



Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



2º TIEMPO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

## Sesión 4 Eje 1

Modernización de la red y el mercado eléctrico, e infraestructura

Transición hacia un nuevo mercado mayorista y modernización de la operación

# Plan de Descarbonización

25 de enero de 2024



Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile

# Contenido

1

Objetivo  
Sesión

2

Presentación  
Coordinador

3

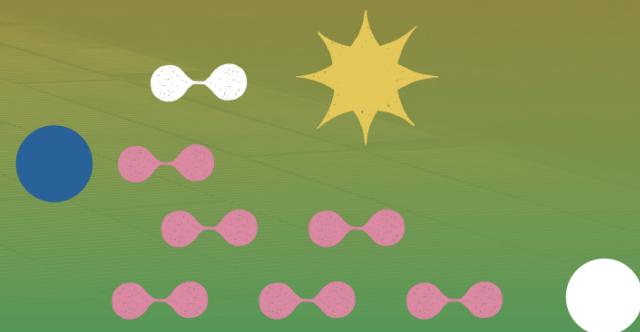
Presentación  
Vinken

4

Presentación  
Centro de Energía

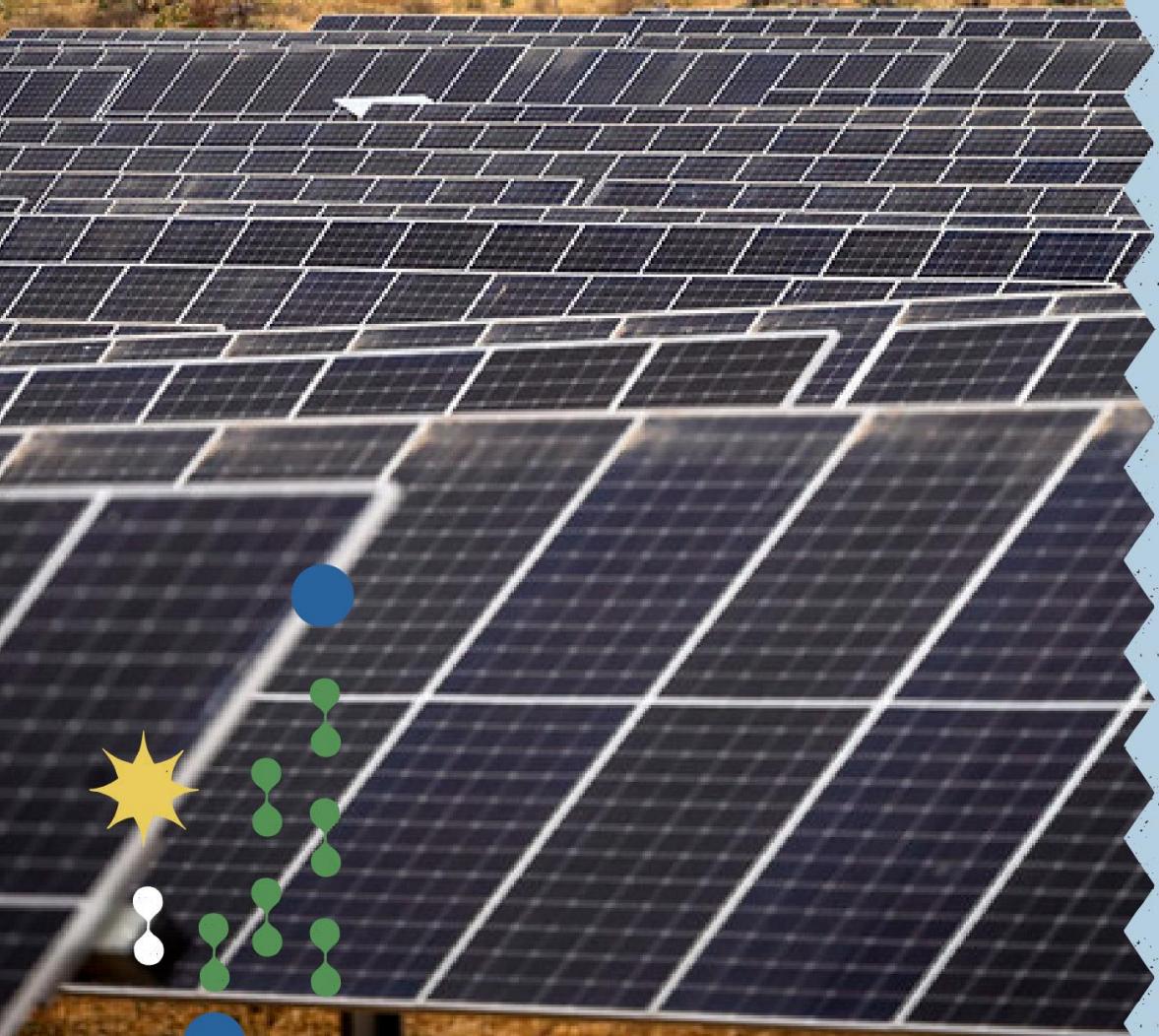
5

Trabajo en grupos  
y conversación



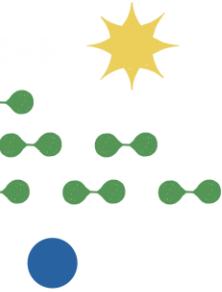


Ministerio de  
Energía  
  
Gobierno de Chile



1

# Objetivo Sesión



# Objetivo

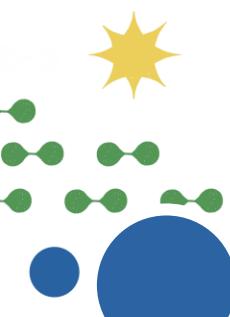


## Objetivo Plan de Descarbonización:

Construcción de una **hoja de ruta para la descarbonización con foco al 2030**, a través de un trabajo técnico y de diálogo estratégico entre actores claves, abordando las condiciones que habiliten una descarbonización acelerada y la reducción progresiva de las emisiones globales y locales del sector eléctrico, **en línea con nuestras metas de mediano y largo plazo de carbono neutralidad**.

## Objetivo Sesión de hoy:

Abrir la conversación en torno al mercado eléctrico de corto y largo plazo, y cómo éstos se deben **adaptar y evolucionar** para permitir las inversiones y desarrollo necesario, además de una adecuada operación, en el marco de metas de descarbonización y carbono neutralidad.



# Ejes Temáticos

## Modernización de la red y el mercado eléctrico e infraestructura

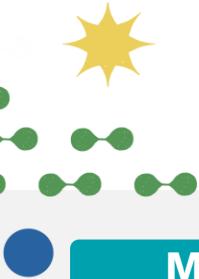
- Transmisión: Acceso abierto y señal de localización
- Transmisión: Planificación de la transmisión, instrumentos para gestión de riesgos y tarificación.
- Mercado Mayorista: energía, potencia, SSCC.
- **Mercado Mayorista: Transición hacia un nuevo mercado mayorista y modernización de la operación**

## Reconversión termoeléctrica y combustibles de transición

- Condiciones habilitantes y metas: gestión climática y ambiental.
- Alternativas de reconversión termoeléctricas: renovables y combustibles mixtos.
- Combustibles de transición.
- Seguridad de abastecimiento.

## Transición Energética Justa y Comunidades

- Planificación Territorial participativa.
- Estándares ambientales y sociales e involucramiento ciudadano.
- Beneficios compartidos.
- Reconversión productiva en zonas de transición



# Mercado eléctrico y Descarbonización

## Metas descarbonización de la matriz

- Gestión de riesgos
- Modernización de la operación
- Impulso a la gestión temporal de energías limpias
- Flexibilidad operacional
- Seguridad de abastecimiento

2050

2030

## Sistema carbono neutral, resiliente y seguro

- Formación de precios señales correctas de escasez, atributos adicionales, externalidades
- Monitoreo y fomento de la competencia
- Señales de inversión adecuadas

- Mercados de Corto y Largo Plazo deben entregar las señales adecuadas para alcanzar los incentivos necesarios en materia de inversión, y contar con una operación segura y eficiente.
- Establecer **medidas de transición** es clave para la migración hacia un modelo de mercado que nos permita alcanzar nuestras **metas de carbono neutralidad y metas intermedias**, como la descarbonización de la matriz energética.
- Asignación de **costos y riesgos**



Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



2

# Presentación

## Coordinador Eléctrico Nacional



SERVIMOS  
A CHILE CON  
ENERGÍA

# Coordinador Eléctrico Nacional

## Contexto Actual de Operación del SEN y Transición Energética

Rodrigo Espinoza V.  
Gerente de Operación

25 de enero de 2024

5 IGUALDAD DE GÉNERO



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



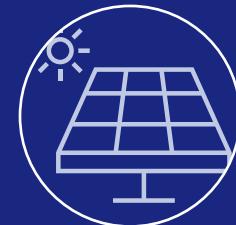
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS





# AGENDA

Desafíos



Acciones



Comentarios finales



5 IGUALDAD DE GÉNERO



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS





# EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN ENTRE ARICA Y CHILOÉ

Tecnología	2023		2022	
	[GWh]		[GWh]	
Solar	16.074,8	19,2%	14.228,1	17,1%
Eólica	9.911,1	11,9%	8.833,7	10,6%
Geotérmica	437,9	0,5%	448,0	0,5%
Termosolar	587,0	0,7%	280,4	0,3%
Biogás	159,2	0,2%	141,4	0,2%
Biomasa	1.806,7	2,2%	1.753,9	2,1%
Carbón	13.983,4	16,7%	19.157,0	23,1%
Cogeneración	407,6	0,5%	278,2	0,3%
Gas natural	9.933,3	11,9%	7.960,8	9,6%
Gas natural argentino	5.521,7	6,6%	7.910,0	9,5%
Hidráulica Pasada	11.497,5	13,7%	11.297,8	13,6%
Hidráulica Embalse	12.446,4	14,9%	9.008,7	10,8%
Diésel	485,9	0,6%	1.474,9	1,8%
Fuel Oil	1,3	0,0%	27,1	0,0%
Petcoke	383,4	0,5%	284,6	0,3%
<b>Total</b>	<b>83.637,1</b>		<b>83.084,6</b>	

63%

De la generación fue  
renovable en 2023.

13%

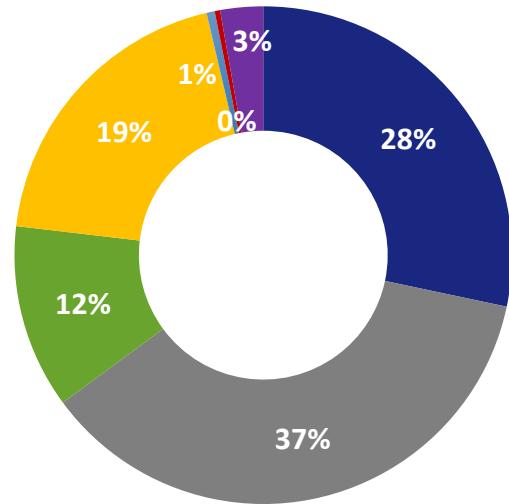
Creció la solar

12%

Creció la eólica

-27%

Bajó la  
a carbón.

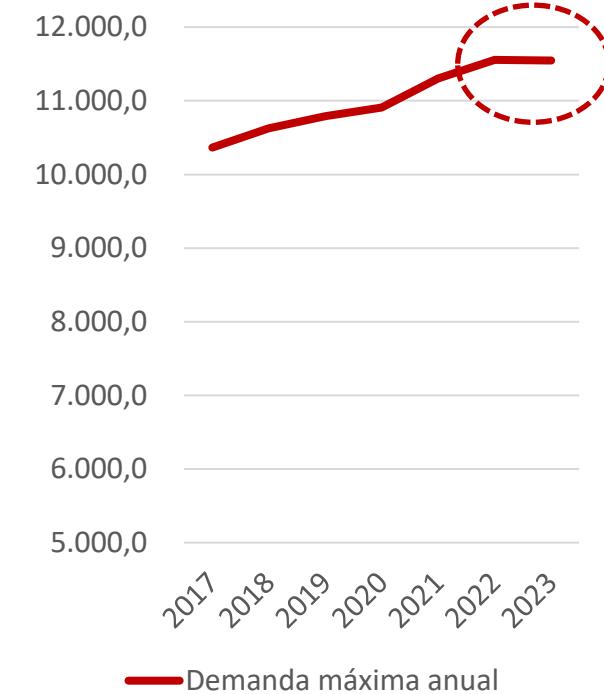


- Hídrica
- Eólica
- Geotérmica
- Otras Renovables
- Térmica
- Solar
- BESS

-0,4%

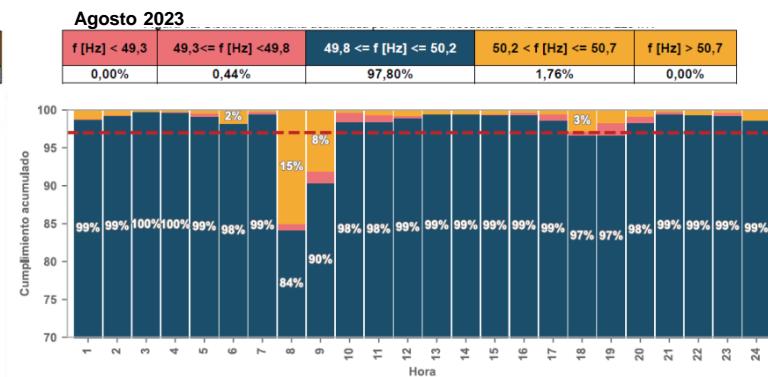
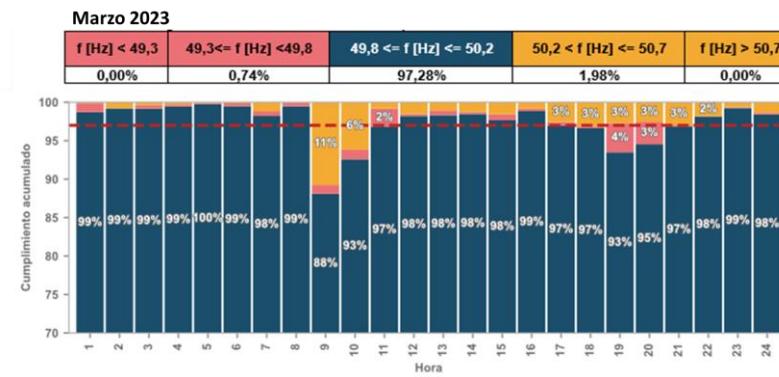
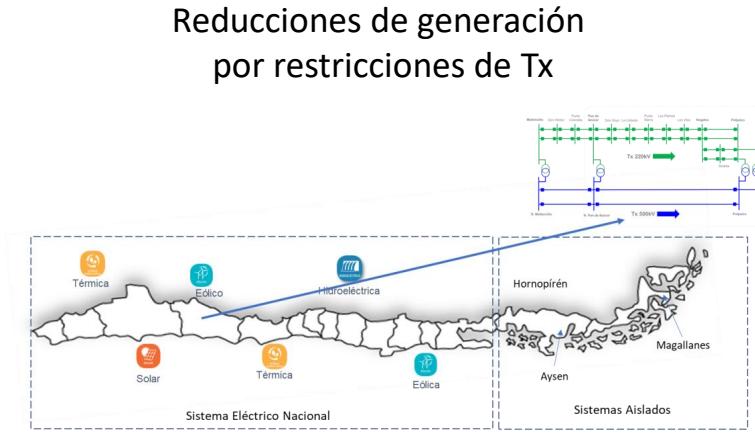
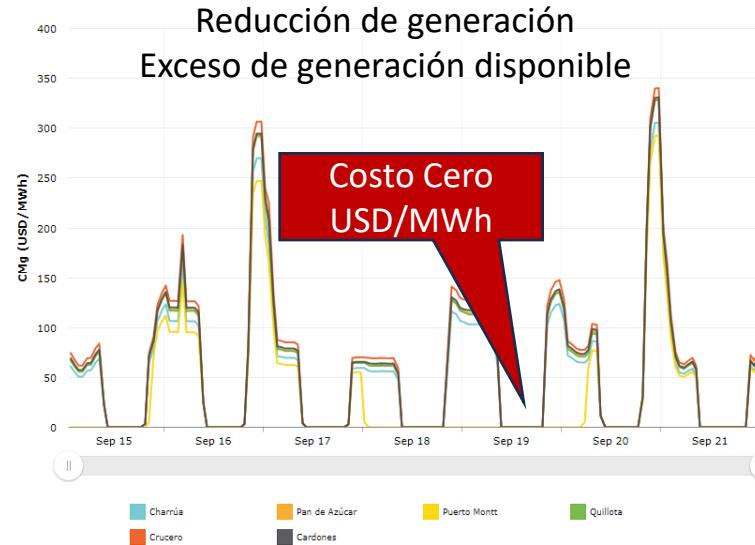
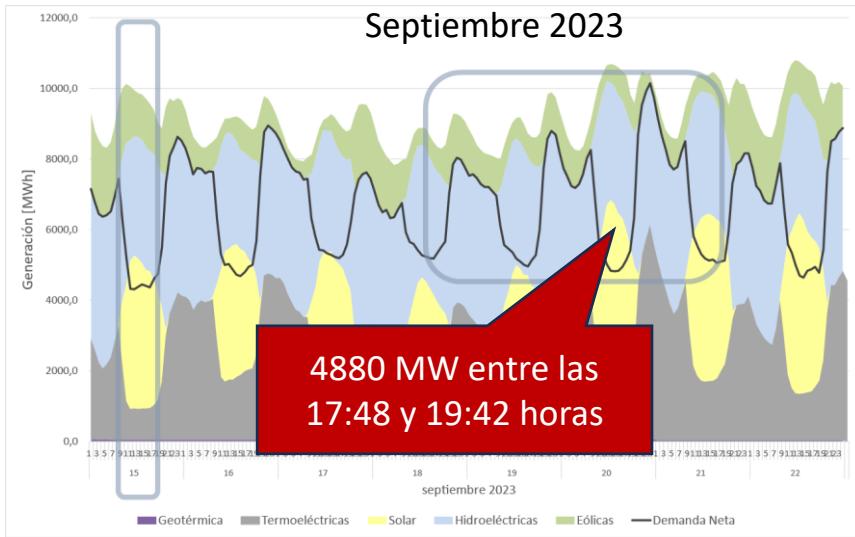
Bajó la demanda máxima

Demanda máxima  
annual (MWh/h)





# DESAFÍOS EN LA OPERACIÓN DEL SEN



## Principales Desafíos Operacionales:

- Seguimiento de **demanda neta** (Mercado de Energía – Costos Auditados)
- **Control de frecuencia** (Mercado de SSCC - Ofertas).
- Gestión de restricciones de Transmisión Nacional y Zonal (PMGD)
- Estudio/Monitoreo/control: **Inercia y fortaleza de Red.**



Reducciones GWh	2022	2023
enero	97	182
febrero	90	147
marzo	77	129
abril	94	125
mayo	36	155
junio	4	105
julio	108	93
agosto	94	218
septiembre	173	307
octubre	278	329
noviembre	222	329
diciembre	198	496
<b>TOTAL</b>	<b>1.471</b>	<b>2.615</b>

- Las Reducciones acumuladas a diciembre llegan a 2.615 GWh (812 GWh eólicas y 1.803 GWh solares).

