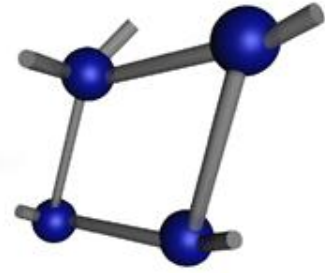




Imperial College
London

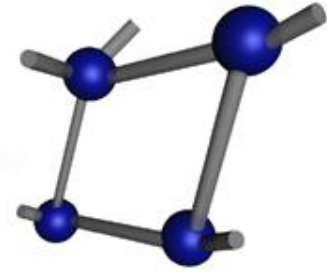


Desafíos en el Desarrollo del Sistema de Transmisión Troncal



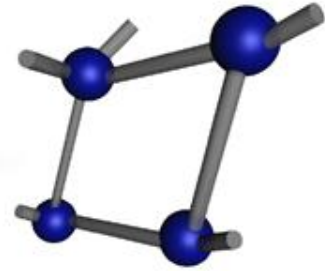
01 de septiembre de 2009

Tabla de contenidos



- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
- Conclusiones

Criterios de Planificación



- A nivel mundial, generalmente las metodologías de planificación consideran múltiples criterios centradas en dos perspectivas:
 - ❑ **Confiabilidad:** se enfoca en lograr una operación confiable del sistema imponiendo objetivos de seguridad con algunas consideraciones de costos.
 - ❑ **Económica:** se enfocan en lograr una operación eficiente del sistema, balanceando los costos de inversión en transmisión y el costo de operación y falla del sistema.
- Actualmente existen varias formulaciones que incluyen consideraciones económicas y de confiabilidad para la planificación de la transmisión.



➤ **Enfocado a Confiabilidad: Caso del Reino Unido**

- ❑ Las reglas de seguridad son determinísticamente fijadas y no hay evaluación económica de sus impactos.
- ❑ Un criterio N-2 debe ser considerado a través de todo el sistema de transmisión.
- ❑ Existe un análisis de costo y beneficio sólo para evaluar la ampliación de la capacidad del sistema.

➤ **Análisis costo-beneficio: Caso Nueva Zelanda**

- ❑ La empresa de transmisión, TransPower, prepara los planes de inversión basado en estándares de confiabilidad del sistema fijados en la legislación.
- ❑ Cada proyecto de inversión debe obtener aprobación de la Comisión de Electricidad. Las propuestas de inversión son estudiadas con un test de costo y beneficio neto.
- ❑ Se mantiene algunos criterios determinísticos de seguridad. Por ejemplo, se considera un criterio N-1 para la zona más importante de la red.

Métodos de optimización



Optimización matemática

Programación Lineal

Programación Dinámica

Programación No Lineal

Programación Entera Mixta

Optimización heurística

Algoritmos Genéticos

Teoría de Juegos

Sistema expertos

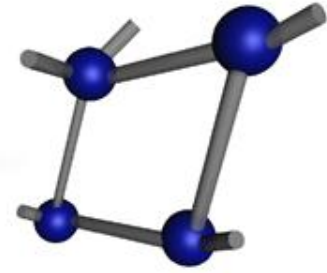
Simulated Annealing

➤ Más relevante que el modelo de optimización es la calidad del resultado.

➤ Rango de validez y el costo de la solución dependen de:

- Tasas de crecimiento y proyección de demanda.
- Plan de obras de generación y costos de combustibles.
- Escenarios hidrológicos y tiempos de construcción.
- Horizonte de planificación.

Esquemas de Planificación



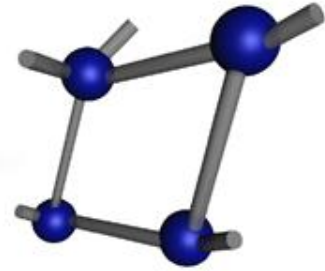
➤ Planificación centralizada

- ❑ El proceso de planificación se orienta a definir en forma conjunta la expansión de generación y transmisión
- ❑ Plan resultante de expansión del STx rígido, dado que su desarrollo está fuertemente ligado al cumplimiento del plan trazado para la expansión de la generación.

➤ Planificación competitiva

- ❑ El desarrollo y ampliación del parque generador está en manos de agentes privados en un ambiente competitivo.
- ❑ Regulador sólo entrega un plan indicativo de expansión del STx.
- ❑ Plan resultante de expansión del STx basado en los criterios de decisión propios de cada agente, en función de las decisiones tomadas por los otros agentes.

