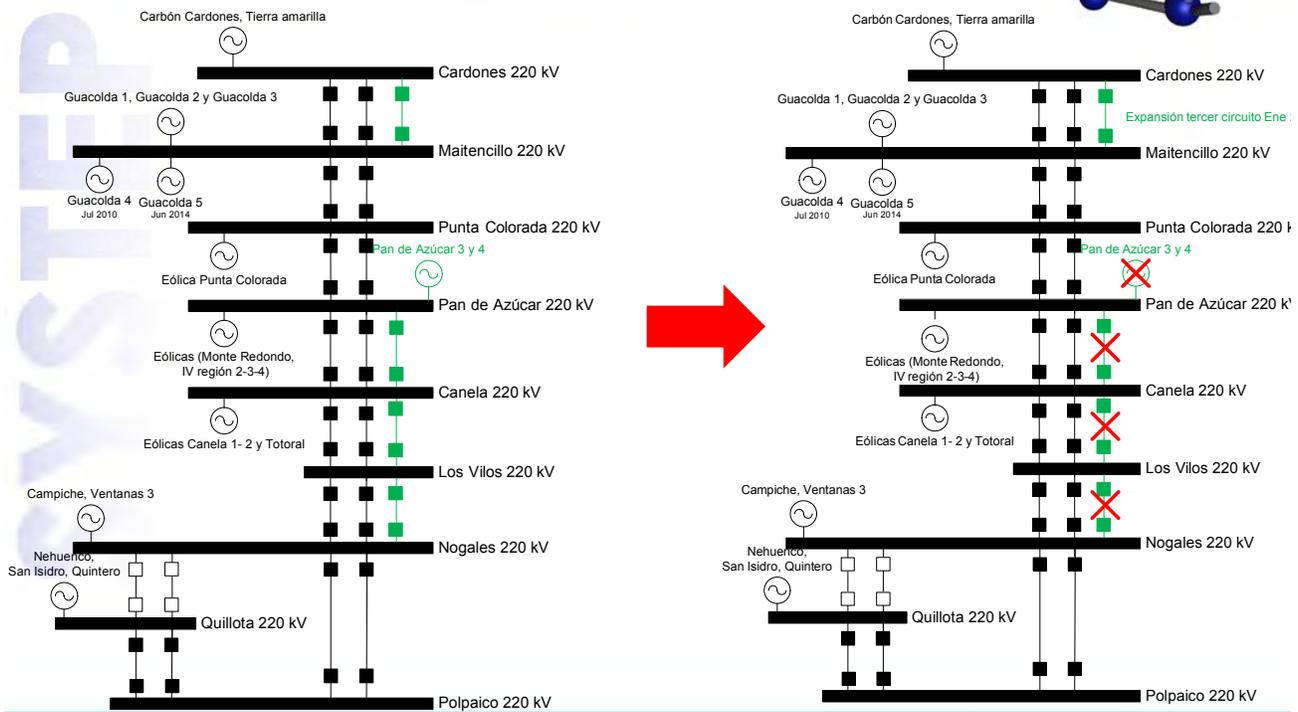


- ▶ Los estudios son fuertemente dependientes del plan de obras de generación que la CNE modifica cada 6 meses.
  - Por ejemplo, entre el ETT-2006 y la Revisión ETT-2008 la CNE disminuyó el desarrollo de generación térmica en el norte. Sin embargo, los proyectos continúan en evaluación (más de 5.000 MW).

	ETT - 2006	ETT - Revisión 2008
Tramo Maitencillo - Cardones	Se determinó la expansión de un tercer circuito en este tramo para el año 2009.	Se confirma la expansión.
Tramo Pan de Azúcar - Los Vilos - Nogales	Se determinó la expansión de un tercer circuito en este tramo.	Debido a cambio en plan de obras de generación, se decidió postergar la expansión de este tramo.

11

# Procesos de Revisión del Estudio de Transmisión de Troncal (ETT)



Visión 2006

Visión 2008

12

## ¿Se puede invertir en forma anticipada?



### ➤ Ventajas

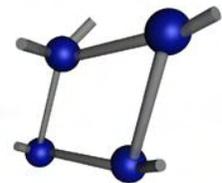
- Permite la conexión de generación “a tiempo”
- Permite la convergencia a un sistema eficiente (Costo eficiente en el largo plazo).

### ➤ Desventajas

- Requiere mayor inversión inicial
- Riesgo de capacidad ociosa futura (puede ser mitigado invirtiendo anticipadamente lo mínimo)
- Agentes no están dispuestos a pagar más de lo que “ahora” necesitan.