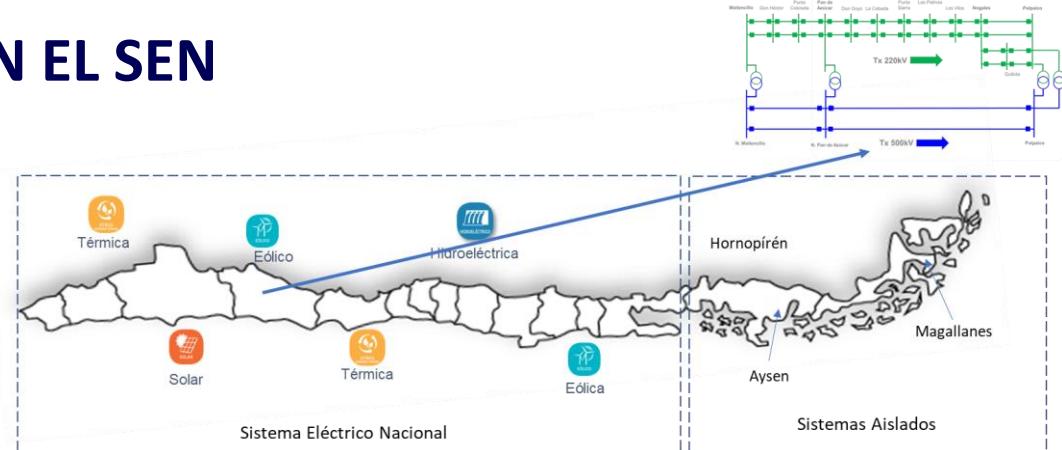
## REDUCCIONES ERV EN EL SEN

**Capacidad Instalada en la Zona Norte (norte de Nogales) a la fecha**

- Solar: 6.765 MW**
- Eólica: 2.782 MW**

**Total zona: 9.548 MW**

**Total SEN → 13.771 MW (Sol+Eo)**



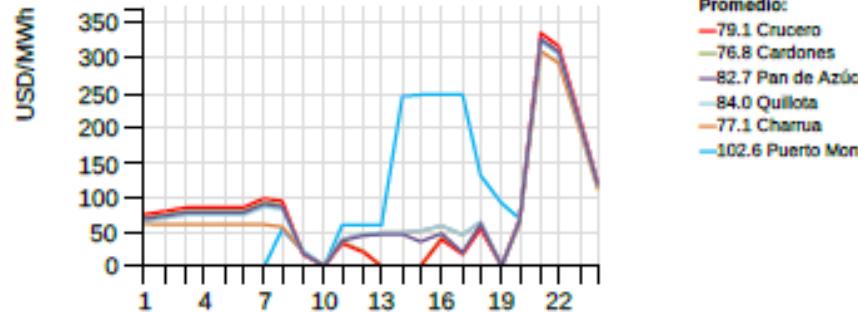
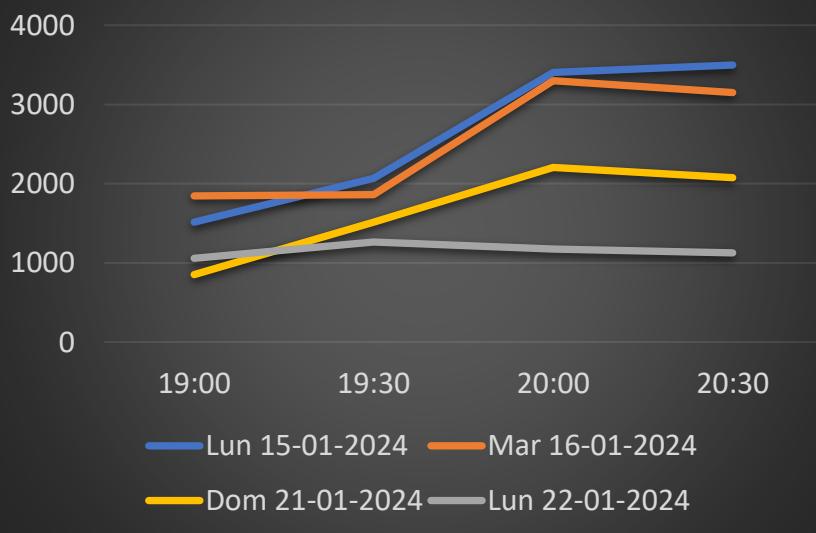
Reducciones GWh por Tx	01/01->31/12	% del Curtailment Total
Solar	822,6	46%
Eólico	346,3	43%
<b>TOTAL</b>	<b>1168,8</b>	<b>45%</b>

Reducciones GWh por Tx	23/06 ->31/12	% del Curtailment Total
Solar	318,7	25%
Eólico	147,0	26%
<b>TOTAL</b>	<b>465,6</b>	<b>25%</b>

Valores preliminares:

[https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/01/Reducciones-de-Energia-Eolica-y-Solar-en-el-SEN\\_Diciembre-2023.xlsx](https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2024/01/Reducciones-de-Energia-Eolica-y-Solar-en-el-SEN_Diciembre-2023.xlsx)

# ¿QUÉ PASÓ EL 22 DE ENERO DE 2024?

**Costo Marginal Real Preliminar (USD/MWh)****Comparación Generación Eólica (MW)****Demanda Máxima (MW), Generación (GWh) y Frecuencia (Hz)**

	Diario			Máximo Anual (*)		
	Lun 22/ene	Dom 21/ene	var%	2024	2023	var%
Máxima Horaria	11954.96	10276.57	16.25	11954.96	11127.98	7.37
Programado		Hora		Real	Hora	
Demandा Máx.	10909.72	16		11954.96	15	9.53
Demandá Punta		-			-	-
Generación Total	233.74	-		252.58		8.06
Frecuencias	Hz	Hora				
Frecuencia Máxima	50.27	08:34:52				
Frecuencia Mínima	49.39	19:56:29				

250.32 GWh

RÉCORD

RÉCORD

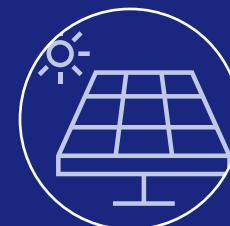
Demandá Máxima (MW)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
10.626	10.793	10.907	11.303	11.590	11.549	

**Generación Solar (MW)**

Día	Hora				Día	Hora			
	19:00	19:30	20:00	20:30		19:00	19:30	20:00	20:30
Lun 15-01-2024	2945	2135	748	143	Lun 15-01-2024	1514	2066	3403	3497
Mar 16-01-2024	2359	1979	747	160	Mar 16-01-2024	1846	1863	3299	3151
Dom 21-01-2024	3085	2219	772	214	Dom 21-01-2024	850	1513	2205	2076
Lun 22-01-2024	3619	2175	831	232	Lun 22-01-2024	1058	1265	1175	1128



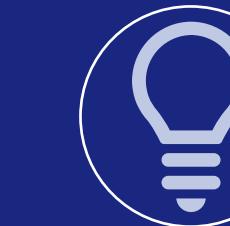
# AGENDA



Desafíos



Acciones



Comentarios finales

5 IGUALDAD DE GÉNERO



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



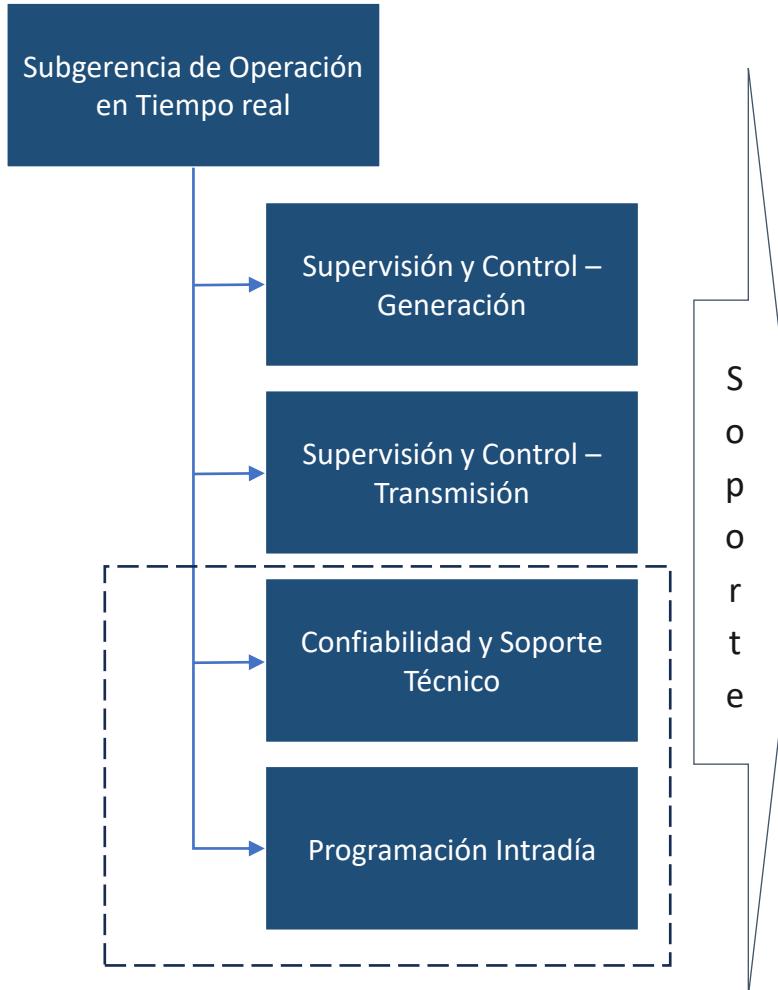
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS





# REDISEÑO Y TRANSFORMACIÓN OPERACIONAL (RETO)

## Centro de Despacho y Control



CDC 1 (8 Despachadores)



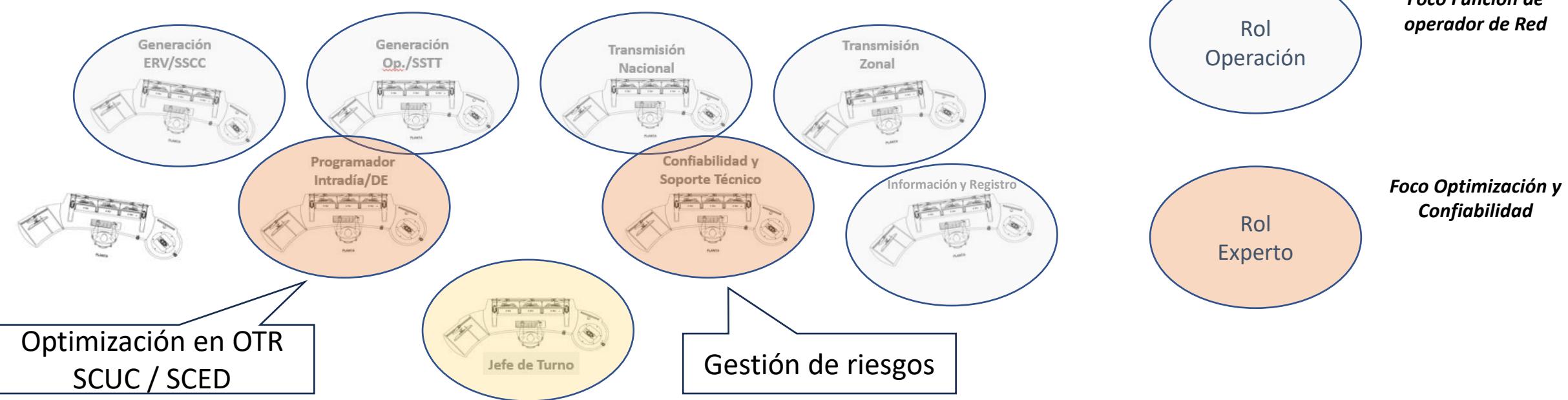
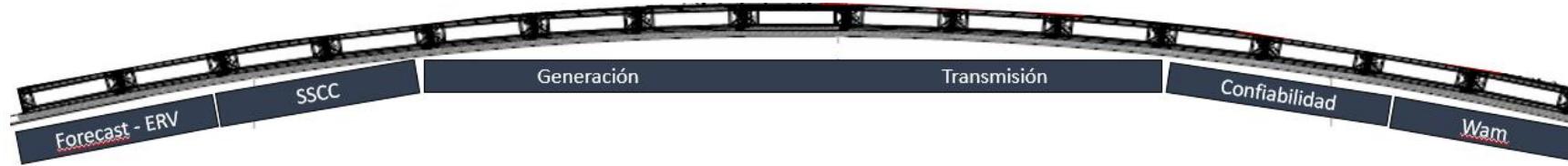
CDC Respaldo (en caliente)



Operación en sitio principal de ENEA y sitio re respaldo (en caliente) ante contingencias



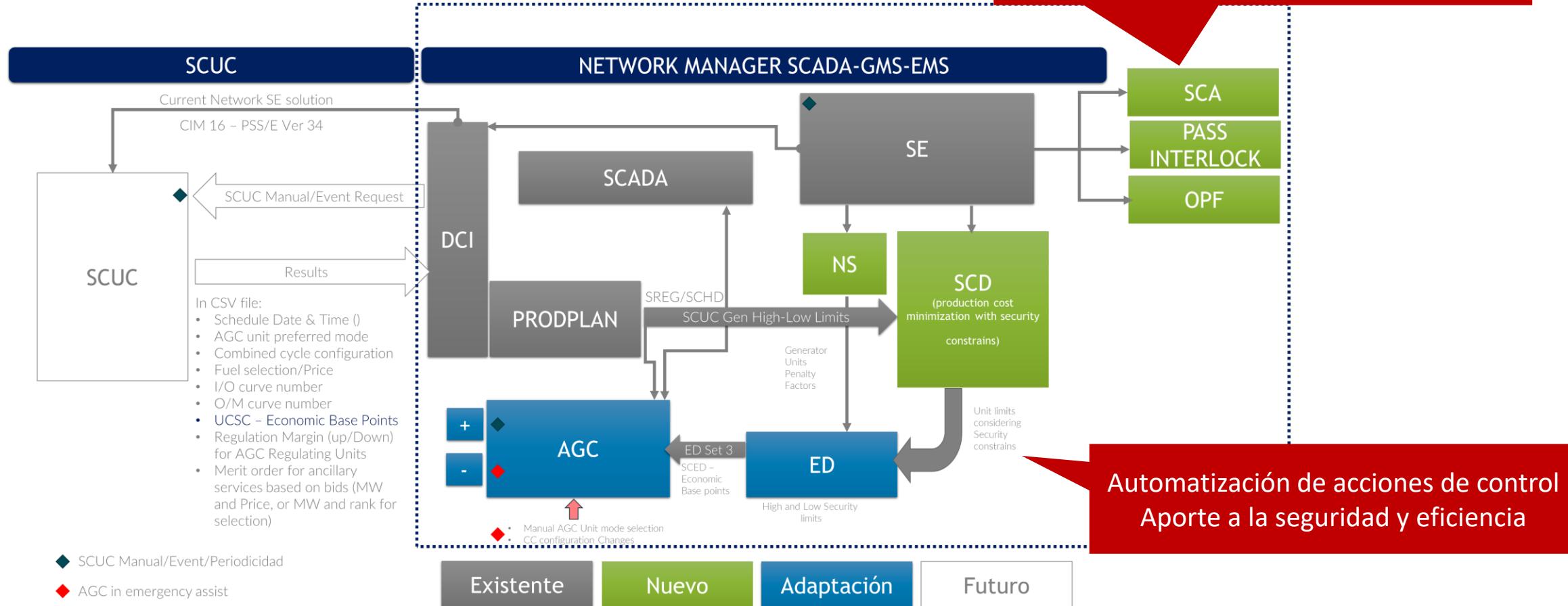
# REDISEÑO Y TRANSFORMACIÓN OPERACIONAL (RETO)