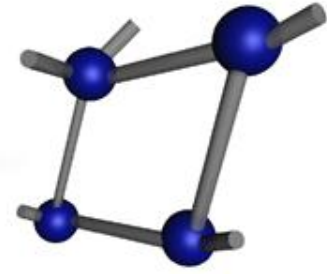
Esquemas de Planificación



► Planificación Mixta - Centralizada/Competitiva

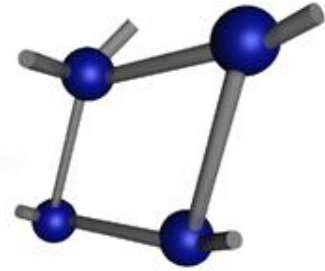
- ❑ Estudios de expansión son realizados por empresas independientes del regulador.
 - Agentes participan en el proceso de definición de las obras de expansión del sistema de transmisión.
- ❑ Se elimina la planificación indicativa, estableciendo que las empresas de transmisión serán responsables de realizar las obras resultantes de los estudios de expansión.

Tabla de contenidos



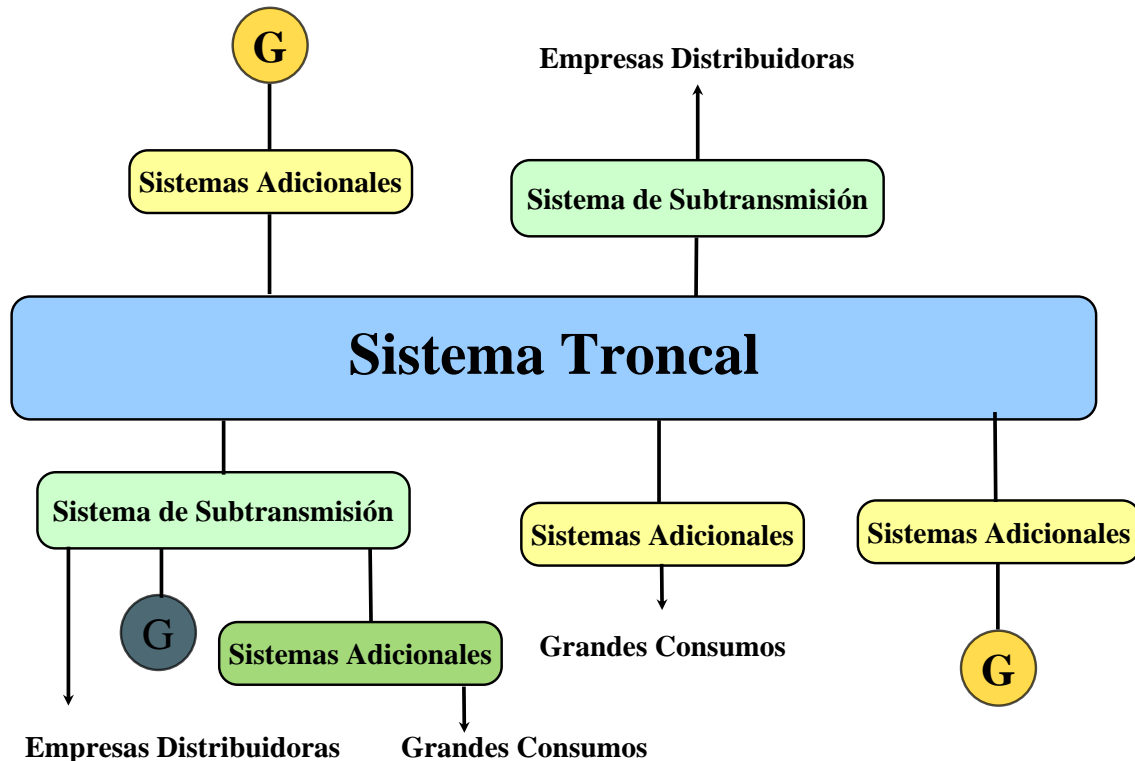
- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
- Conclusiones

Marco Regulatorio

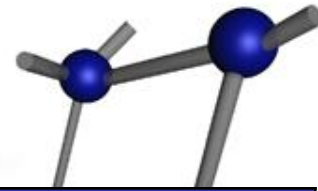


► Ley 19.940 del 2004 (Ley Corta I):

- ❑ Introduce importantes reformas a la regulación de los sistemas de transmisión.