13

## ¿Se puede invertir en forma anticipada?



### ➤ Aplicación:

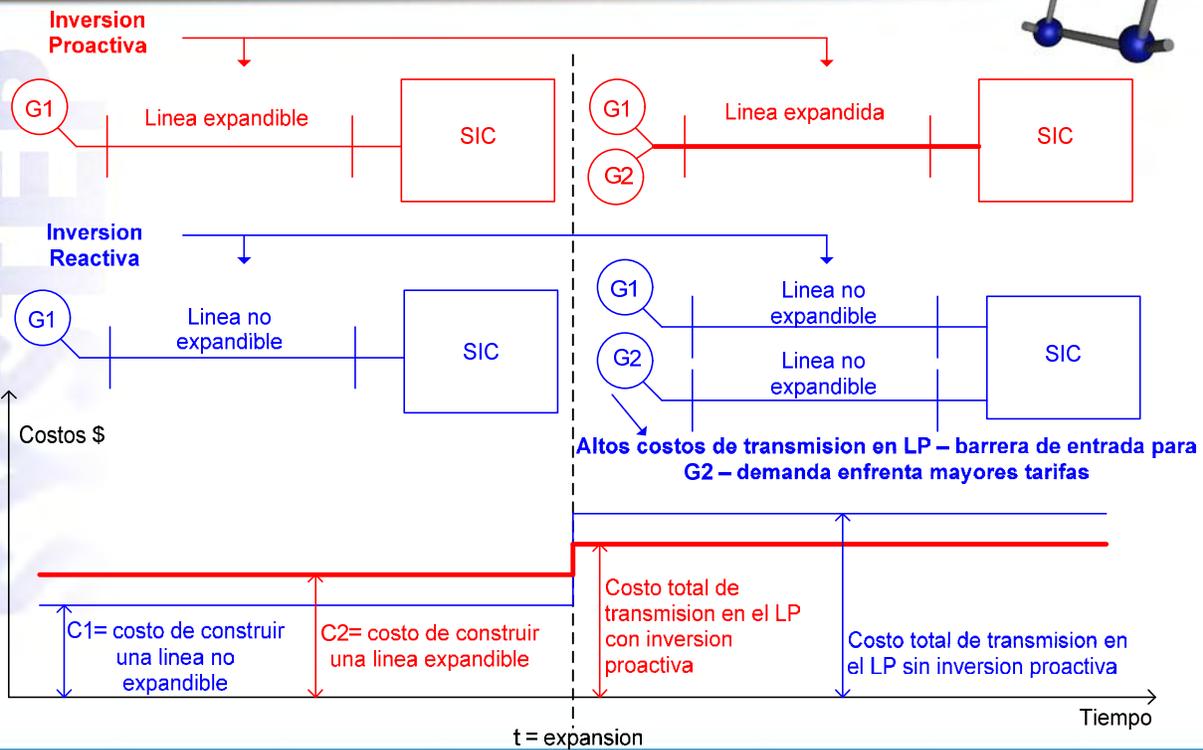
- Hacer las inversiones mínimas que permitan un incremento de capacidad futuro a mínimo costo (mayor aislación, espacio extra en estructuras/subestaciones, servidumbre mayor, etc.)

### ➤ ¿Cómo hacer inversión anticipada? Experiencia y literatura:

- Open season – California / Chile Aysen
- Mecanismos merchant – poca experiencia, USA/Australia
- Permitir mayores tasas de retorno para obras claves – propuesta en el UK
- Compartimiento de costos con la demanda (si se justifica económicamente) – propuesta Chile

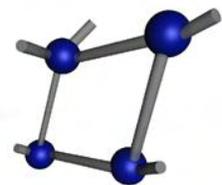
14

# ¿Se puede invertir en forma anticipada?



15

# Estado actual de las obras de expansión troncales



► Diario financiero: 29 de septiembre de 2008

PARA EL PERÍODO 2007-2008, ESPECIALMENTE POR **INSUFICIENCIA EN LOS MONTOS DE INVERSIÓN**

## Más de 77% de licitaciones de transmisión de energía fue declarada desierta

troncal pueda absorber el aporte de iniciativas en construcción o proyectadas para este tramo, donde se ubica más del 90% de la población del país.

Este objetivo está complicado y amenaza la continuidad de servicio que hasta ahora tiene el SIC, ya que el 77,2% de las obras a ejecutarse entre 2007-2008 y que implican US\$ 103 millones en inversión, fue declarado desierto.

Un total de 17 de las 22 iniciativas

autorizadas por la autoridad, a partir de las propuestas contenidas en un estudio privado -que data de 2006 y se realiza cada cuatro años- y de las recomendaciones del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) del SIC, no fue adjudicada. Esto, fundamentalmente a causa de la insuficiencia en los montos estimados para ejecutarlas.