- ✓ Formalización del Cargo de Jefe de Turno (Jun 2021)
- ✓ Definición de roles

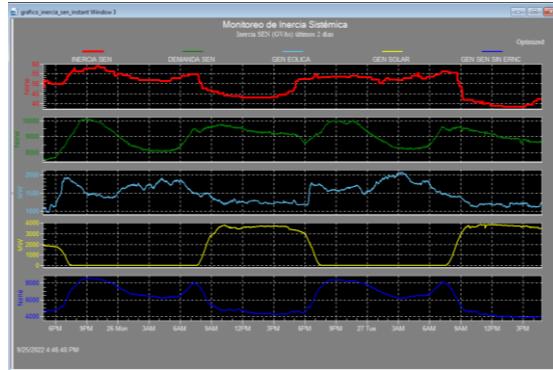


# UP-GRADE EN AUTOMATIZACION DE PROCESOS

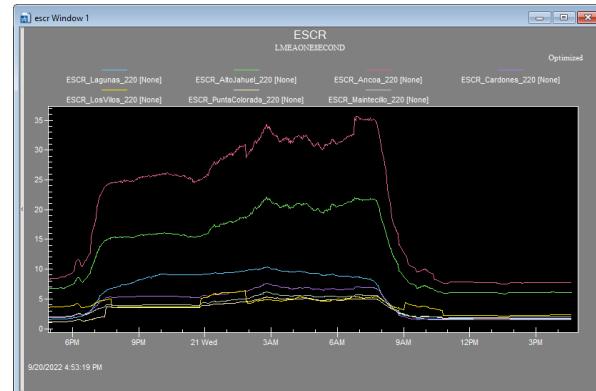


# TRANSITAR DE LA GESTIÓN OPERATIVA A LA GESTIÓN DE RIESGOS

## Monitoreo de Inercia

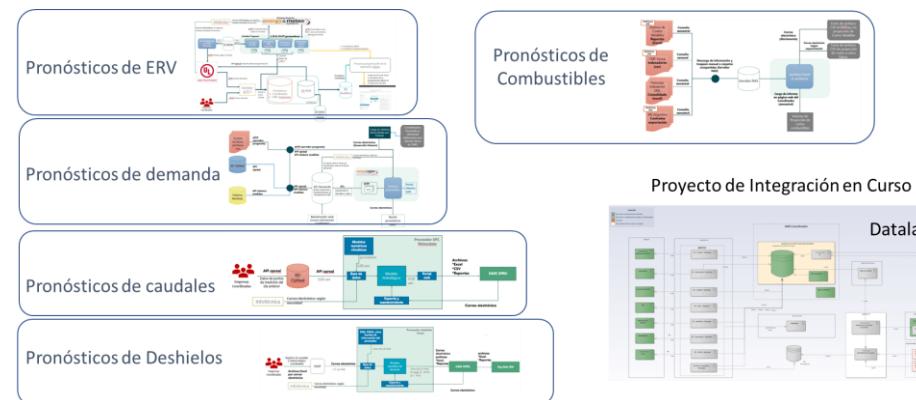


## Monitoreo de Fortaleza de red

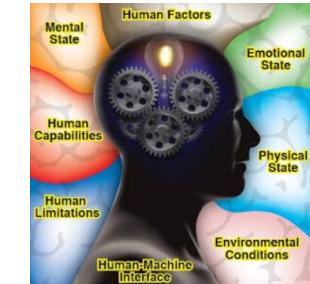


$$ESCR_i = \frac{SCMVA_i}{P_{WFi} + \sum_i (WPIF_{ii} \times P_{WFi})}$$

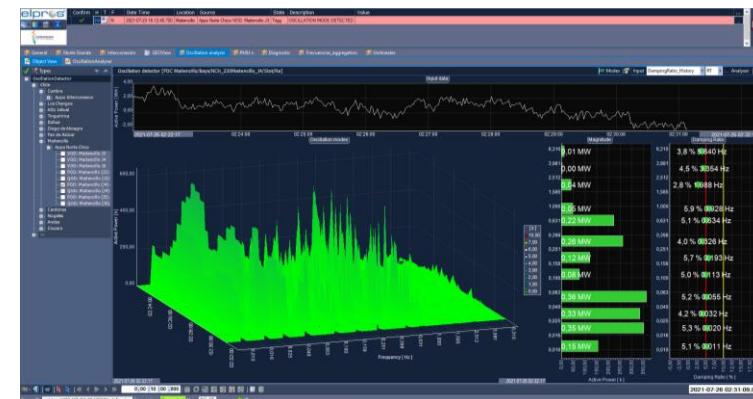
## Pronósticos (IA - ML)



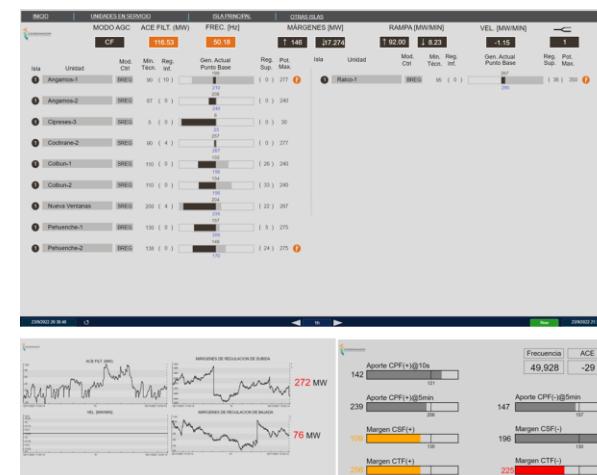
## Mejoras de conciencia situacional



Monitoreo de Oscilaciones - WAM



## Información vs data





## MODELACIÓN, ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS GRID FORMING

### ➤ Colaboración con G-PST (NREL, ESIG, EPRI)

- En septiembre de 2023 el Coordinador firmó un convenio de cooperación con Global PST Consortium.
- Se inició colaboración para la modelación en EMTP de la tecnología GFM:
  - La coordinación de la iniciativa está en NREL.
  - Se trabajará con la EPRI.
  - Se estableció una interacción entre EMTP y la EPRI para efectos de dar acceso al programa EMTP a los especialistas de EPRI.
- Respecto a los requisitos técnicos de IBR en general y GFM en particular, esperamos contar con una primera versión del documento de trabajo durante el segundo semestre de 2024.



NREL  
Transforming ENERGY

EPRI



<https://globalpst.org/>



Who We Are ▾ What We Do ▾ Where We Work Our Impact News & Events Resources ▾ GET INVOLVED



## THE GLOBAL POWER SYSTEM TRANSFORMATION CONSORTIUM

Rapidly accelerating transitions to advanced low emission power systems  
in collaboration with power system operators in all regions

### Founding System Operators



California ISO



ENERGINET

nationalgrid ESO





# PLAN DE TRABAJO A 2030 – INICIATIVAS EN CURSO



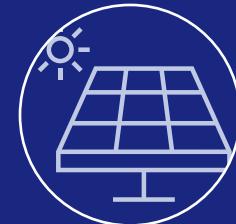
Plan de trabajo con iniciativas orientados a entender la dinámica del SEN bajo nuevos escenarios previstos y determinar condiciones mínimas habilitantes:

- ✓ Perfeccionamiento del mercado – Estudio en curso
- ✓ Modelación detallada EMT de plantas – Inversores
- ✓ Modelación en el dominio del tiempo – Escenarios % ERV
- ✓ Evaluación tecnologías Grid-forming – Piloto – requerimientos de estándares
- ✓ Establecer requerimientos y desarrollar licitaciones
- ✓ Simulación comportamiento de nuevas tecnologías previstas (HVDC)



# AGENDA

Desafíos



Acciones



Comentarios finales



5 IGUALDAD DE GÉNERO



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS





- La transición energética es una ***realidad irreversible y podría acelerarse.***
- Escenarios previstos (***costo cero USD/MWh***) representan una ***oportunidad para el almacenamiento.***
- El almacenamiento aportará a la solución, pero probablemente ***no eliminará el “curtailment” - oportunidad para integración regional.***
- Efectos en el mercado de corto plazo y la necesidad de mayor flexibilidad impulsan un ***perfeccionamiento del mercado*** (ofertas – vinculante – gestión del riesgo).
- Sin seguridad, no hay transición energética exitosa.*** Es necesario anticiparse y entender dinámica futura del SE basada en inversores (Compensación - Gridforming requiere estándar).
- Una ***transición exitosa requiere colaboración*** (Industria - Academia – Expertos).
- ERV debe participar en SSCC y atributos de red*** que permitan disminuir la generación térmica.
- Interconexiones regionales podrían permitir una transición segura y más acelerada.***



COORDINADOR  
ELÉCTRICO NACIONAL

SERVIMOS  
A CHILE CON  
ENERGÍA

# Muchas gracias





Ministerio de  
Energía

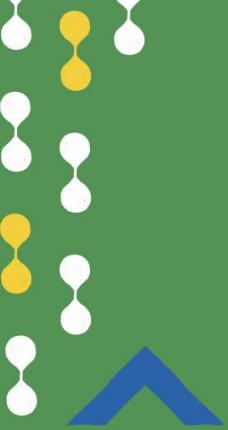
Gobierno de Chile



# 3

## Presentación

### Vinken





**ISCI** INSTITUTO  
SISTEMAS COMPLEJOS  
DE INGENIERÍA

# Reformas al Mercado Mayorista en el SEN: Propuesta de Hoja de Ruta

**Matias Negrete Pincetic**

Departamento de Ingeniería Eléctrica UC

Vinken Dictuc

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)

Presentación preparada para Mesa Descarbonización MEN  
25 de Enero de 2024

# Agenda de la Presentación

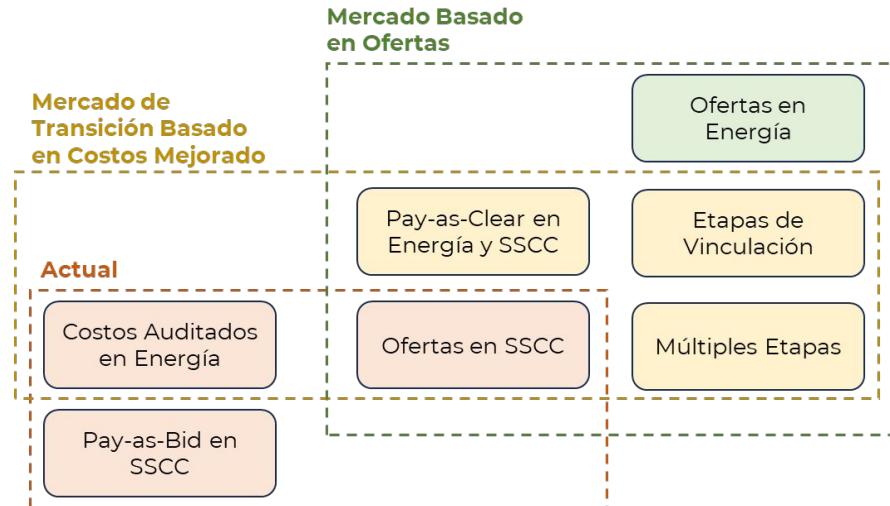
- Visión General
- Elementos Prioritarios para Habilitar la Transición de Mercado
- Detalles Hoja de Ruta para la Transición
- Propuestas de Corto Plazo
- Conclusiones

# **Visión General**

# Propuesta Conceptual de Transición

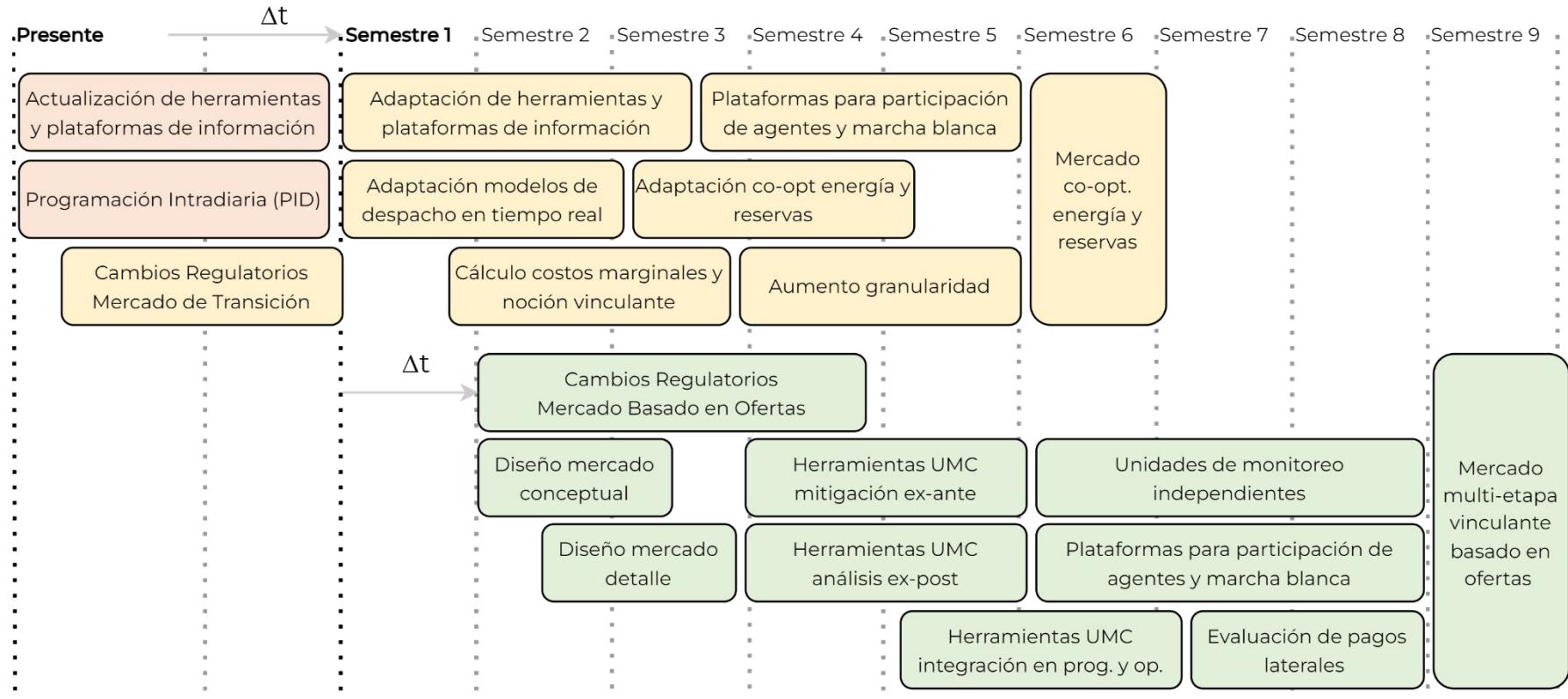
Se propone la transición en dos grandes etapas: **mercado mejorado de costos** y **mercado de ofertas** en energía y SSCC:

- **Mercado de Transición Basado en Costos**  
**Mejorado:** Considera un mercado altamente centralizado, con **costos auditados en energía y precios uniformes tanto para energía como SSCC, considerando etapas de vinculación.**
- **Mercado Basado en Ofertas:** Considera una transición hacia **ofertas en energía y SSCC** en base a mercados nodales de electricidad con al menos una etapa de liquidación vinculante previa, pudiendo considerar etapas de liquidación intradiarias.



MCC son **complementados con modificaciones a mecanismos capacidad sumado a instancias de contratación de largo plazo** como herramientas adicionales para la generación de señales de inversión y el favorecimiento de condiciones de competencia.

# Hoja de Ruta para la Transición

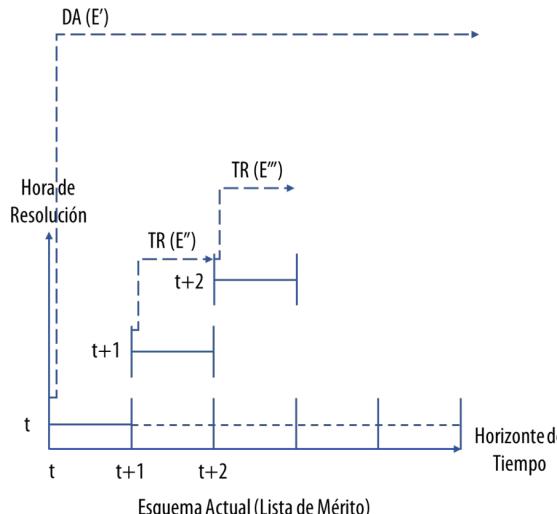
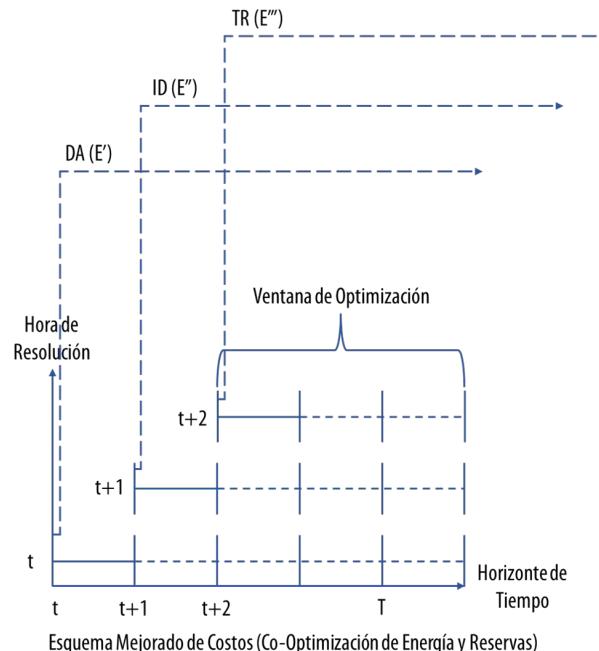


(\*) Donde  $\Delta t$  hace referencia a un período de tiempo adicional producto de la incertidumbre en el inicio de procesos.

# **Elementos Prioritarios para Habilitar la Transición de Mercado**

# Elementos Prioritarios para Habilitar la Transición

- Actualización de herramientas utilizadas por el CEN, para la operación de un sistema con mayor diversidad tecnológica, incertidumbre y variabilidad de corto plazo, **independientemente de cualquier tipo de modificación al diseño de mercado.**



# Elementos Prioritarios para Habilitar la Transición

- Revisión de **alcances y herramientas de unidades de monitoreo** internas como independientes, entregando **mayores atribuciones para un monitoreo proactivo**.
- **Definición de principios claros y su correcta ponderación** frente a modificaciones al diseño de mercado e implementación, destacando la **estabilidad y consistencia regulatoria**.
- Aspectos como:
  - La definición de **diagnósticos claros** con nivel adecuado de **consenso**;
  - **Procesos participativos** con bordes y plazos bien definidos;
  - La **cuantificación de costos y beneficios**, con foco especial en el **impacto sobre consumidores finales**;
  - Y una **mayor coordinación** entre distintas entidades involucradas y claridad sobre la **factibilidad** de implementación de cambios.