Marco Regulatorio

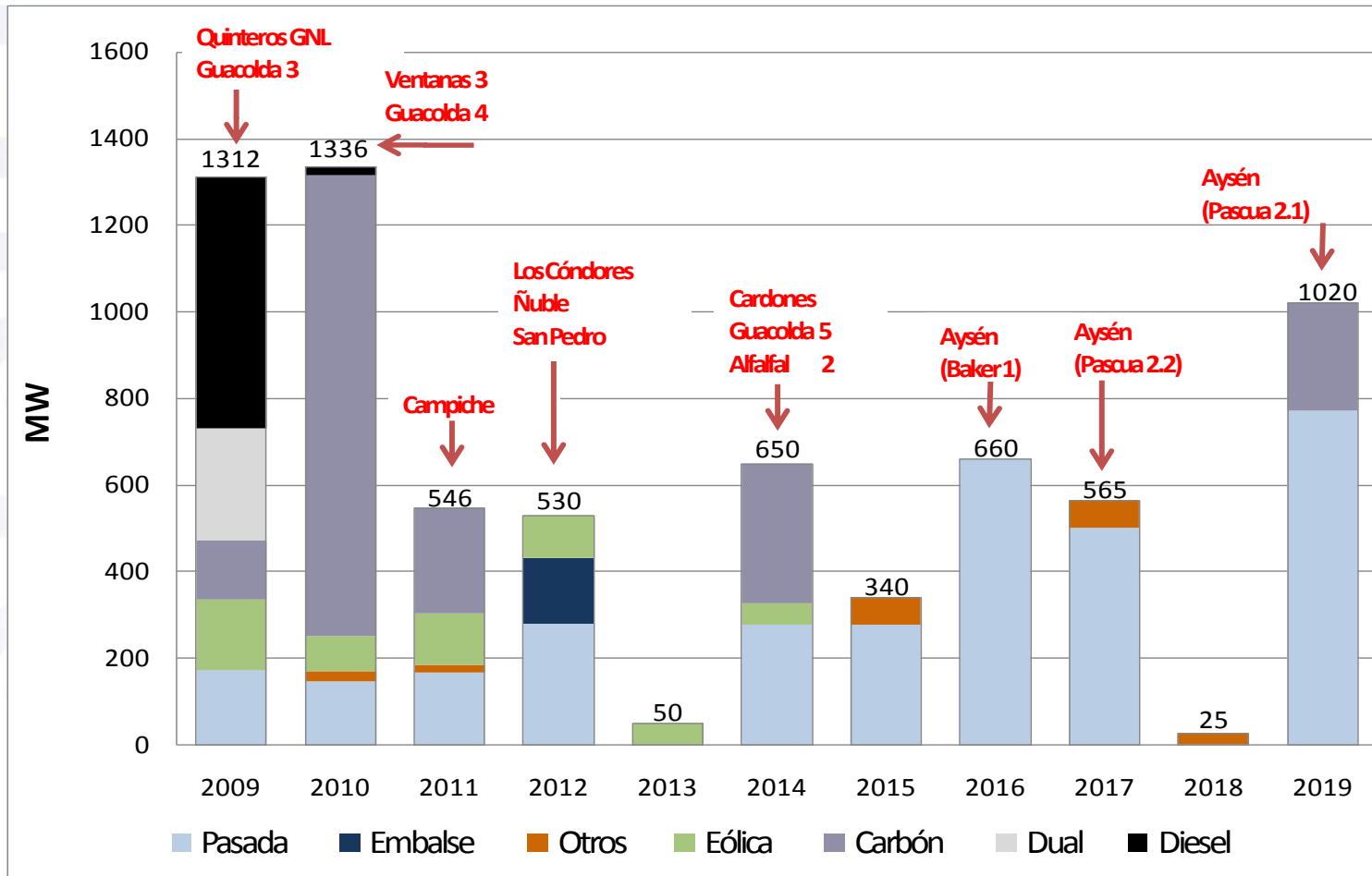


	Valorización	Expansión	Remuneración
Sistema Troncal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ AVI + COMA de Instalaciones Existentes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudio supervisado por comité y revisado por CDEC anualmente ➤ Obligatoriedad de Inversión ➤ Definición cada 4 años (revisión/validación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

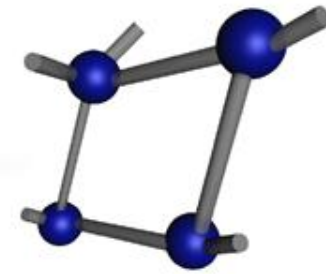
Distintos Escenarios Futuros



Escenario de expansión próximos 10 años.