El académico de la Universidad Católica y consultor energético Hugh Rudnick, señaló que más que

de plazos para ejecutar las obras hay una diferencia en los precios de referencia recomendados.

Agregó que en relación con este proceso de expansión, la Ley Corta I, que fija este mecanismo está en evaluación, pues se produce un choque de intereses entre agentes inte-

resados en reducir las expansiones y otros que velan por aumentarlas.

La información está contenida en una presentación efectuada recientemente por el vicepresidente de Asuntos Jurídicos de Transelec, Fernando Abara, quien alertó que "los procesos de licitación de obras

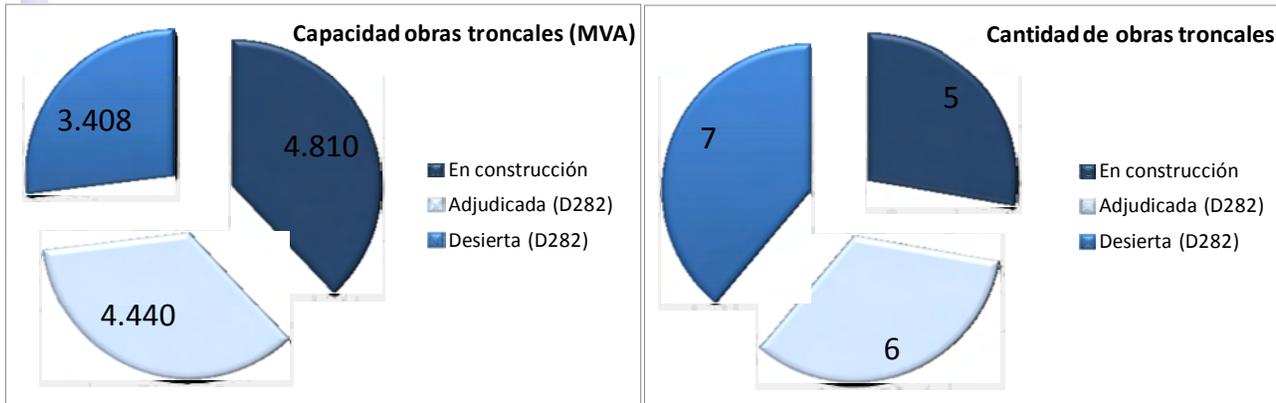
**Transelec teme que a causa de esto haya congestión en algunos tramos del sistema troncal y peligre su calidad y seguridad.**

16

# Estado actual de las obras de expansión troncales



- 18 obras troncales presentes desde el inicio del proceso ETT, por un total de 12.658 MW, se encuentran en distintas etapas de materialización.

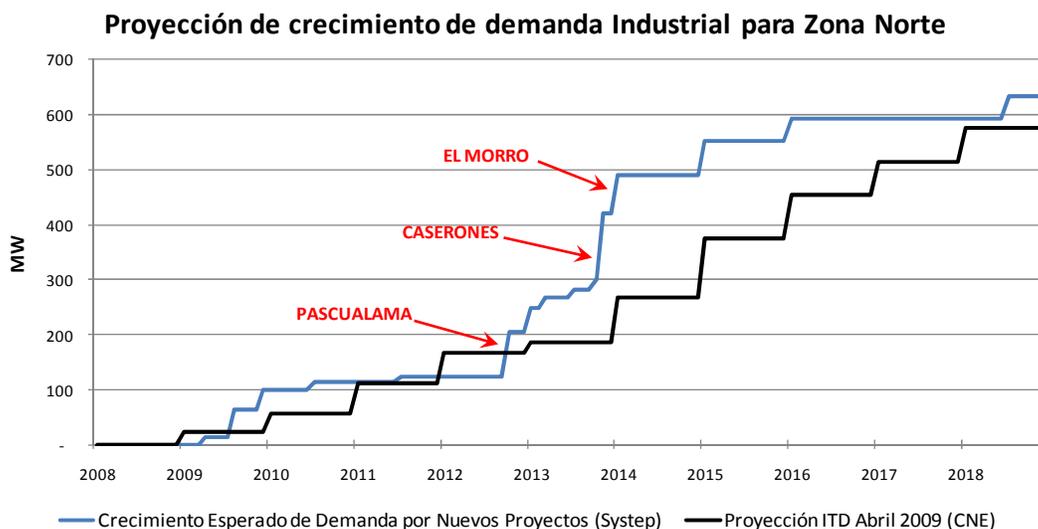


Fuente: Res. Exta N° 54 (Enero de 2009), de la CNE que "Aprueba Plan de Expansión del Sistema de Transmisión Troncal para los siguientes 12 meses".