---

# POTOMAC ECONOMICS



# Elementos Prioritarios para Habilitar la Transición

- La **evaluación de metodologías para cambios regulatorios** de manera efectiva.
- El **reconocimiento de plazos y recursos necesarios** para la implementación de cambios sujetos a incertidumbre regulatoria, y que requerirán sean planificados y ejecutados con perspectiva de Estado.
- Una **hoja de ruta para actualización del diseño de mercado**, que defina etapas y plazos definidos que permitan una implementación efectiva de los cambios requeridos, y describa **condiciones habilitantes e hitos** necesarios para abordar de manera consistente y coherente los cambios necesarios.



Procesos participativos han guiado la reforma del sector  
Academia, industria y sociedad civil

**DIAGNÓSTICO 2016 - 2018**  
Proceso de recopilación de antecedentes y diagnóstico del sector.

- Talleres participativos de diagnóstico.
- Taller de cierre etapa diagnóstico.

**ESTUDIO DE ACOMPAÑAMIENTO 2019**  
Estudio realizado por Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI) realizando una propuesta de detalle de la reforma.

- Seminario nueva distribución eléctrica en Chile.
- Taller de trabajo sobre nueva distribución eléctrica.
- Mesas Técnicas.
- Seminario de cierre del estudio.

**PRESENTACIÓN 2019 - 2020**  
Exposición de la propuesta a la industria y sociedad civil.

- Consejo de la Sociedad Civil Nacional.
- Consejo de la Sociedad Civil Araucania.
- Reuniones sector.



Mesa de trabajo  
Reglamento de Potencia

Mesa de Trabajo

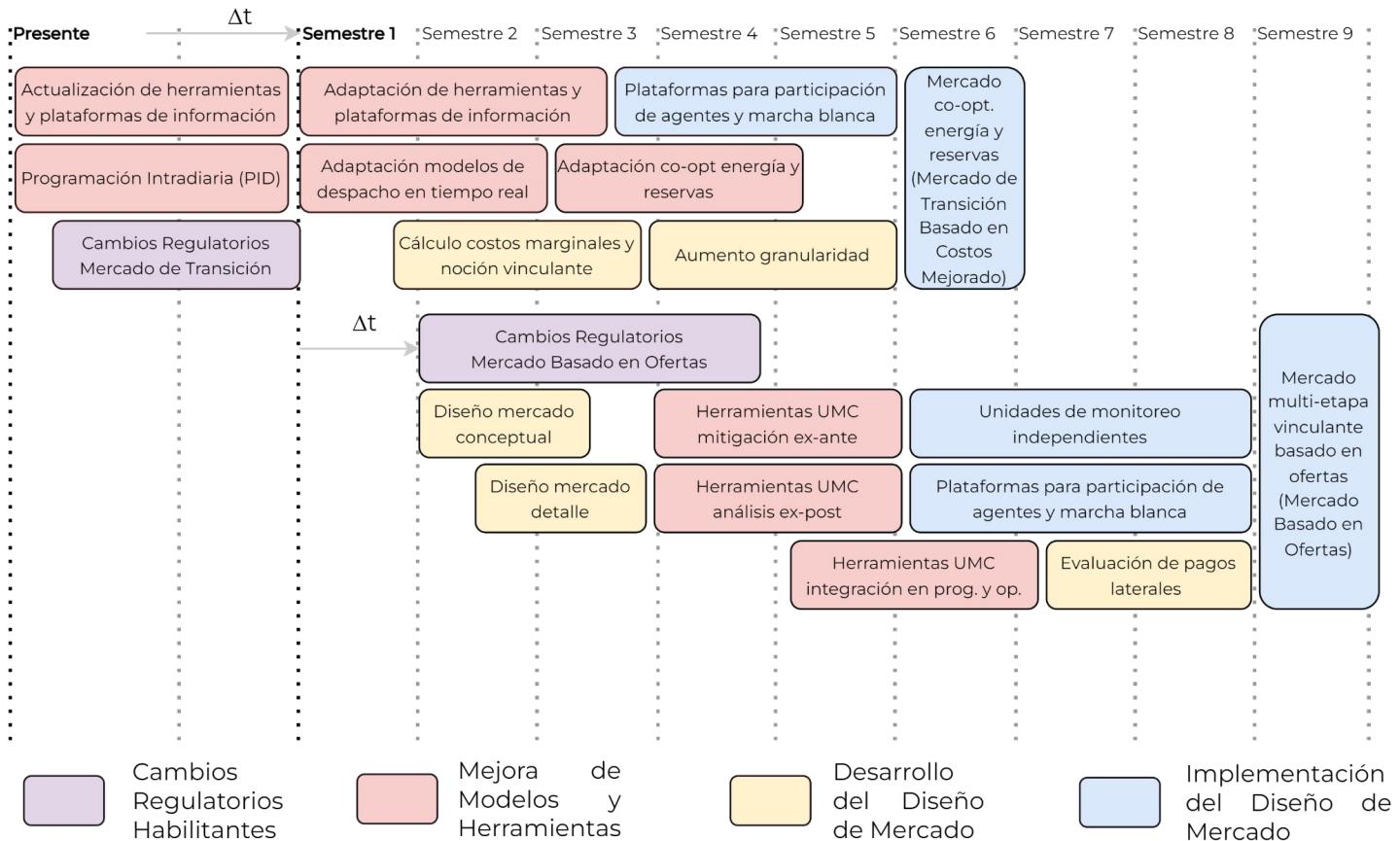
Jornada de Presentación

Plan de Descarbonización

1 de agosto de 2023

# **Detalles Hoja de Ruta para Actualización del Diseño de Mercado**

# Cronología Tentativa para Implementar Cambios



(\*) Donde  $\Delta t$  hace referencia a un período de tiempo adicional producto de la incertidumbre en el inicio de procesos.

# **Mercado de Transición Basado en Costos Mejorado**

# Mercado de Transición Basado en Costos Mejorado

Considera **extensiones naturales al esquema actual centralizado, etapas de vinculación** con **costos auditados** en energía, pero sin inconsistencias entre el mercado de energía y de SSCC, así como elementos de implementación, modelos y herramientas de operación del mercado.

- **Adaptación de Herramientas:** Lo que a nivel de procesos de planificación, programación y operación del SEN requiere de la revisión de al menos:
  - **Modelos de coordinación** hidrotérmica.
  - **Proyecciones** de generación variable y demanda.
  - Metodologías para la **definición y cálculo de requerimientos** de reservas.
  - Herramientas de **monitoreo** de mercado y medidas de **mitigación**.
- **Adaptación de Plataformas de Información:** Asociadas al regulador y operador del SEN, su operación y mercados asociados, considerando la **calidad, consistencia, disponibilidad y accesibilidad** de la misma, así como **documentación complementaria** que facilite su comprensión y análisis.

# Mercado de Transición Basado en Costos Mejorado

- **Adaptación de Modelos de Despacho en Tiempo Real:** Reemplazando el uso de listas de mérito por **modelos de despacho en tiempo real basados en co-optimización** de energía y reservas, lo que puede asociarse a los avances en el proceso de la programación intradiaria (PID).
- **Cálculo de Costos Marginales y Adaptación Co-optimización:** Transicionando hacia un diseño basado en **co-optimización y precio uniforme tanto para energía y reservas**, explicitando el cálculo del costo marginal como la variable dual de los modelos de operación.
- Lo anterior, requiriendo además una revisión de la **naturaleza de los modelos que afectan dichas variables duales**, en función de la evolución de los atributos del sistema eléctrico.
- **Marcha Blanca de Nociones de Vinculancia:** En el proceso de implementar un esquema de **mercado de múltiples etapas de naturaleza vinculante**, se sugiere dar algún **grado de libertad a agentes**, por ejemplo a través de **pronósticos**.

# Mercado de Transición Basado en Costos Mejorado

- Proceso gradual permitirá un aprendizaje de **nuevas dinámicas** de participación, así como el **diseño y adopción de herramientas de monitoreo y mitigación requeridas** para una transición progresiva.
- **Aumento en la Granularidad:** De forma **progresiva en modelos y herramientas de cálculo de procesos** asociados a la programación y operación del sistema, lo que debiera impactar positivamente la **operación eficiente** del sistema, además de **capturar y reconocer de mejor manera el valor de atributos y aportes a la flexibilidad**.

Finalizada la marcha blanca, se concreta una primera transición hacia un **esquema de mercado basado en co-optimización y precios uniformes para energía y reservas con nociones de vinculancia en múltiples etapas**.

# **Mercado Basado en Ofertas**

# Mercado Basado en Ofertas

Nivel en que el **principal elemento diferenciador consiste en que la información de entrada pasa a basarse en una estructura de ofertas** en precio y cantidad por energía.

- **Cambios Regulatorios Habilitantes de un Mercado Basado en Ofertas:** En relación a la **naturaleza de la información de entrada** a modelos y herramientas como información auditada y modificaciones asociadas al ámbito y facultades de unidades de monitoreo, asociados al **diseño conceptual y de detalle** del mercado.
- **Herramientas de la UMC:** En favor de un monitoreo proactivo, **incorporando medidas de mitigación de corto plazo** oportunas y dinámicas, así como la evaluación de **medidas intermedias**.
- **Plataformas para la Participación de Agentes:** La actualización de **plataformas de información y participación**, así como la **educación de los agentes** respecto a las nuevas reglas de mercado.
- En este contexto, y a propósito de agentes que no cuenten con las herramientas y/o recursos humanos requeridos, la **posibilidad de continuar con un esquema de auditoría de costos por tecnología**, las que también puedan servir como referencia para mecanismos de mitigación de ofertas de mercado.

# Mercado Basado en Ofertas

- **Marcha Blanca del Mercado Basado en Ofertas:** Se propone una **adopción gradual** de un mercado basado en ofertas tanto por cantidad como por precio. Esto, en función de diferencias de atributos de tecnologías, y haciendo uso, por ejemplo, de **bandas de referencia** para el monitoreo y mitigación.
- Cualquier posibilidad de realizar ofertas por energía (i.e., tanto en cantidad como en precio), requerirá de la **revisión, diseño y adopción de herramientas de monitoreo y mitigación** adecuadas para ello.
- **Unidades de Monitoreo Independientes:** Evaluar la conveniencia de contar con una entidad independiente y externa al CEN, **sin conflictos de interés** de algún tipo.
- **Evaluación de Pagos Laterales:** Junto a la **maduración** del esquema de mercado, se podrá revisar la necesidad y factibilidad de modificar el esquema de pagos laterales, por ejemplo mediante la modificación de señales marginales (e.g., extended LMP).

**Finalizada la marcha blanca, se concreta la transición total hacia un esquema de mercado basado en ofertas de múltiples etapas de naturaleza vinculante basado en co-optimización y precios uniformes para energía y reservas.**

## **Propuestas de Corto Plazo**

# Análisis Crítico del Esquema Actual de SSCC

- Diseño actual Mercado SSCC en la práctica **no genera rentas**: componente ofertada compensa “costos de desgaste”, pagos laterales compensa costos oportunidad, sobrecostos, etc.
- Teóricamente el **único espacio** para rentas podría darse por: deficiente cálculo de “costos de desgaste” y/o componente adicional sobre costos de desgaste en precio máximo.
- En ambos casos rentas debiesen ser **despreciables**.
- El esquema actual al pagar solamente costos resultaría, por diseño, en los **costos más bajos para la provisión de SSCC**.
- No obstante, esto es **solamente en el corto plazo** bajo el supuesto que tecnologías no dependen de fuentes de ingreso adicionales a energía.

# Análisis Crítico del Esquema Actual de SSCC

- Este esquema asume que **tecnologías rentan por participación** en otras instancias del mercado y que la participación en SSCC solamente debe compensar costos adicionales y/o costos de oportunidad. Lo cual podría ser un esquema válido para un parque de generación con tecnologías convencionales. y/o donde SSCC no sean un recurso escaso.
- No obstante, el esquema actual **no está alineado con una visión de descarbonización** y **compensación adecuada** para la inversión y operación de **tecnologías flexibles**.
- Dichas tecnologías, como almacenamiento, requieren una **multiplicidad de fuentes de ingresos** (*revenue stacking*) dado que ingresos por **energía no son suficientes**, y tienden a diluirse frente al ingreso de mayor almacenamiento.

# Análisis Crítico del Esquema Actual de SSCC

- Diversos estudios de expansión eficiente del SEN muestran la **necesidad** de tecnologías como almacenamiento.
- Adicionalmente, esos mismos estudios muestran la **relevancia** para la prestación eficiente de SSCC de almacenamiento (e.g., >90% provisión de SSCC por BESS).
- Por lo tanto, es **crítico contar con un diseño de mercado** apropiado para generar incentivos adecuados de inversión en estas tecnologías. **Lo anterior en el mediano y largo plazo se abordaría con una reforma amplia del diseño de mercado.**
- No obstante, en el **corto plazo es urgente modificar** el diseño del mercado de SSCC de tal forma de ir generando **señales de inversión** mejoradas a tecnologías necesarias para un operación segura y eficiente del SEN.
- Modificaciones al **esquema de remuneración** y evaluar **incorporación de nuevos productos** asociados a atributos de flexibilidad.

# Espacios de Modificación al Mercado de SSCC

- La regulación actual deja espacio para un **amplio número de propuestas respecto al esquema de remuneración** pues requeriría una modificación solamente a nivel de Resolución Exenta de la definición del **Valor Adjudicado**.
- Lo anterior se **ejemplifica** al comparar el **diseño inicial** donde se pagaba explícitamente solamente lo ofertado, hasta el **diseño actual** donde la remuneración incluye una parte asociada a lo ofertado, sumado a pagos laterales de costos de oportunidad, sobre costos, etc.



# Posibles Modificaciones al Mercado de SSCC

- **Definición de Costos de Oportunidad para Nuevas Tecnologías**
  - Requiere **definir una metodología para el cálculo del Costo de Oportunidad (CO) de ESS** por la provisión de Disponibilidad y Energía para SSCC.
  - **No resuelve el problema de rentas** en SSCC (sí restablece posibles rentas de energía).
  - Implementación sencilla en función de cálculos ex-post.
- **Precios Máximos Uniformes**
  - **Requiere definición de CO para ESS.**
  - Precios máximos uniformes entregarían **mayores grados de libertad a agentes para internalizar costos** no considerados en definiciones hechas por el CEN.
  - No obstante, **podría tener un impacto en el despacho eficiente** del sistema bajo el supuesto que no hay modificación a esquema de remuneración (componente oferta **pay-as-bid**).
  - **Permitiría capturar cierto nivel de rentas**, pues agentes flexibles podrían recibir ingresos por sobre sus “costos de desgaste”.
  - Implementación directa.

# Posibles Modificaciones al Mercado de SSCC

- **Definición de Pagos Laterales**
  - Implementación directa (considerar diseño original del mercado).
  - **Componentes que no se pagan lateralmente debieran ser internalizadas** en ofertas.
  - **Puede tener un impacto en despacho económico** (similar al diseño original).
  - Teóricamente **podría generar rentas** si agentes logran estimar la unidad marginal.
  - **Monitoreo y mitigación** (precios máximos) requiere de **mayor sofisticación**.
- **Remuneración Precio Uniforme**
  - **Requiere definición de CO por Activación** (CO por Disponibilidad internalizados).
  - Precios resultan de la programación utilizando variables duales ya evaluadas y un esquema **precio uniforme generando rentas**.
  - Se tienen **incentivos a declarar “costos de desgaste”** y se **asegura un despacho eficiente**.
  - **Esquema remuneración de 2 etapas: Disponibilidad** en base a la programación + **Activación** en base a la OTR en mercado de Energía (Actual).
  - **Precios máximos podrían ser similares** al Esquema Actual.

Primer paso hacia un **mercado consistente de Energía y SSCC basado en co-optimización y precio uniforme**, elemento central en diversas propuestas de mejora al diseño de mercado.

# Posibles Modificaciones al Mercado de SSCC

Menor integración de ESS a 2030 podría repercutir en los ingresos/costos del mercado de SSCC.



# Conclusiones

# Conclusiones

- Transición hacia un **mercado mejorado de costos** como condición necesaria para una siguiente etapa asociada un **mercado de ofertas** (en energía y SSCC).
- **Proceso gradual de varios años** desde el **mercado actual** manteniendo elementos y buenas prácticas hacia un **mercado mejorado basado en costos auditados** (foco: herramientas) y finalmente un **mercado de ofertas para energía y SSCC** (foco: monitoreo y mitigación).
- Mejoras a mercados de corto plazo deben **complementarse** con modificaciones a mecanismos de capacidad complementados con otras instancias para contratación de largo plazo (Mercados híbridos competencia por y en el mercado).
- Dados los plazos asociados a cambios mencionados, en el **corto plazo es relevante modificar** el diseño del mercado de SSCC de tal forma de ir generando **señales de inversión** mejoradas a tecnologías con atributos necesarias para un operación segura y eficiente del SEN.
- Opciones de modificaciones al mercado de SSCC incluyen: modificaciones al **esquema de remuneración** y evaluar **incorporación de nuevos productos** asociados a atributos de flexibilidad.