Distintos Escenarios Futuros



- Escenario de expansión próximos 10 años.

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

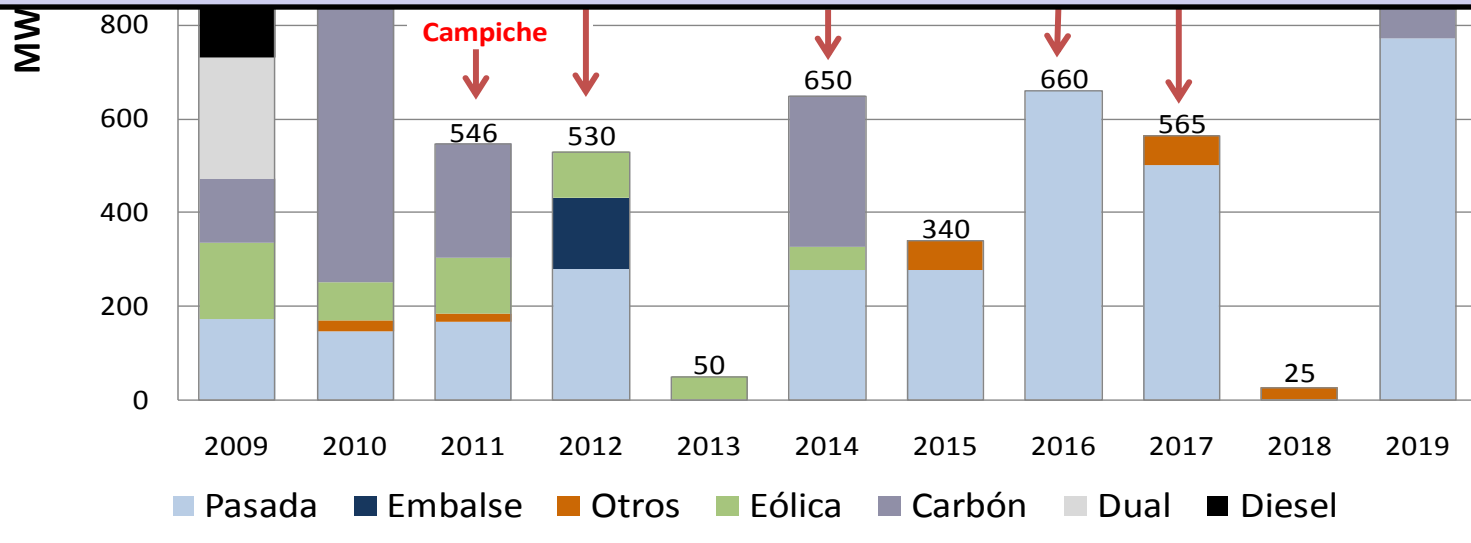
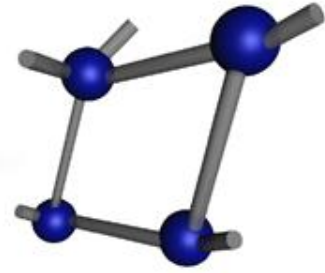


Tabla de contenidos



- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
 - ❑ Marco Regulatorio
 - ❑ Horizonte de Planificación
 - ❑ Riesgo en la Toma de Decisiones
- Conclusiones

Principales Desafíos: Marco Regulatorio



➤ Desafíos:

- 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 de transmisión (caso eólico).
- Uso de esquemas DAC y DAG por Contingencias Específicas en la planificación.
- Nuevas subestaciones para conexión de centrales

Propuestas:

- Invertir en forma anticipada/holgada.
- Definir nuevos criterios de expansión, tarificación y operación del STX considerando efectos de generación tipo intermitente.
- Modificar Norma Técnica
- Reglamento para Sistemas Adicionales

Invertir en forma anticipada



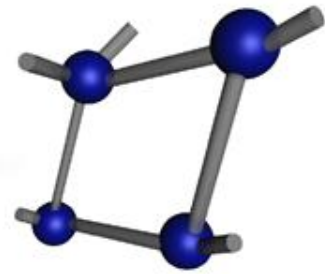
➤ Ventajas

- Permite la conexión de generación “a tiempo” y la convergencia a un menor costo en el largo plazo.
- Permite tener flexibilidad en el STx y evitar dimensionamiento a las necesidades de cada proyecto de generación.