# Efectos en Tx: Dos visiones del ritmo de materialización de proyectos de consumo



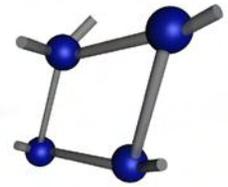
CVCTED



- Similar demanda al final del período.
- Distinto ritmo de materialización.

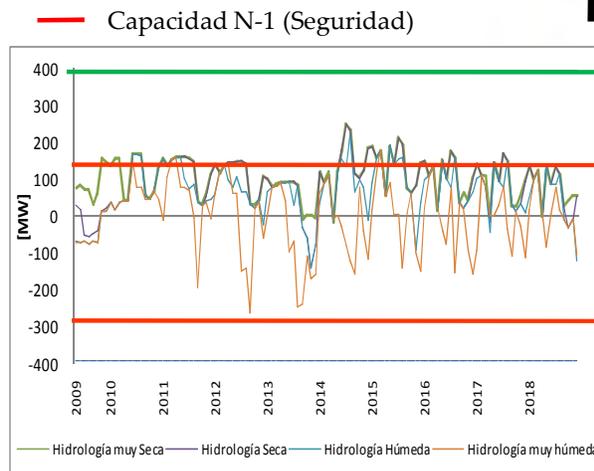
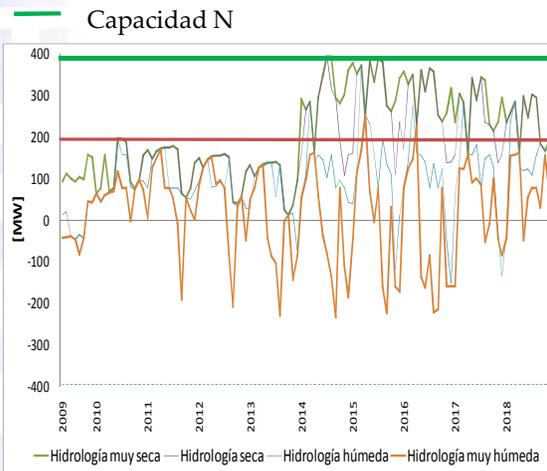
Distinta exigencia en Tx

# Efectos en el Tx: Visión de Syste en materialización de proyectos de Consumo



Maitencillo

Pan de Azúcar

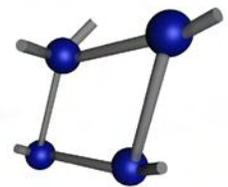


Dda con modelación CNE (tasa de crecimiento)

Dda con modelación de Proyectos Mineros en SIC-Norte

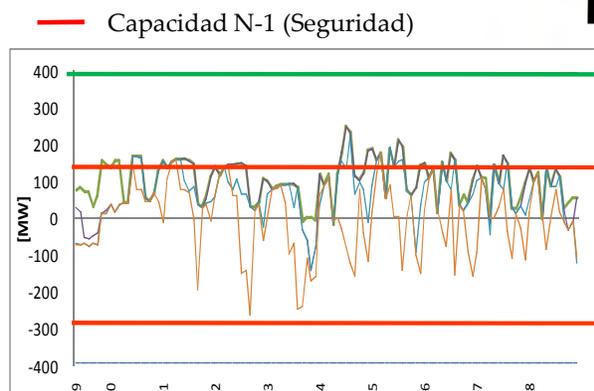
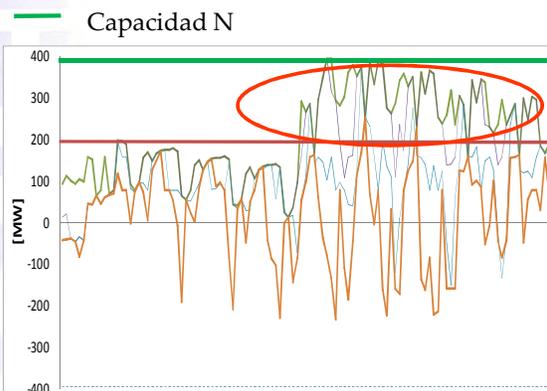
19