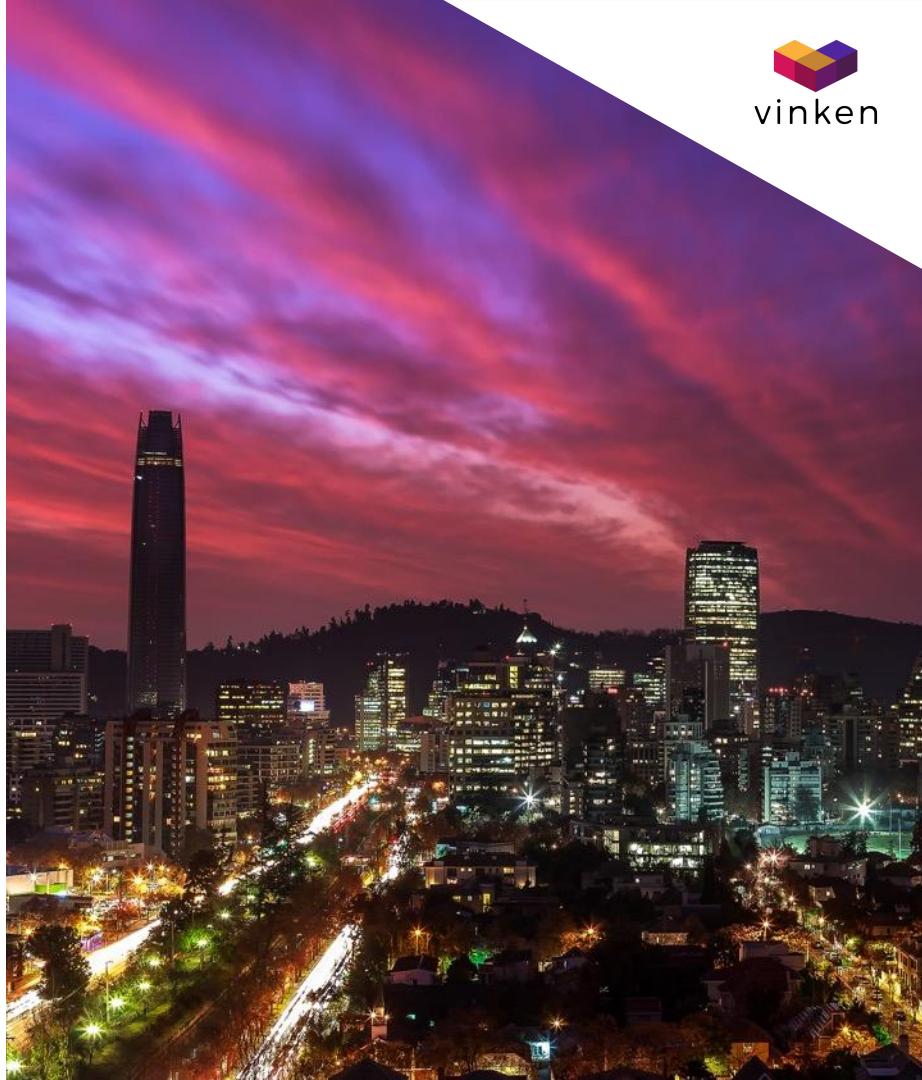
# Estudios Previos

## Study to Assess Chilean Electricity Market Competitiveness Under a Bid-Based Pricing Scheme and Measures to Transition to this Scheme

### Reporte Final

25 de Agosto de 2021

Reporte preparado por Vinken Dictuc para  
The World Bank Group



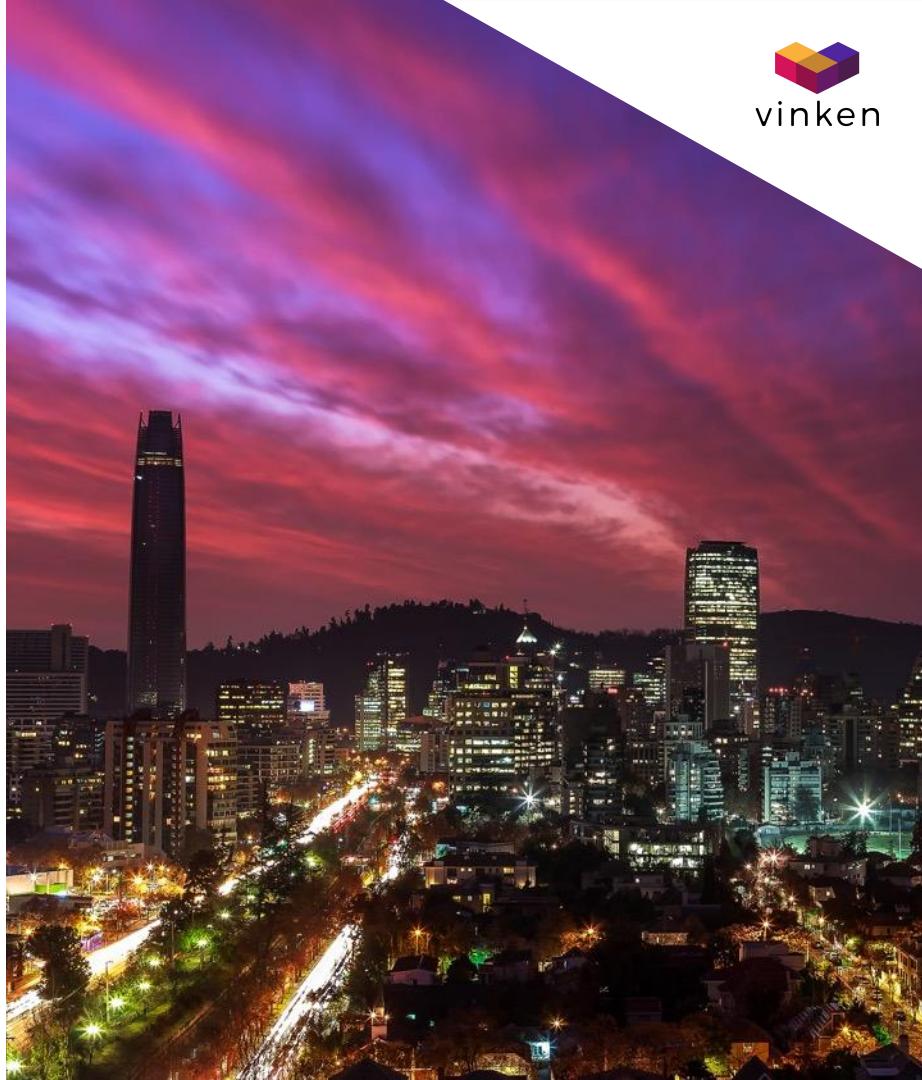
# Estudios Previos

Diseño para el perfeccionamiento del mercado  
eléctrico nacional en la transición hacia  
esquemas de ofertas incorporando señales de  
flexibilidad y nuevos agentes participantes

## Informe Final

27 de Diciembre de 2021

Informe preparado por Vinken Dictuc para la  
Comisión Nacional de Energía



# Estudios Próximos

## Informe Final

Diseño de detalle para el perfeccionamiento del mercado eléctrico nacional en la transición a un mercado de ofertas

preparado por Vinken-Dictuc  
para la Comisión Nacional de Energía



**Muchas Gracias**



**ISCI** INSTITUTO  
SISTEMAS COMPLEJOS  
DE INGENIERÍA

# Reformas al Mercado Mayorista en el SEN: Propuesta de Hoja de Ruta

**Matias Negrete Pincetic**

Departamento de Ingeniería Eléctrica UC

Vinken Dictuc

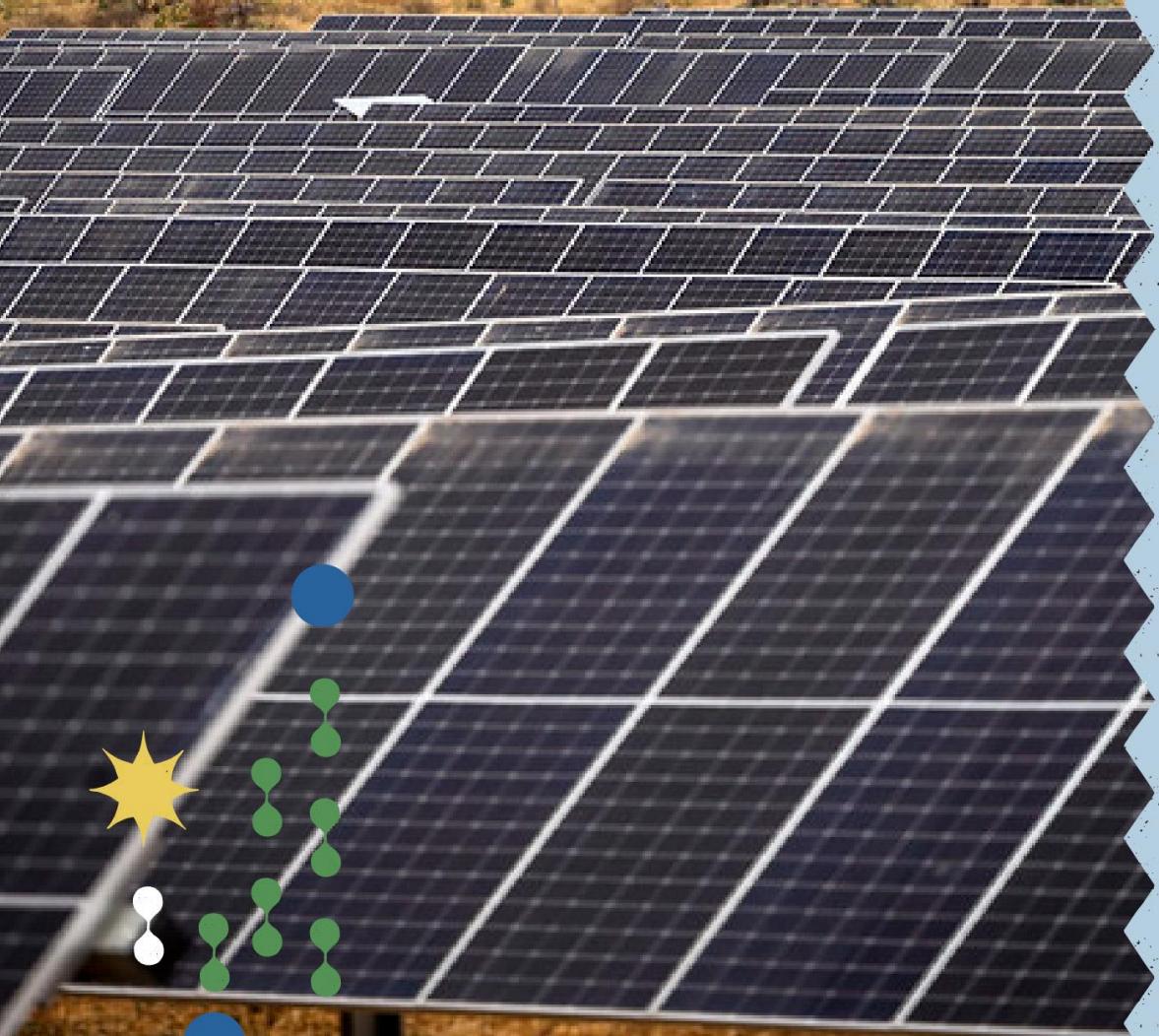
Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)

Presentación preparada para Mesa Descarbonización MEN  
25 de Enero de 2024



Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



4

## Presentación

### Centro de Energía





# Análisis comparativo de mercados mayoristas

Rodrigo Palma Behnke  
[rodpalma@cec.uchile.cl](mailto:rodpalma@cec.uchile.cl)