➤ Desventajas

- Requiere mayor inversión inicial.
- Riesgo de capacidad ociosa futura.
 - Puede ser mitigado invirtiendo anticipadamente lo mínimo permitiendo un incremento de capacidad futuro a mínimo costo.
 - Ej: Mayor aislación, espacio extra en estructuras/subestaciones, servidumbre mayor, etc.)
- Agentes no están dispuestos a pagar más de lo que “ahora” necesitan.

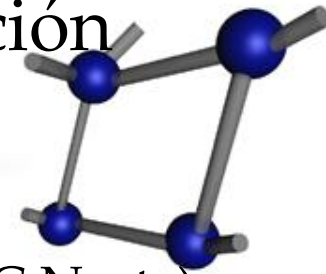
¿Cómo agilizar la materialización de las obras?



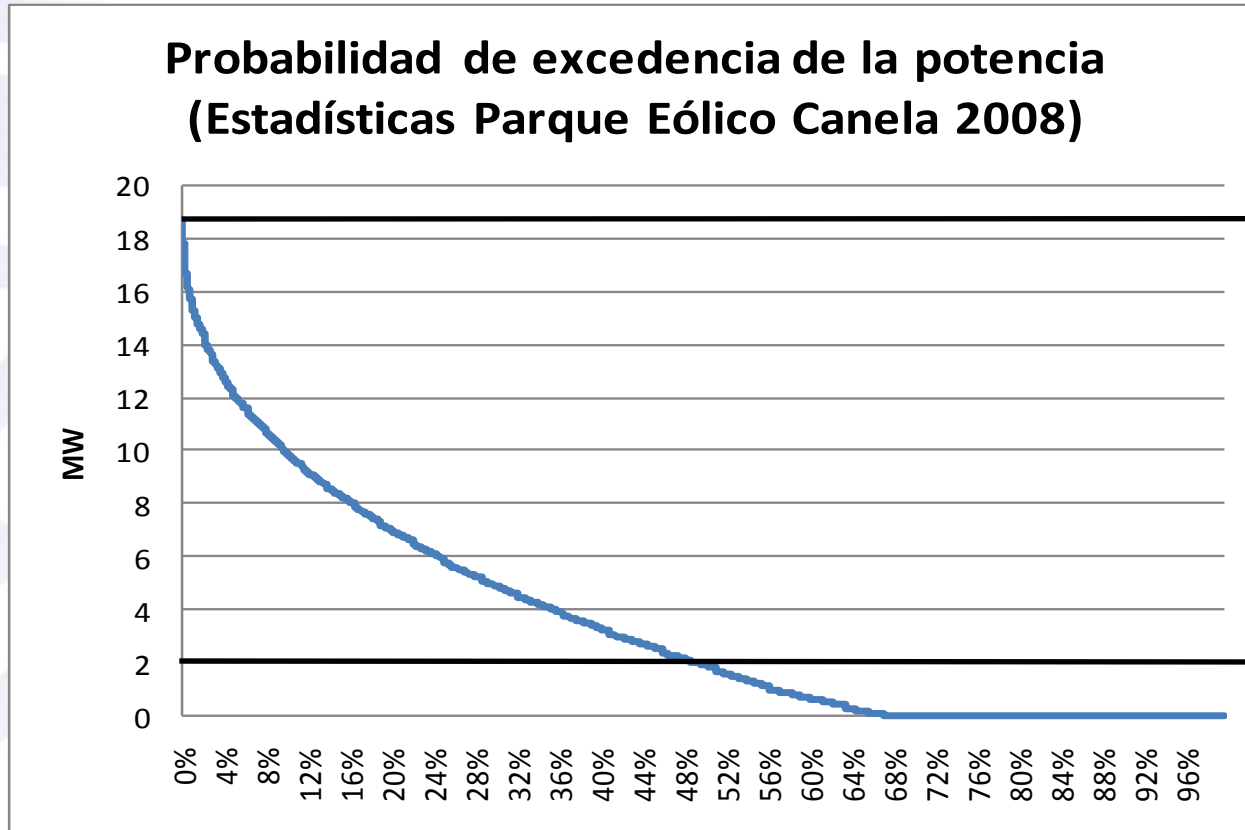
- Plazo del ETT hasta la adjudicación de las obras está demorando más de un año.
 - ❑ Acortar procesos de estudio y aprobación de las obras.
 - ❑ Disminuir intervenciones sobre el proceso ETT realizando revisiones cada 2 años y no anualmente.