# Efectos en el Tx: Visión de Syste en materialización de proyectos de Consumo



Maitencillo

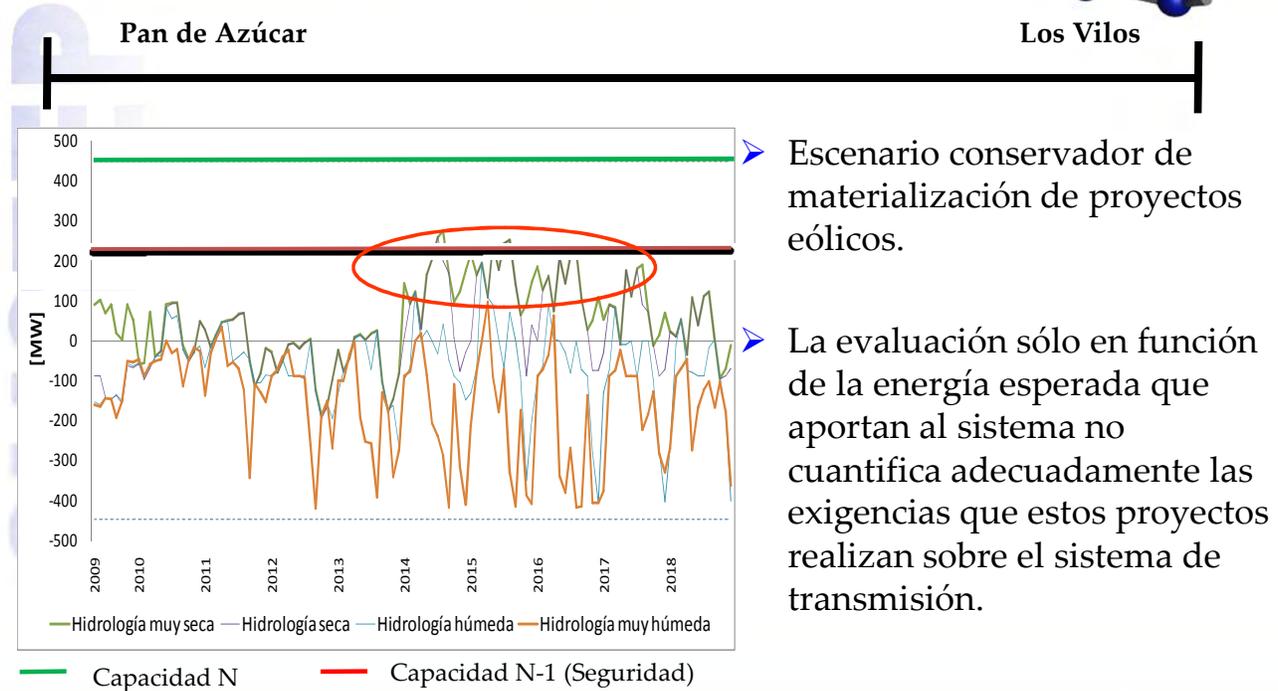
Pan de Azúcar



Distintas exigencias sobre sistema de transmisión existente lleva a la definición de planes de expansión divergentes.

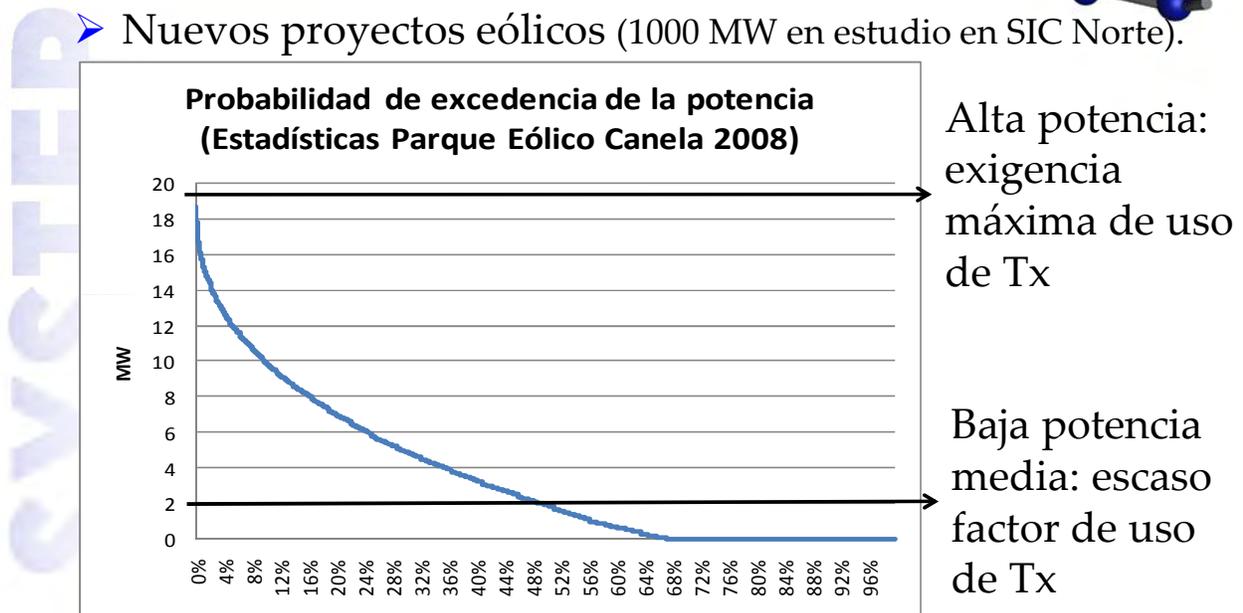
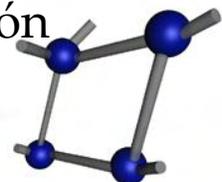
20