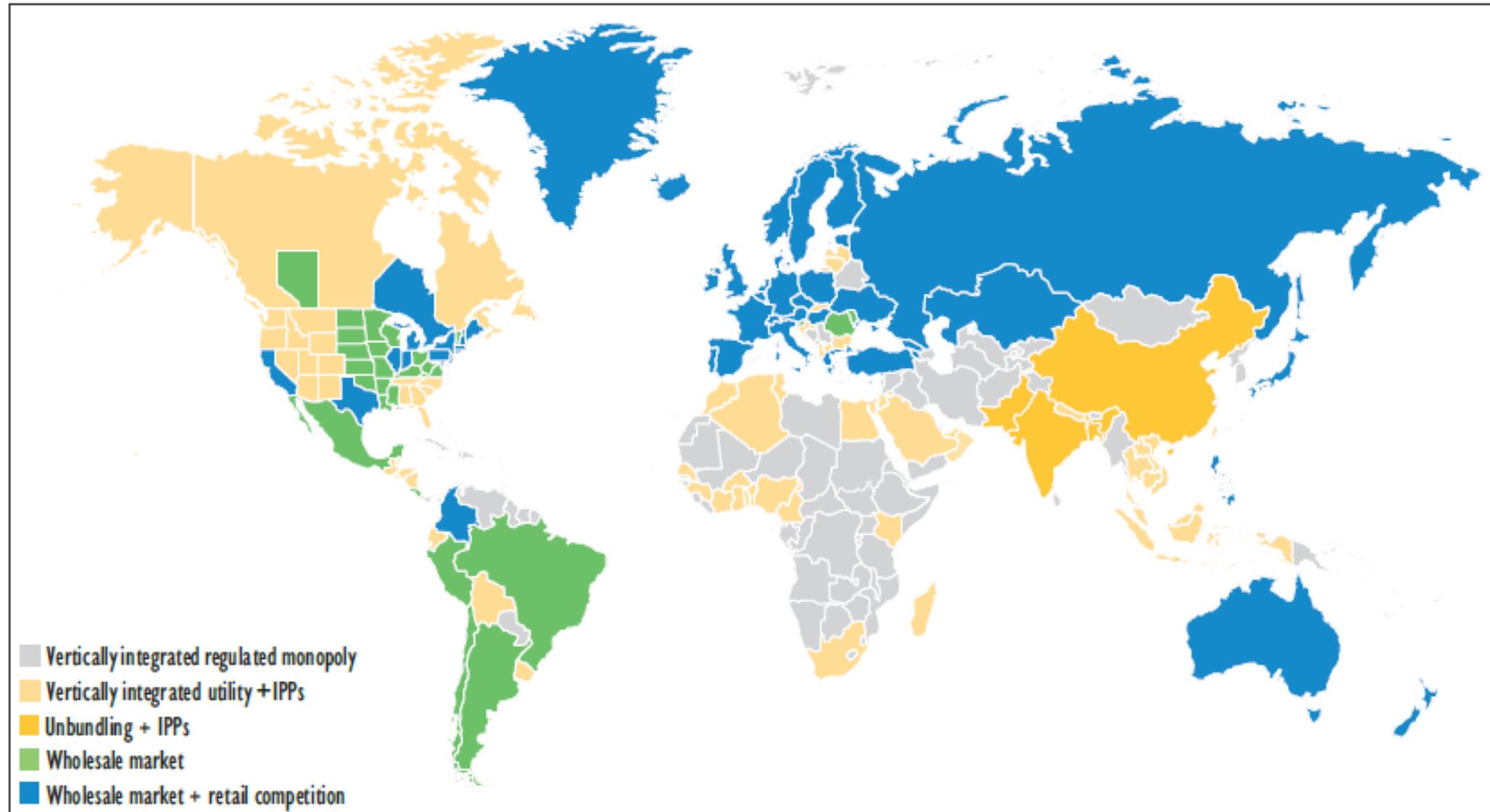
Enero 2024

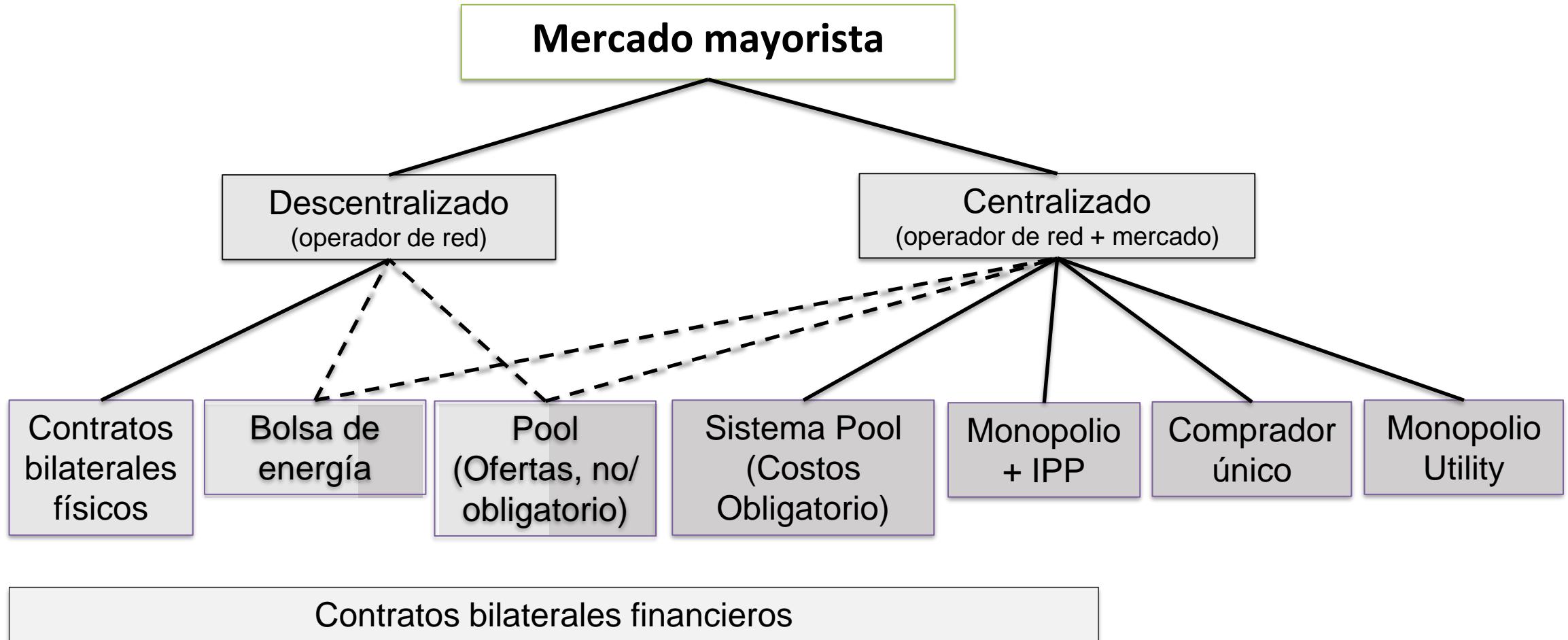


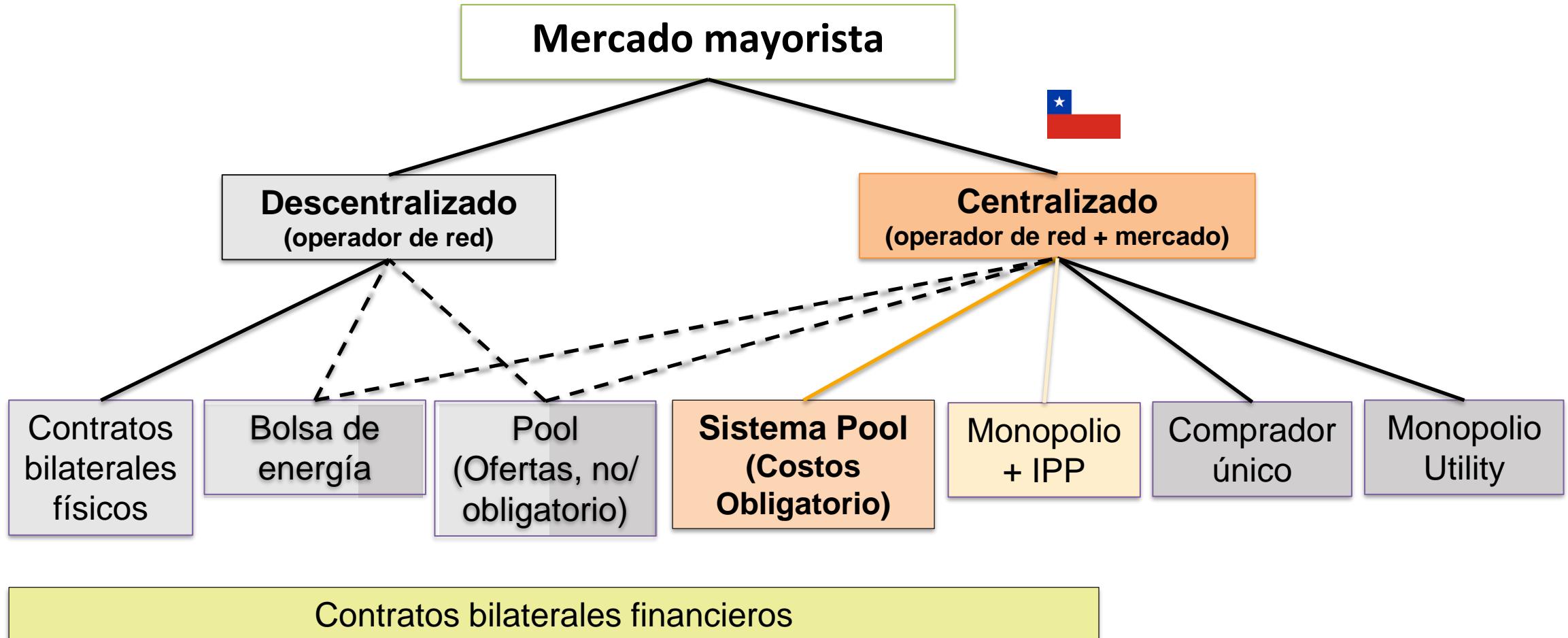
# Cronología de los Sistemas Eléctricos Competitivos



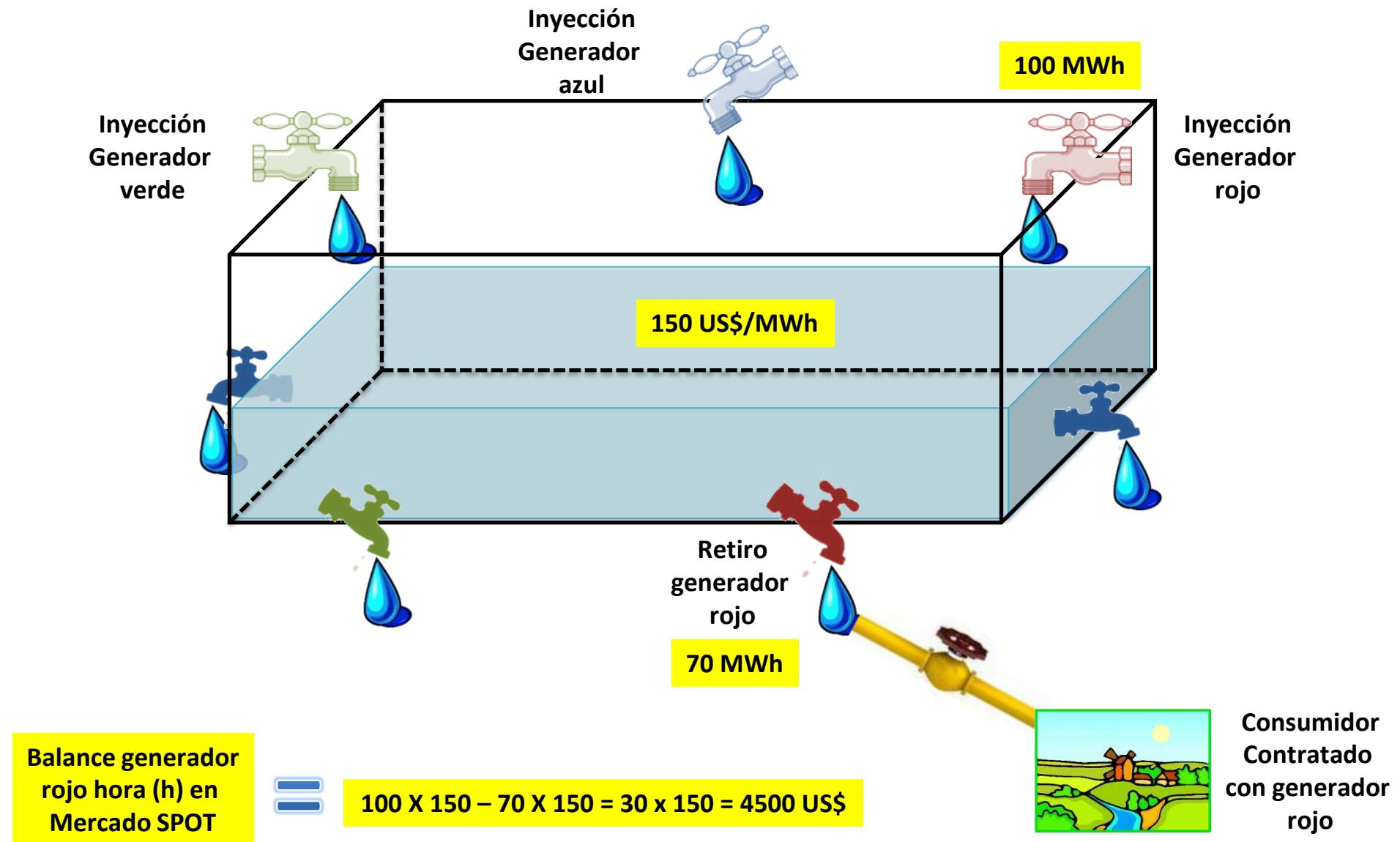
# Visión internacional del desarrollo de los mercados eléctricos