- Plazo de materialización de las obras.
 - ❑ Definir estándares para obras de transmisión de forma que se minimice los tiempos de estudios de ingeniería y de aprobación ambiental.
 - Definir previamente conjunto acotado de módulos para líneas y transformadores por nivel de tensión y capacidad de transmisión.
 - Aplicar los diseños modulares a restricciones particulares de cada trazado.

Criterios para el ingreso de generación intermitente



- Nuevos proyectos eólicos (1000 MW en estudio en SIC Norte).

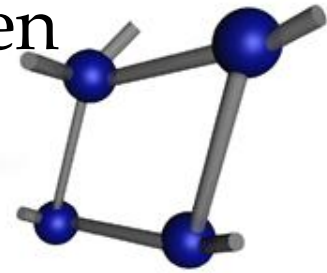


Alta potencia:
exigencia
máxima de uso
de Tx

Baja potencia
media: escaso
factor de uso
de Tx

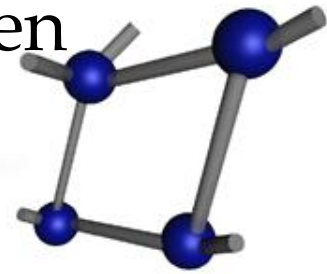
Desafío a expansión, esquemas tarifación y criterios de operación del STx

Ejemplo: Concentración de generación eólica en la zona de Pan de Azúcar y Los Vilos



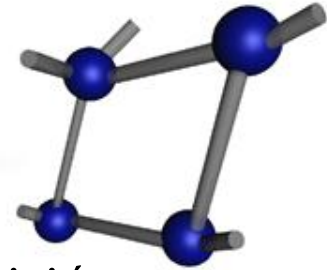
- ▶ Será necesario aplicar algunas medidas operacionales que permita la inyección segura y confiable de proyectos eólicos en la zona norte del SIC.
 - ❑ Reserva en giro de generación local (térmica).
 - ❑ Disminución de generación local (térmica a mínimo técnico) en horas que centrales eólicas aportan potencia máxima.
 - Habida consideración que esta medida se aplicaría por tiempo limitado.
 - ❑ Vertimiento de energía eólica en caso de congestión en el STx con generación térmica a mínimo técnico.

Ejemplo: Concentración de generación eólica en la zona de Pan de Azúcar y Los Vilos



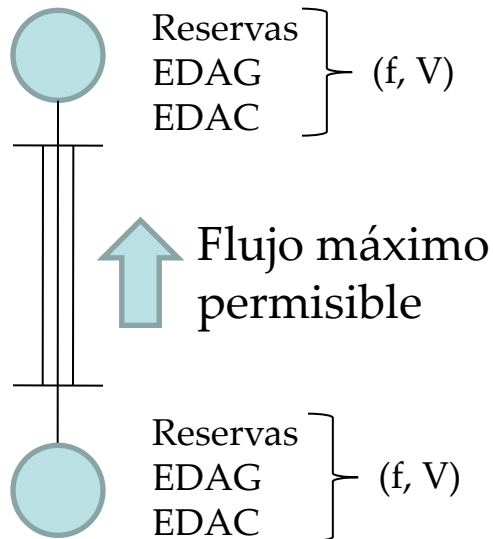
- Existiría un problema técnico de estabilidad de tensión y flujo de reactivos.
 - ❑ En la medida que se masifica la instalación en puntos de conexión cercanos (Pan de Azúcar – Los Vilos)
 - ❑ Según la tecnología de los generadores eólicos.
 - Variaciones del viento en unidades que permiten una limitada 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.
 - ❑ ¿Qué proporción de las unidades eólicas proyectadas corresponden a tecnologías que permiten una limitada variación de velocidad?.