# Efectos en el Tx: Análisis mayor penetración de generación eólica



21

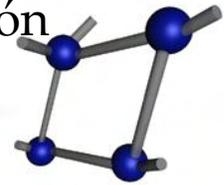
# Efectos de una mayor penetración de generación eólica en el Sistema de Transmisión



Desafío a la expansión, definición de nuevos criterios de operación y tarificación de Tx

22

## Efectos de una mayor penetración de generación eólica en el Sistema de Transmisión



- La materialización de los proyectos produciría congestiones, en horas de máxima generación.
- Existiría un problema técnico de estabilidad de tensión y flujo de reactivos que no ha sido tratado sistémicamente.
  - ❑ En la medida que se masifica la instalación en puntos de conexión cercanos (Pan de Azúcar – Los Vilos)
  - ❑ Según la tecnología de los generadores eólicos.
    - Variaciones del viento en unidades que permiten una limitada variación de velocidad ocasionan oscilaciones de potencia reactiva.
    - Unidades que operan a velocidad variable permiten un control independiente de la potencia activa y reactiva → mayor costo de inversión.
  - ❑ Gran parte de las unidades eólicas instaladas y por instalar corresponden a tecnologías que permiten una limitada variación de velocidad.

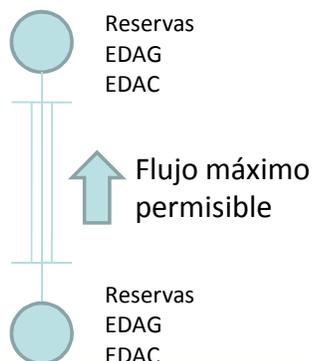
23

## Uso de EDAC y EDAG en planificación

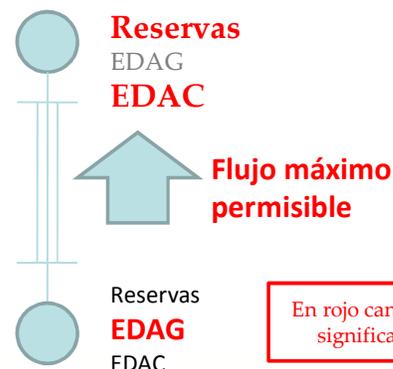


- Tendencia “Smart Grid” ha llevado a desplazar inversiones en líneas de transmisión (o distribución) por soluciones que contemplen una operación más integral y dinámica mediante el uso de EDAC, EDAG (por Cont. Esp.) y distintos tipos de reserva.

### Política de operación típica



### Política de operación aliviando inversión de redes



En rojo cantidades significativas

**Se puede tener seguridad N-1 sin necesidad de tener capacidad ociosa en transmisión permitiendo aprovechar mejor las líneas existentes y desplazar inversiones**

24

## Uso de EDAC y EDAG en planificación

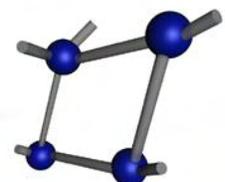


- Esquemas DAC y/o DAG para contingencias específicas fueron considerados en el ETT.
  - ❑ Su incorporación, en un escenario de aumento relevante de la generación, sólo permite aplazar inversiones.
  - ❑ Aquellos agentes beneficiados de la desconexión son los que hacen cargo de los costos que incurren otros agentes.
    - El esquema de tarificación de estos servicios aún está pendiente.
  - ❑ Por dictamen del HPE (noviembre de 2008), se instruyó al CDEC-SIC realizar un estudio de factibilidad para implementar EDACxCE en la zona norte del SIC.
  - ❑ La CNE, mediante Res. Exta. N°54 (enero 2009) descartó el uso de EDACxCE.