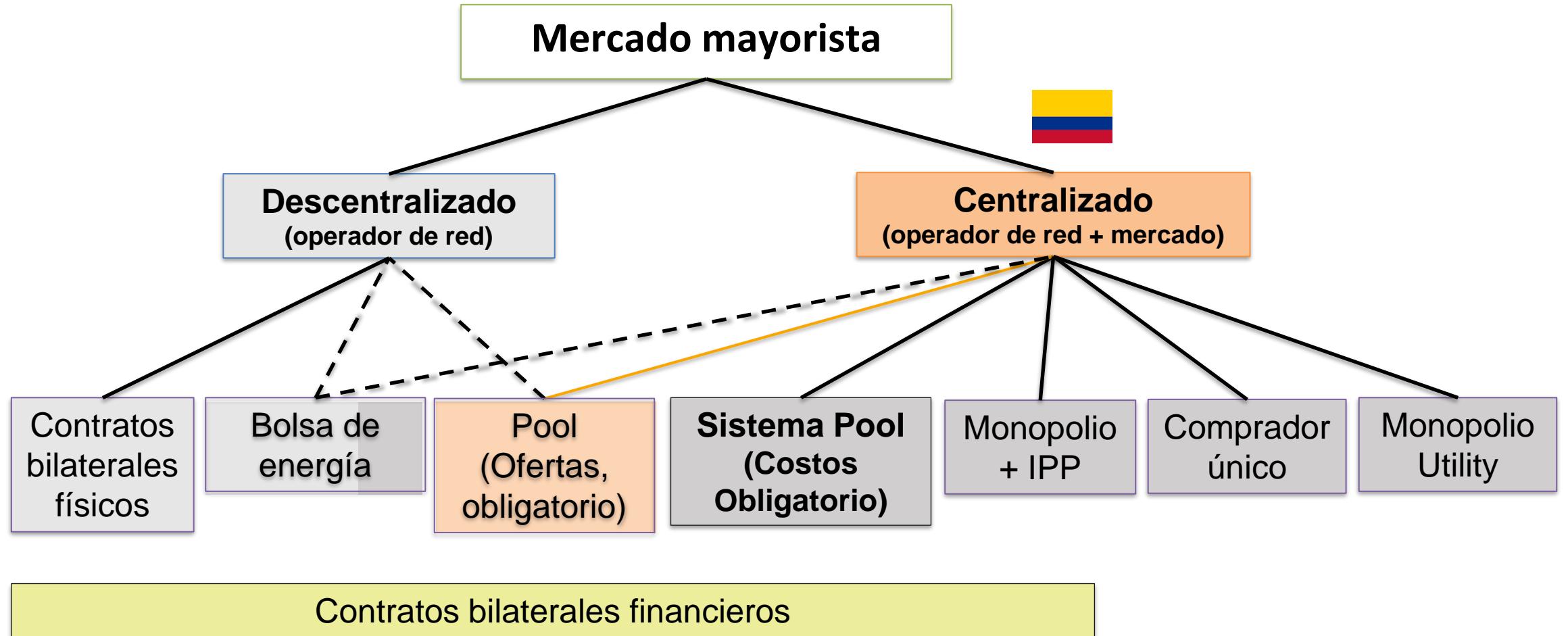


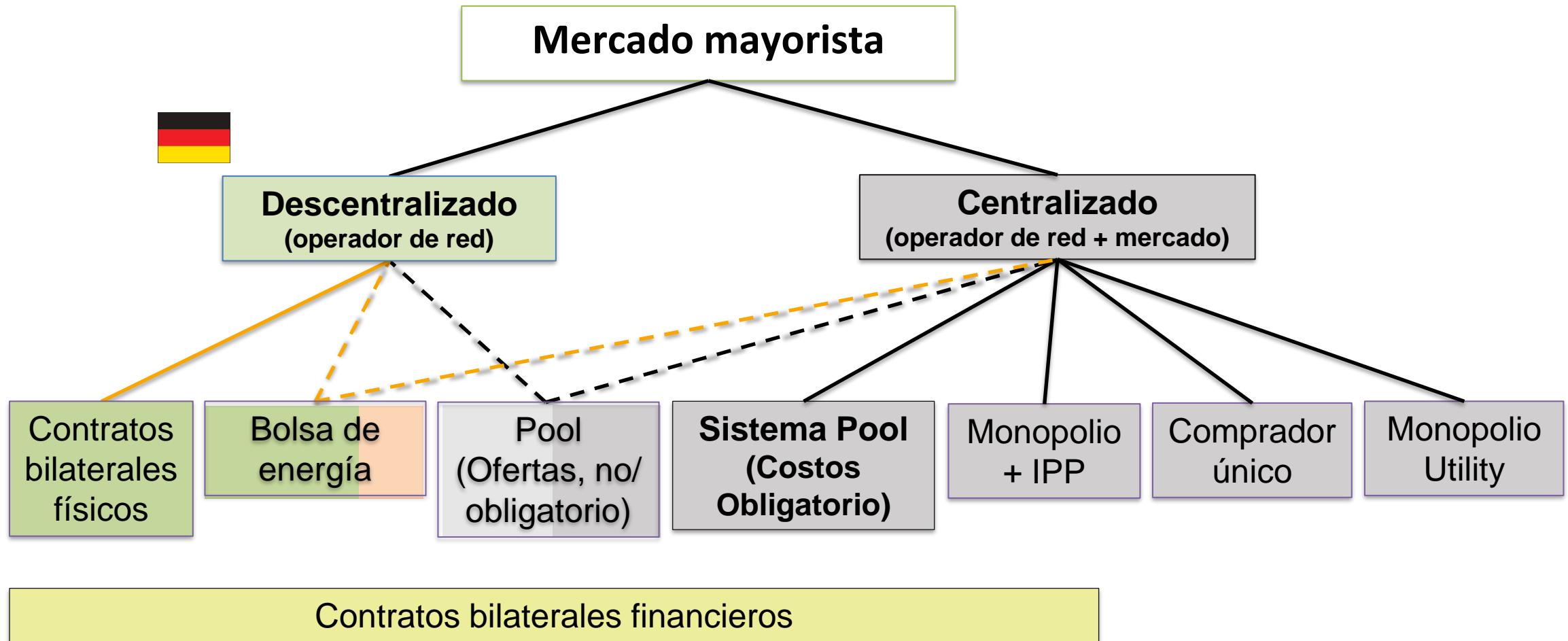


# Balance Modelo Pool



# Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial



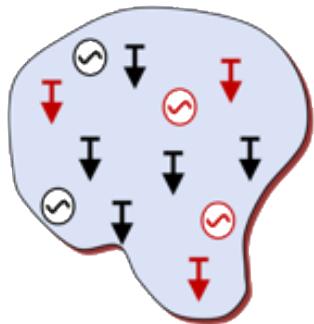


## **Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial**

# Modelo de Areas de Balance (AB)



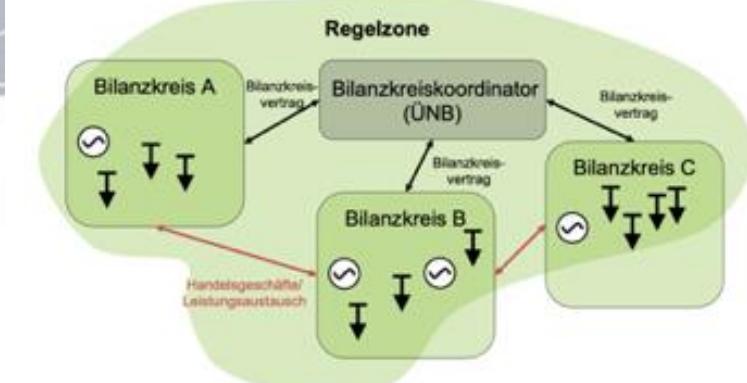
## Area de Balance



## Zonas de oferta

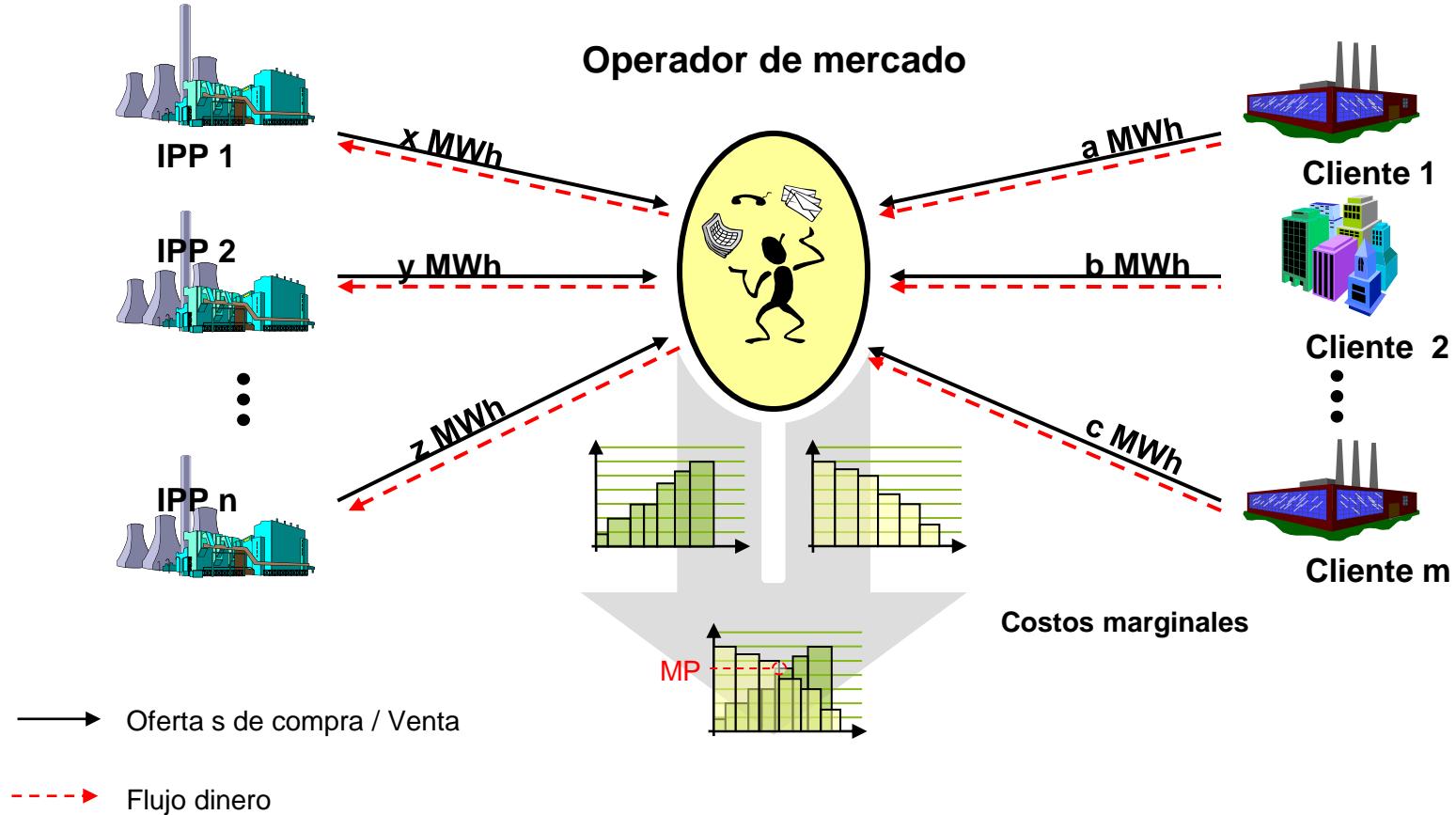


## Coordinación



Ref: § 4 Abs. 1 Satz 1 und Satz 2, Abs. 3 StromNZV

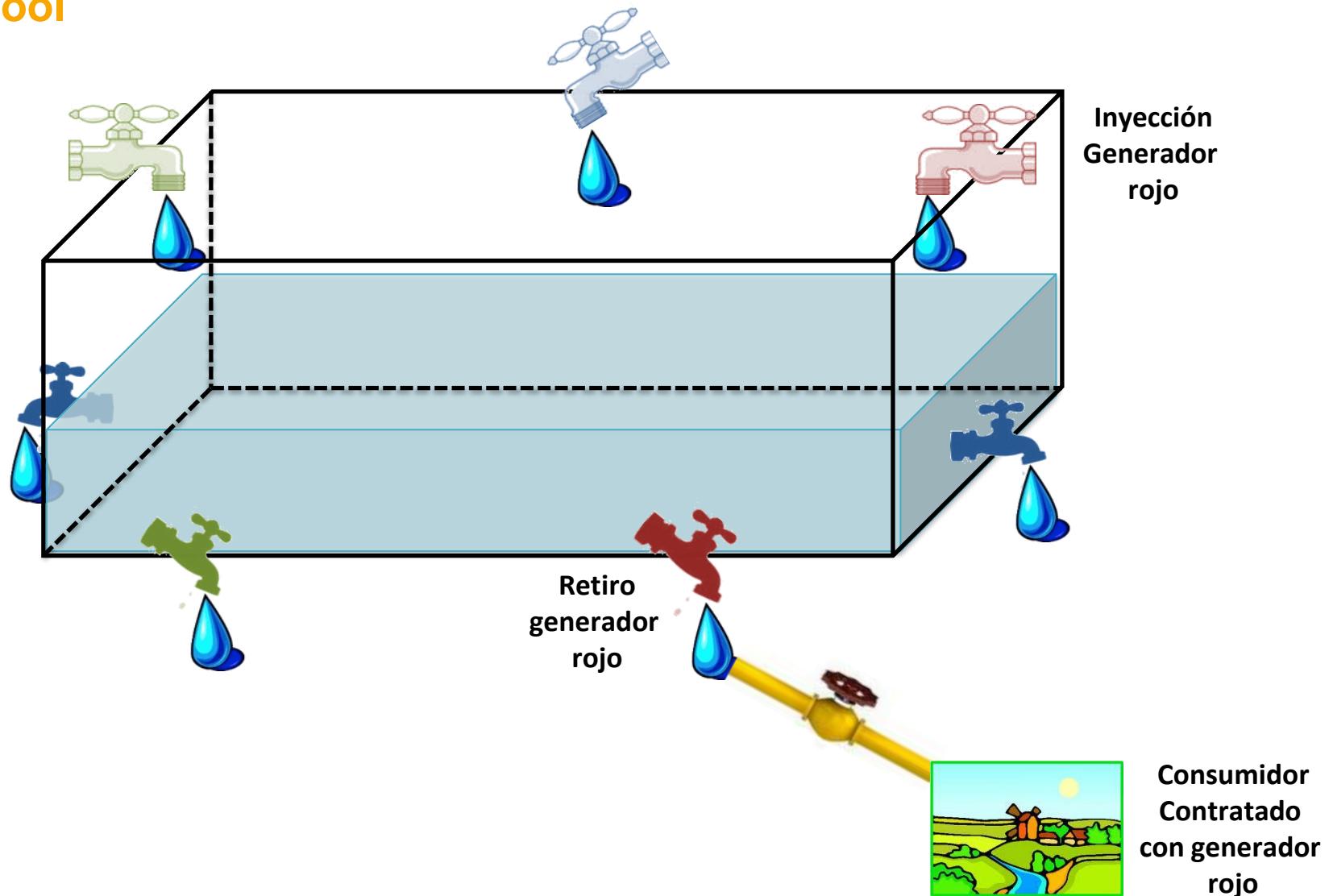
# Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial



Ref: TU Dortmund

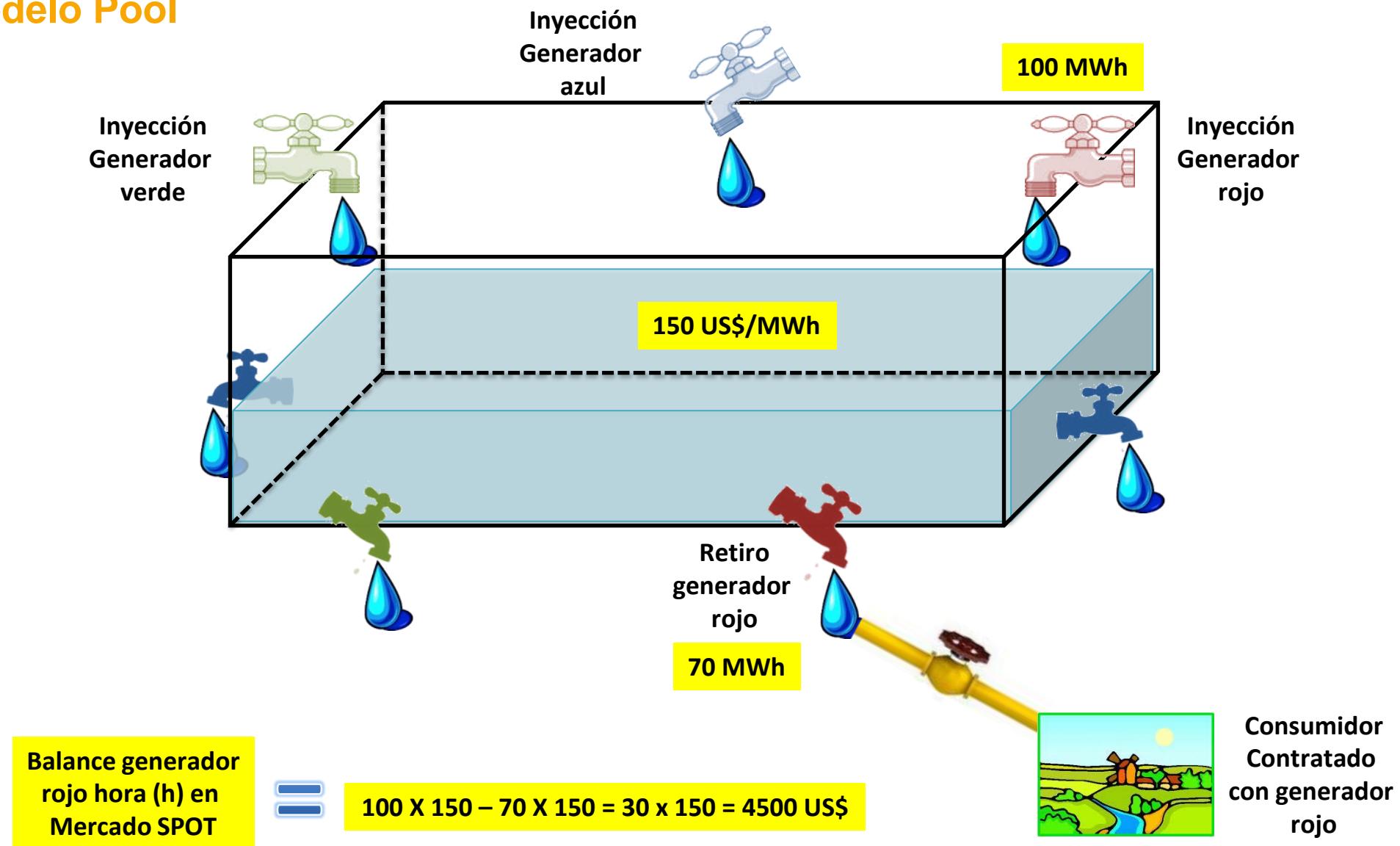
# Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial

## Balance Modelo Pool



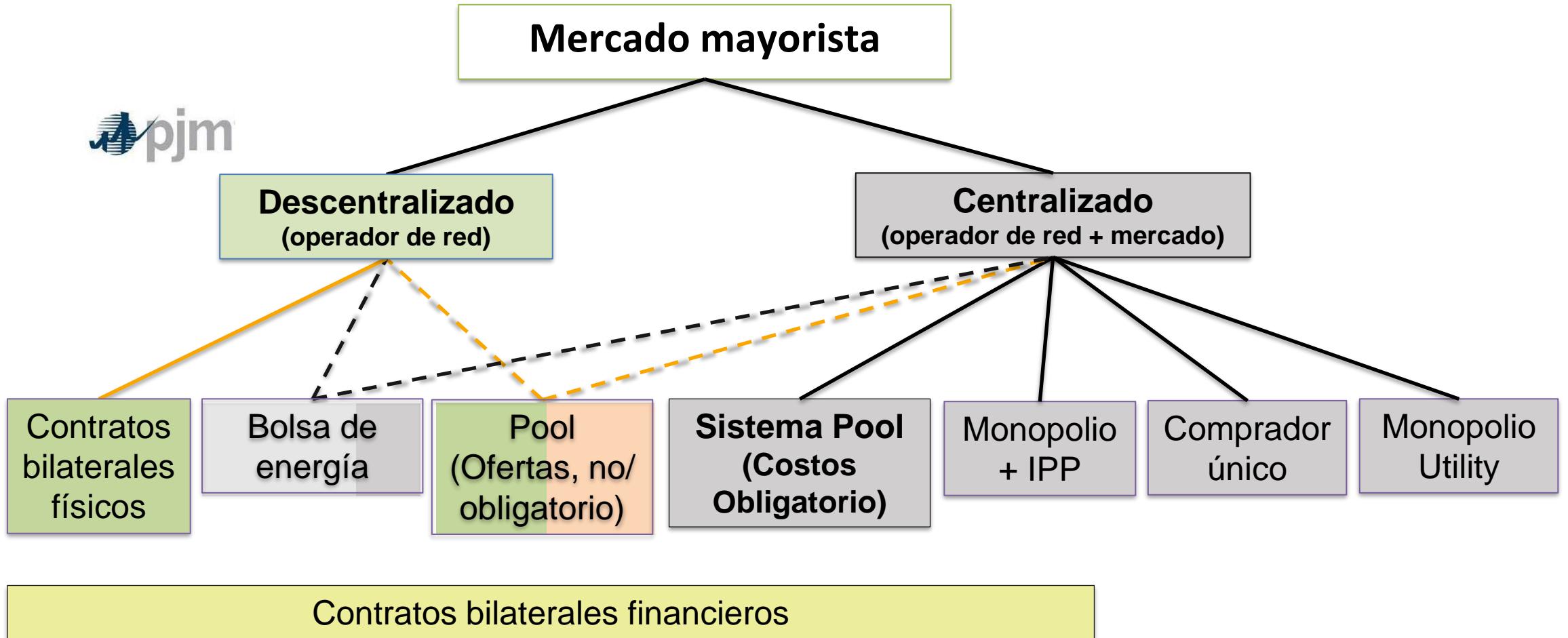
# Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial

## Balance Modelo Pool



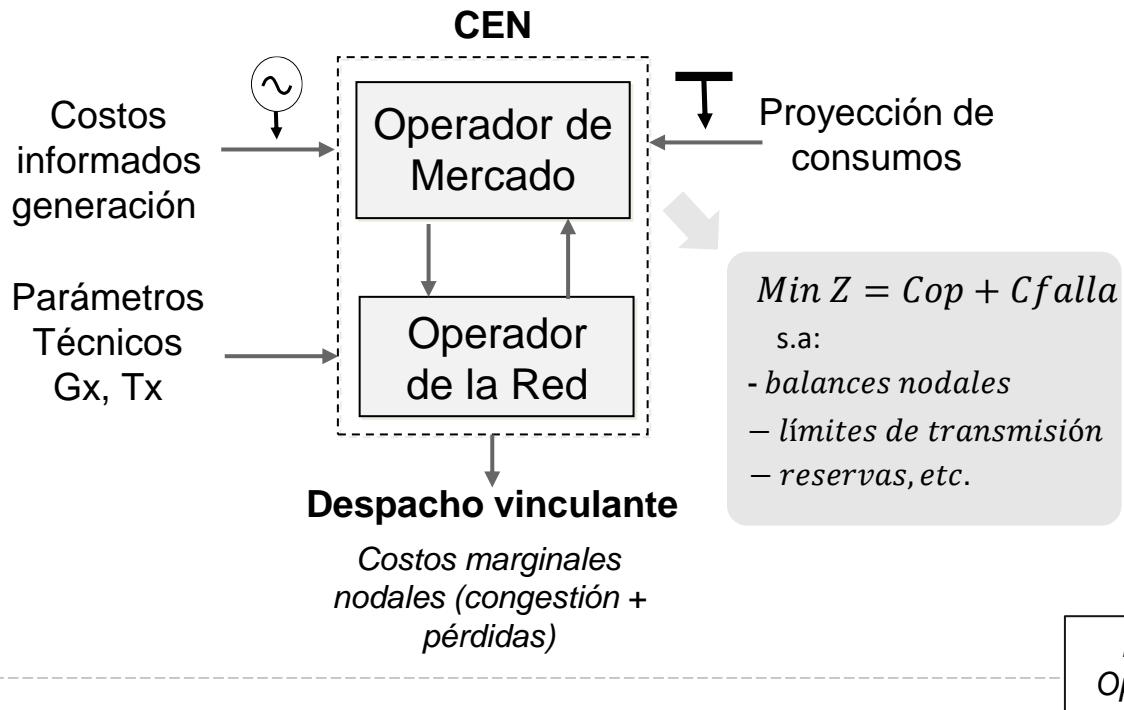
# Estructuras básicas para mercados mayoristas (wholesale) a nivel mundial