Uso de EDAC y EDAG en planificación

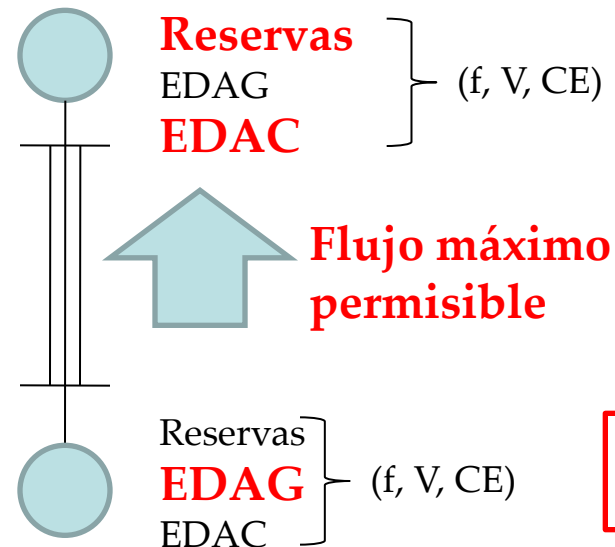


- Desplazamiento de inversiones en líneas de transmisión por soluciones que contemplen una operación más integral y dinámica mediante el uso de EDAC, EDAG (por CE), rating dinámico y distintos tipos de reserva.

Política de operación típica



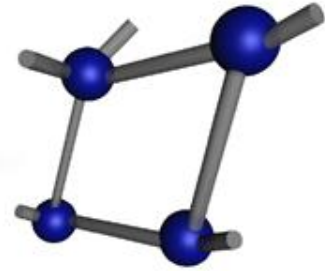
Política de operación aliviando inversión de redes



En rojo
cantidades
significativas

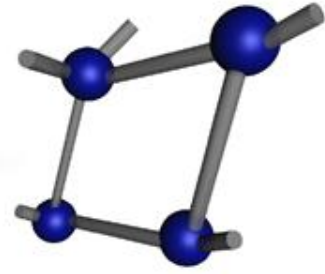
Se puede tener seguridad N-1 sin necesidad de tener capacidad ociosa en transmisión permitiendo aprovechar mejor las líneas existentes y desplazar inversiones

Uso de EDAC y EDAG en planificación



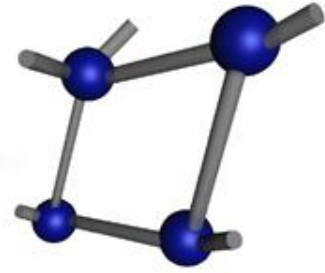
- ▶ Esquemas DAC y/o DAG para contingencias específicas fueron considerados en el ETT.
 - ❑ Sólo permite aplazar inversiones, en ningún caso las reemplaza.
 - ❑ Aquellos agentes beneficiados de la desconexión son los que hacen cargo de los costos que incurren otros agentes.
 - El esquema de tarificación de estos servicios aún está pendiente.
 - ❑ Normativa técnica en desarrollo.

Tabla de contenidos



- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
 - ❑ Marco Regulatorio
 - ❑ Horizonte de Planificación
 - ❑ Riesgo en la Toma de Decisiones
- Conclusiones

Horizonte de Planificación



Corto Plazo:
0-5 años

- Construcción, supervisión y financiamiento de obras, que ya fueron seleccionadas para ser realizadas.

Mediano Plazo:
5-10 años

- Definición de ¿Cuánto?, ¿Dónde? y ¿Cuándo? es el mejor momento para puesta en servicio de instalaciones.

Largo Plazo:
Más de 10 años

- Decisiones estratégicas de expansión que pueden ser: nuevas tecnologías de transmisión, uso de otros niveles de tensión, etc.

Principales Desafíos: Horizonte de Planificación



➤ Desafíos:

❑ ¿En Chile realizamos una planificación de largo plazo?.

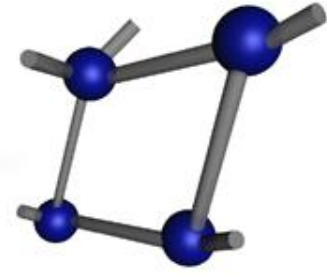
- Que estrategia utilizar? Muchas líneas pequeñas? ó ¿Pocas líneas grandes?