**¿Se deben o no considerar en la planificación?**

25

## Remuneración de Nuevas Subestaciones Seccionadoras en el Troncal

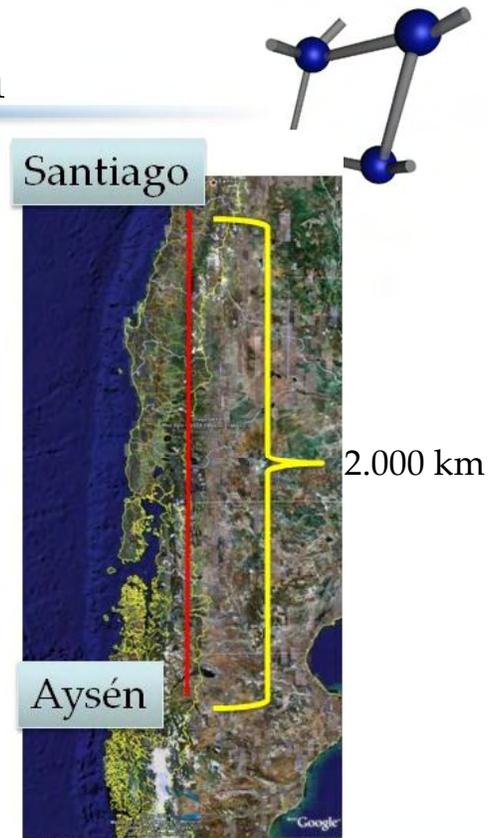


- Materialización de proyectos de generación, no contabilizados en el plan de obras inicial, requiere del desarrollo de nuevas subestaciones de interconexión (seccionadoras).
  - ❑ Inicialmente desarrolladas por los interesados y remuneradas en función de contratos de largo plazo entre las partes.
  - ❑ ¿Cómo se incorporan posteriormente estas obras al esquema de tarificación utilizado en el sistema de transmisión troncal?
  - ❑ Proceso no abordado en la legislación que introduce incertidumbre:
    - Nuevo Generador: Podría quedar sobre remunerando la instalación.
    - Transmisor: Podría obtener rentabilidad mayor a 10%.
  - ❑ Existe espacio para el planteamiento de exigencias por parte del transmisor que dificulte el desarrollo de los proyectos.

26

## Desafío “Adicional”: Sistema Transmisión de Aysén

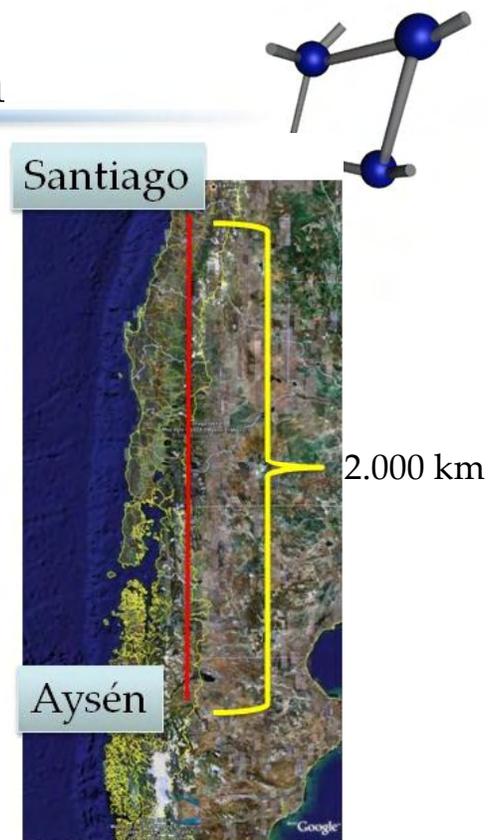
- ❑ Gran cantidad de recursos hidráulicos a 2.000 Km de Santiago (~10.000 MW).
- ❑ Necesidad de tecnología HVDC.
- ❑ Dificultad para construir nuevas líneas.
  - Paso de líneas a través de numerosas propiedades privadas, reservas naturales y parques nacionales.
- ❑ Se requiere línea con capacidad de ~4.000 MW
  - Tecnologías HVDC ampliables se han formulado, pero no aplicado.



27

## Desafío “Adicional”: Sistema Transmisión de Aysén

- ❑ Dos empresas se encuentran evaluando proyectos en la zona:
  - HydroAysen (2750 MW)
  - Energía Austral (1125 MW)
- ❑ TLDC instruyó un esquema “open season” a terceros para la línea.
- ❑ ¿Sistemas adicionales para proyectos de gran escala requieren un tratamiento especial?
  - Caso nuclear.
  - Evacuación de potencial eólico en el norte.