➤ Propuestas:

❑ Realizar un análisis secuencial de expansión del sistema de transmisión.

- Planificación con visión de largo plazo (>10 años) que viabilice la entrada de nuevas tecnologías de transmisión, alternativas de niveles de tensión y permita definir una expansión estratégica del STx.
- Planificación de mediano plazo (5-10 años) para definir obras que cubran adecuadamente los requerimientos de generación y consumo.

Tabla de contenidos



- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
 - ❑ Marco Regulatorio
 - ❑ Horizonte de Planificación
 - ❑ Riesgo en la Toma de Decisiones
- Conclusiones

Principales Desafíos: Manejo del Riesgo



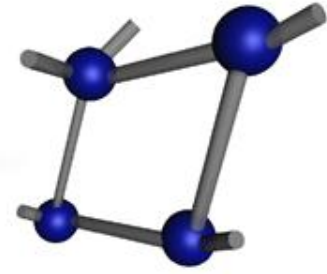
➤ Desafíos:

- ❑ Dificultad de predecir ¿Cuánto?, ¿Dónde? y ¿Cuándo? se desarrollará el mercado de generación.
- ❑ ¿Cómo disminuir la incertidumbre de la conexión de nuevos generadores/consumos?

➤ Propuestas:

- ❑ Ajustar el esquema actual definiendo múltiples planes de expansión generación/consumo y determinar expansiones de transmisión para cada uno de ellos.
- ❑ Definir como obras troncales aquellas que cubren la mayor parte de los escenarios definidos previamente.

Tabla de contenidos



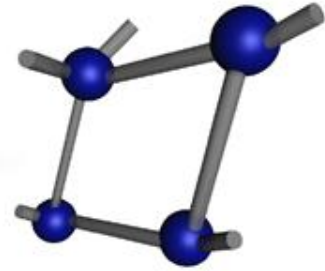
- Motivación
- Experiencia Chilena
- Principales Desafíos
- Conclusiones

Conclusiones



- ▶ La planificación de sistemas de transmisión en escenarios de futuros cambiantes es un tema no resuelto a nivel internacional.
- ▶ Desde el punto de vista regulatorio, la experiencia chilena está bien posicionada, considerando para la expansión del sistemas de transmisión un balance entre seguridad y eficiencia económica.

Conclusiones



- Falta incorporar cambios regulatorios pero son puntuales.
 - ❑ Como se remuneraran tramos del sistemas de transmisión cuyo dimensionamiento debe estar acorde con centrales de alta potencia y bajo factor de planta (caso eólico)
 - ❑ Conexión de centrales en puntos que no existen subestaciones.
 - No está considerado en los decretos.
 - Como se remuneran estas inversiones.
- Algunas materias abordadas por proyecto de reglamento de sistemas adicionales y revisión de norma técnica, aún en curso.

Conclusiones



- ▶ El proceso para definir la expansión del sistema troncal es perfectible. De igual modo parte de la norma técnica que le da sustento.
 - ❑ Más expedito para mejorar la oportunidad de ejecución de las obras en transmisión en relación con el plan de expansión de generación.
 - ❑ Disminuir la frecuencia de la revisión del plan de expansión. (¿bianual?)
 - ❑ Incorporar una visión de más largo plazo, que de espacio a soluciones integrales de menor valor presente de costo.
 - ❑ Uso de estándares de diseño.

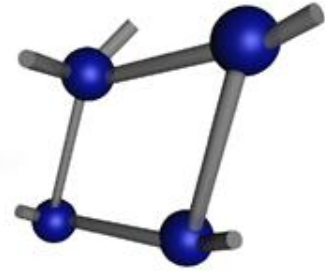
Conclusiones



- ▶ Está pendiente resolver el desafío de incorporar nuevas metodologías para toma de decisiones ante incertidumbre.
 - ❑ Definir planes de transmisión para varios escenarios futuros.
 - ❑ Utilizar herramientas que permitan escoger un plan más robusto, desde el punto de vista de validez y costo, frente a cambio de escenarios.



Imperial College
London



**Hugh Rudnick⁺, Sebastian Mocarquer[&],
Rodrigo Moreno^{*}**

Jorge Moreno, Alejandro Navarro

Pedro Miquel[&]

⁺ Pontificia Universidad Católica de Chile

[&] System Ingeniería y Diseños Chile,

^{*} Imperial College London,