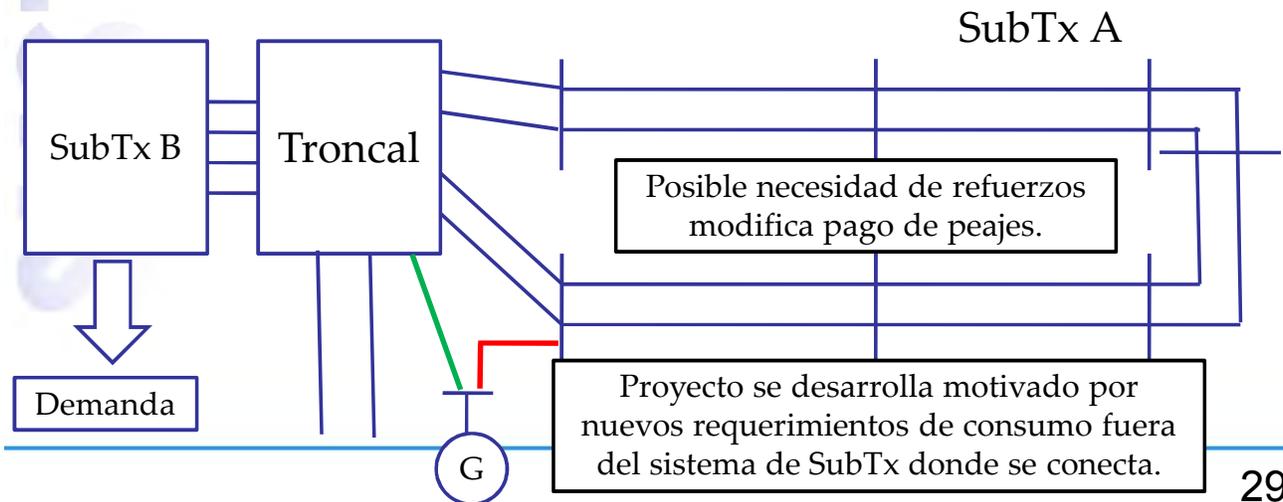
28

# Sistemas de Subtransmisión: Definición de expansiones producto de nueva generación



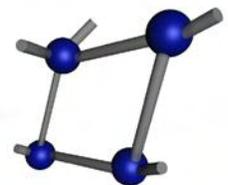
- Proyectos de generación factibles de conectar tanto a SubTx como Troncal.

- ❑ ¿Cómo se define la alternativa de conexión más conveniente para el sistema?



29

# Sistemas de Subtransmisión: SING



- Previo a la vigencia del DS 320.
  - ❑ Precio de Nudo en Antofagasta menor que en barras troncales.
  - ❑ Factor de penalización de la energía y potencia menor que 1,0.
- Tras la vigencia del DS 320.
  - ❑ Precio de nudo en sistema troncal debe ser recargado por pérdidas para referirlo a los centros de consumo.
  - ❑ Doble contabilización de pérdidas.

Metodología debe ser revisada para sistemas de SubTx que realizan retiros de sistemas adicionales (no del Troncal)



30

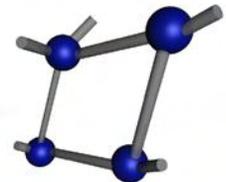
## Conclusiones



- El proceso de “definición-licitación-adjudicación” de obras en transmisión no responde a la rapidez con que son llevados los proyectos de generación – demanda.
  - ❑ ¿Cómo compatibilizar la planificación centralizada-cooperativa con un esquema competitivo en generación?
- La entrada de grandes bloques de generación eólica en una misma zona geográfica (SIC-Norte) implica:
  - ❑ Expansión de Tx considerando la potencia máxima de las unidades instaladas.
  - ❑ Escasa participación en el pago de la expansión, producto de su bajo factor de planta.
  - ❑ Eventuales problemas de reactivos, en función del tipo de tecnología y severidad de contingencias.

31

## Conclusiones



- La modelación de grandes bloques de demanda, impone distintas exigencias sobre el sistema de transmisión, que debiesen ser recogidas en el ejercicio de planificación.
- Se debe aclarar si el uso de EDAC por CE puede ser considerado en la planificación de la transmisión, ya que permite posponer inversiones.
- La metodología de pago de peajes de SubTx en el SING debiese ser revisada, ello producto a que los retiros no se producen necesariamente desde el troncal (uso de sistemas adicionales)

32



SYSTEMS

**Sebastian Mocarquer<sup>&</sup>, Hugh Rudnick<sup>+</sup>,  
Rodrigo Moreno<sup>\*</sup>, Jorge Moreno<sup>&</sup>,  
Alejandro Navarro<sup>&</sup>**

<sup>+</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile

<sup>&</sup> Systeem Ingeniería y Diseños Chile,

<sup>\*</sup> Imperial College London.