## Balance Modelo Pool



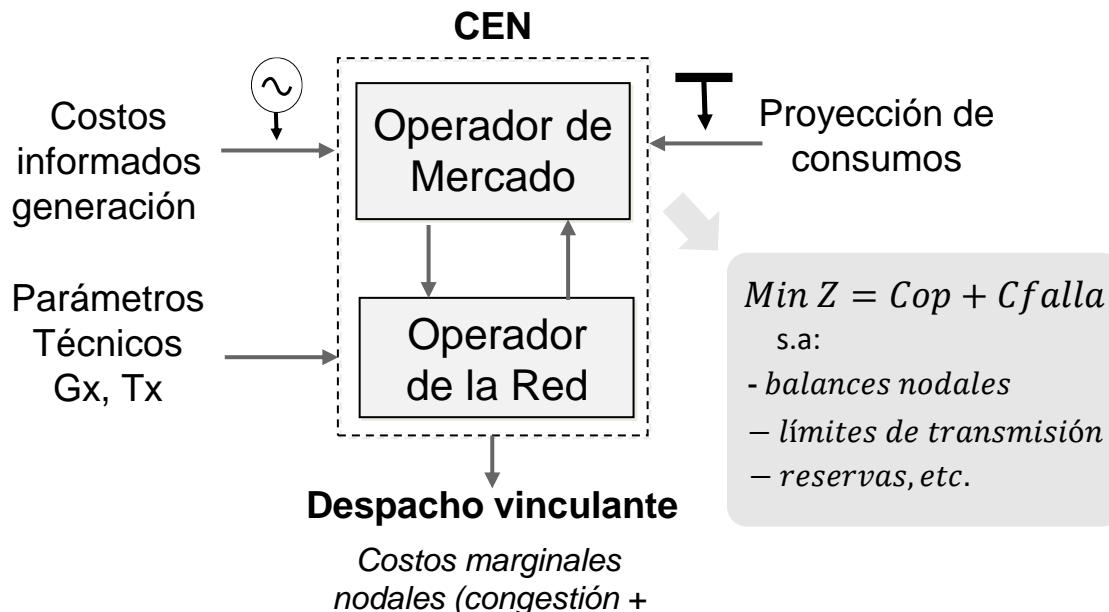


## Modelo Pool con costos informados (auditables)

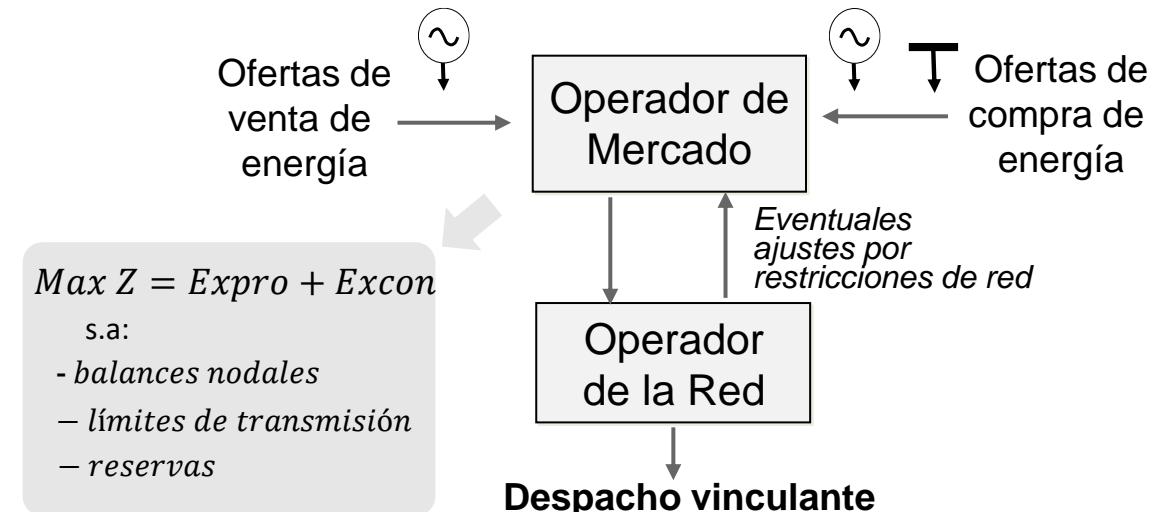




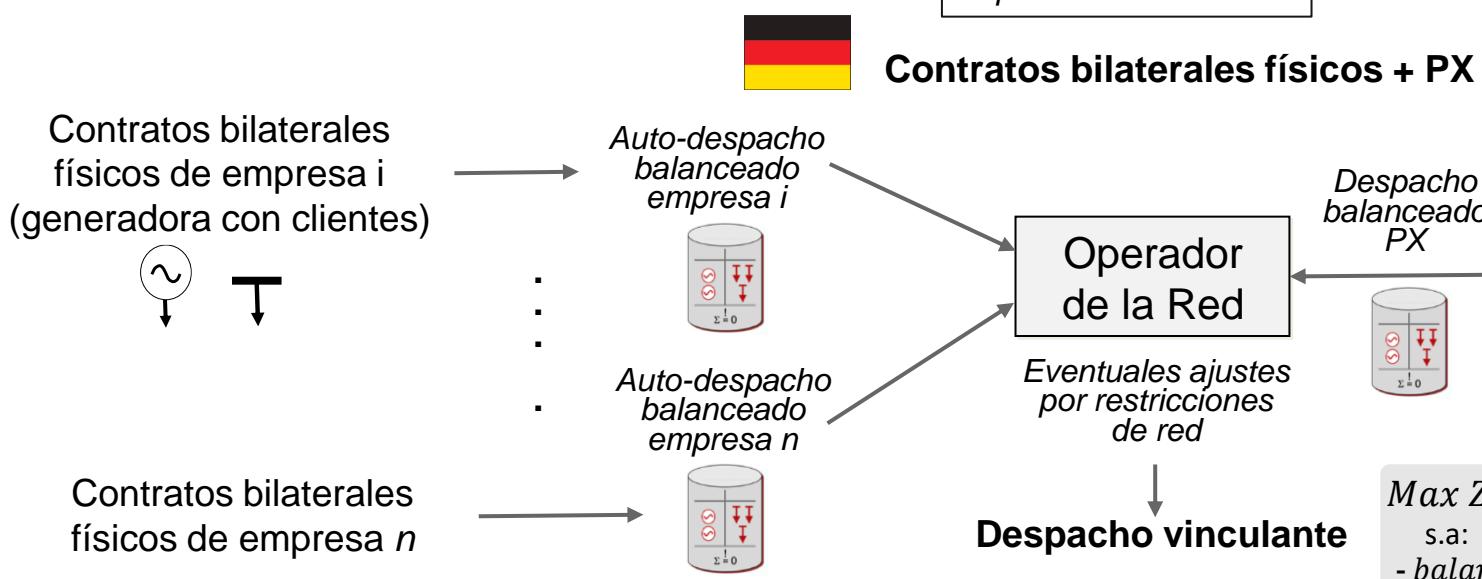
## Modelo Pool con costos informados (auditables)



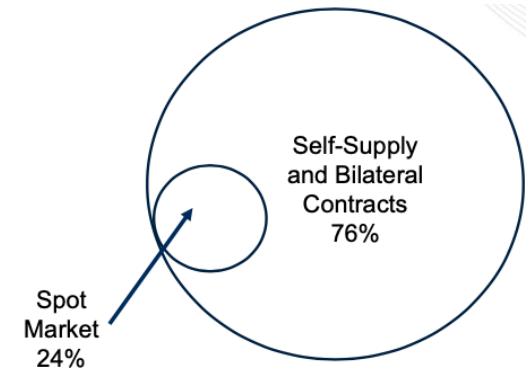
## Modelo Pool con ofertas puro



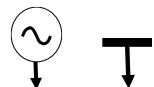
Peajes Tx, SSCC,  
Operaciones forzadas



## Modelo Pool con ofertas y contratos bilaterales físicos



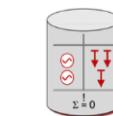
Contratos bilaterales físicos de empresa i  
(generadora con clientes)



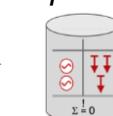
Contratos bilaterales físicos de empresa n



Auto-despacho balanceado empresa i



Auto-despacho balanceado empresa n



PJM

Operador de Mercado

Operador de la Red

Despacho vinculante

Costos marginales nodales (congestión + pérdidas)

$$\text{Max } Z = \text{Expro} + \text{Excon}$$

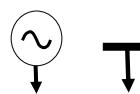
s.a:

- balances nodales
- límites de transmisión
- reservas

Ofertas de venta de energía, costos informados



Ofertas de compra de energía



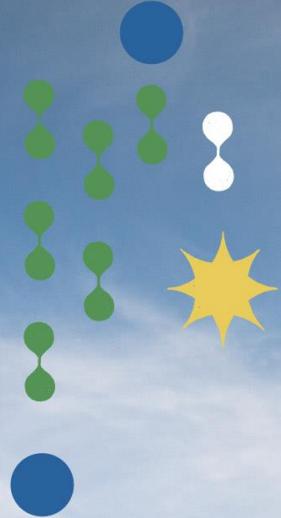
Eventuales ajustes por restricciones de red





Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



5

## Trabajo en Grupos

# Plan de descarbonización chileno al 2030

Eje 1: Modernización de la red y el mercado eléctrico e infraestructura  
Avance del proceso de discusión

Esteban Gil | Enero 2024



Inter-American  
Development Bank



# Eje 1: ¿Dónde estamos?

- **Primera sesión (26/10/2023):** “Acceso abierto y señal de localización”
- **Segunda sesión (09/11/2023):** “Planificación de la transmisión, instrumentos para gestión de riesgos y tarificación”
- **Tercera sesión (07/12/2023):** “Mercado mayorista: Energía, Potencia y SSCC”



## Calendarización de sesiones

### EJES TEMÁTICOS

**EJE 1**  
Modernización de la Red y el Mercado Eléctrico e Infraestructura

**EJE 2**  
Reconversión Termoeléctrica y Combustible de Transición

**EJE 3**  
Transición Energética Justa y Comunidades



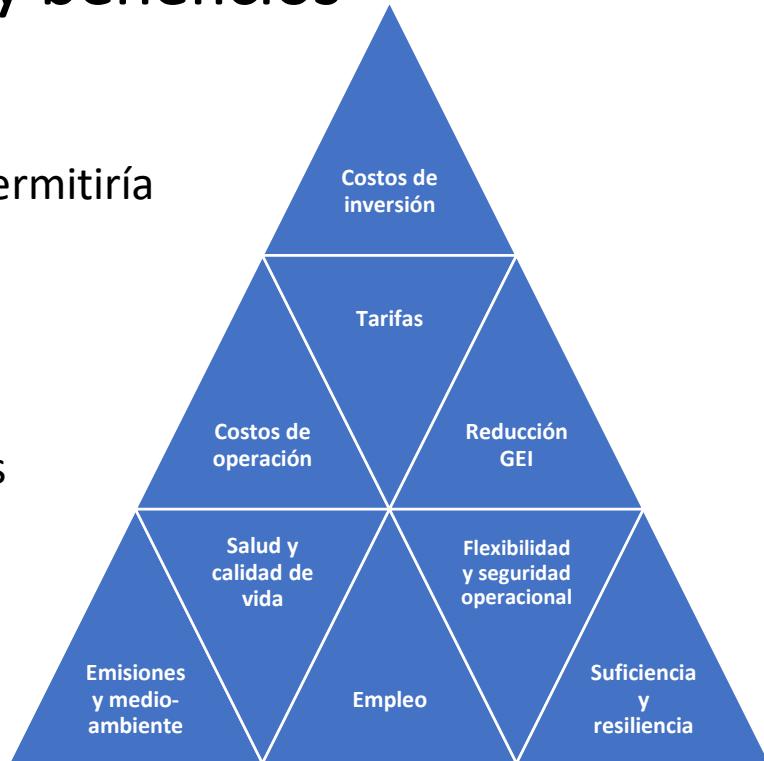
- A continuación, se presentarán algunos de los puntos clave y necesidades transversales a todos los ejes, además de algunas planteadas en las primeras tres sesiones de este eje

# Inversiones eficientes en infraestructura

- Destubar y concretar **inversiones eficientes** en generación, transmisión, y almacenamiento de energía es una **condición habilitante** para avanzar en la descarbonización del SEN
  - Se deben **despejar las incertidumbres** e identificar las necesidades
  - Un diseño de mercado con **señales de precios adecuadas** y que promueva la **competencia** provee mejores señales para que privados inviertan eficientemente
  - Planificación centralizada equilibrada con **inversión privada**, a través de nuevos mecanismos que permitan mayor iniciativa de los privados
  - Proceso de planificación debe **sincrizar e incluir todos los costos y beneficios**
  - No cargar todo al cliente final, sino que diseño debe procurar que los costos y beneficios reales de cada recurso sean adecuadamente internalizados

# Punto 1: Transparencia en costos y beneficios

- Mayor transparencia acerca de todos los costos y beneficios de la descarbonización permitiría sincerar los efectos del proceso
- **Necesidad:** Ajustar características de estudios existentes y realizar estudios enfocados permitirían despejar las incertidumbres y concitar mayor apoyo al proceso



## Punto 2: Diseño de mercado

- Remunerar y asignar los costos de manera distintiva para **todos los atributos aportados o usados** por los distintos recursos daría señales más claras para invertir eficientemente
- Diseño de mercado ya cuenta con muchas características deseables, aunque **señales de precios perfeccionadas** permitirían **atraer mejores inversiones**
- **Necesidad:** Un mercado competitivo que provea señales de precios económicamente más eficientes



## Punto 3: Ajustes regulatorios en transmisión

- **Mantener una coherencia regulatoria** facilitaría las decisiones del sector público y los privados
- **Necesidad:** Se deben realizar ajustes en los procesos de planificación, señales de localización, acceso abierto y tarificación, mejorando la coordinación entre distintas entidades públicas y los privados



## Punto 4: Reducción de la congestión

- **Reducir la congestión** en el sistema de transmisión permitiría un mercado eléctrico común más competitivo y que atraiga inversiones
  - ¡No se soluciona solo con más líneas!
- **Necesidades:**
  - **Operación más eficiente** de infraestructura existente
    - Modernizar operación de sistemas de transmisión
    - Mejorar **programación de recursos**
    - Señales de localización
  - **Mejores inversiones** en sistema de transmisión
    - Planificación centralizada equilibrada con **inversión privada**
    - Planificación debe **sincrizar e incluir todos los costos**



# Líneas de acción – Eje 1

- Ajustar estudios actuales y realizar estudios ad-hoc **que evalúen los costos e impactos de la descarbonización**, desde distintas perspectivas
- **Ajustar el diseño de mercado** para remunerar y asignar costos adecuadamente a los atributos aportados o utilizados por cada recurso
- Perfeccionar la regulación de la transmisión para promover **mejores inversiones** que apunten a las necesidades de la descarbonización:
  - Equilibrar planificación centralizada e iniciativa privada, mejorar señales de localización, acceso abierto, y la tarificación de la transmisión



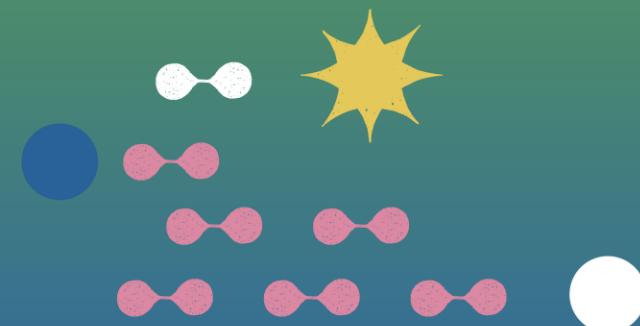
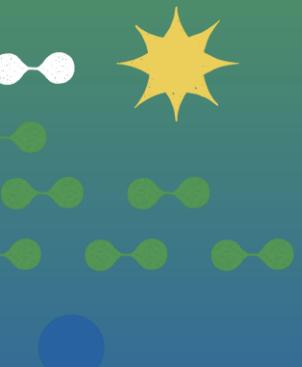
Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



Metodología Proceso para la Elaboración de una Hoja de Ruta al 2030

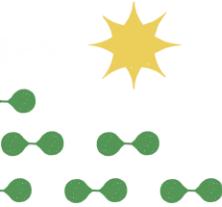
# Plan de Descarbonización





# Etapas del proceso



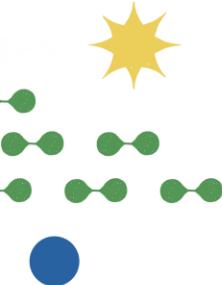


# 1. Levantamiento de información

Sept-23 a Ene-24

- **Sesiones grupales presenciales\* separadas por ejes y temas para identificar:**
  - Temas relevantes que es necesario profundizar
  - Propuestas de acción
    - Normativas
    - Políticas públicas
    - Otras
  - Consensos y disensos o puntos de fricción
- **Sesiones individuales (por empresa, gremio, ONG, Municipios) para identificar:**
  - Propuestas de acción
  - Posición respecto a asuntos puntuales
  - Discutir propuestas
  - Evaluar avances del proceso
- **Documentos y comentarios de posición**
  - Documentos de posición y/u opinión enviados por los participantes a Ministerio de Energía.
  - Posiciones, opiniones y propuestas ingresados como observaciones a las minutas.
- **En cada sesión grupal o individual se elabora minuta con temas identificados.**
  - Posteriormente se somete a revisión de participantes.
  - Minuta final es pública en sitio web del Ministerio de Energía
- **En Eje 3 se suma:**
  - Plataforma participativa en WEB
  - Seminario beneficios compartidos
  - Sesión virtual paralela a la presencial, con facilitador para plena participación

\*Se incluye sesión virtual para personas y organizaciones fuera de Santiago, en espacio de presentaciones, se reciben comentarios por chat y posterior acceso a minuta.



## 2. Elaboración borrador Hoja de Ruta 2030

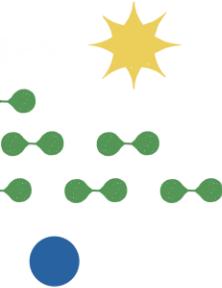
Enero- Febrero 2024

**Asesor técnico** elabora propuesta de Hoja de Ruta en base a:

- Minutas de sesiones grupales e individuales.
- Documentos de posición o aportes enviados por participantes.
- Propuestas desde Ministerio de Energía.
- Soluciones técnicas.

### Estructura General Hoja de Ruta

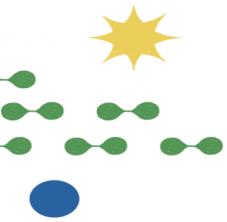
- Introducción y explicación del proceso
- Para cada Eje:
  1. Asuntos relevantes planteados por los participantes
  2. Objetivos
  3. Acciones por objetivos
  4. Fechas clave
  5. Responsables
  6. Identificación de Acuerdos
  7. Identificación de Disensos
- Rutas críticas para la Hoja de Ruta



## 2. Estructura de Hoja de Ruta Plan Descarbonización

Febrero 2024

Título	Contenido
Bienvenida Autoridades	Texto introductorio de autoridades
Introducción	Contexto general, desarrollo del proceso, temas transversales que hayan salido del proceso no asociado a ejes específicos
Eje 1, Eje 2, Eje 3	<ul style="list-style-type: none"><li>Lineamientos estratégicos, declaraciones, asuntos relevantes especificados por los participantes, explicación de consensos, especificación disensos.</li><li>Para cada tema del eje:<ul style="list-style-type: none"><li>Objetivos</li><li>Decisiones</li><li>Acciones con responsables y plazos</li></ul></li></ul>
Rutas críticas	Rutas críticas e hitos clave (acciones que se deben cumplir y en qué plazos para lograr metas de carbono neutralidad y política energética nacional)



# 3. Revisión Hoja de Ruta 2030

Marzo – Julio 2024

## • Primera revisión: Comité ejecutivo

- Comité Ejecutivo ad-hoc cuya función es una primera revisión del borrador
- Composición por definir

## • Segunda revisión: Todos los participantes

- En algún sistema virtual (Google Drive o similar)
- Comentarios visibles para todos

## • Proceso de generación de acuerdos

- Reuniones individuales para generar acuerdos
- Reuniones con Ministerios o Instituciones involucradas en las propuestas (responsables)
- Ajustes a texto

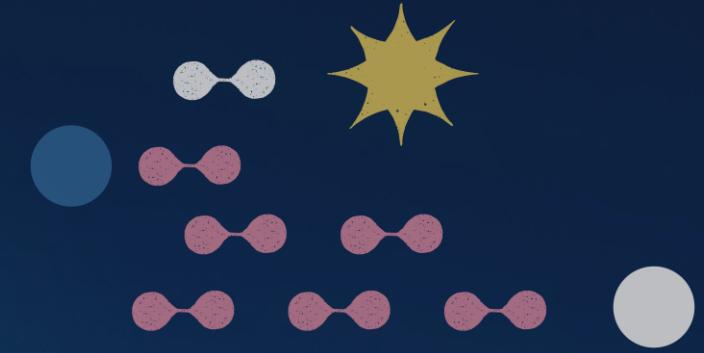
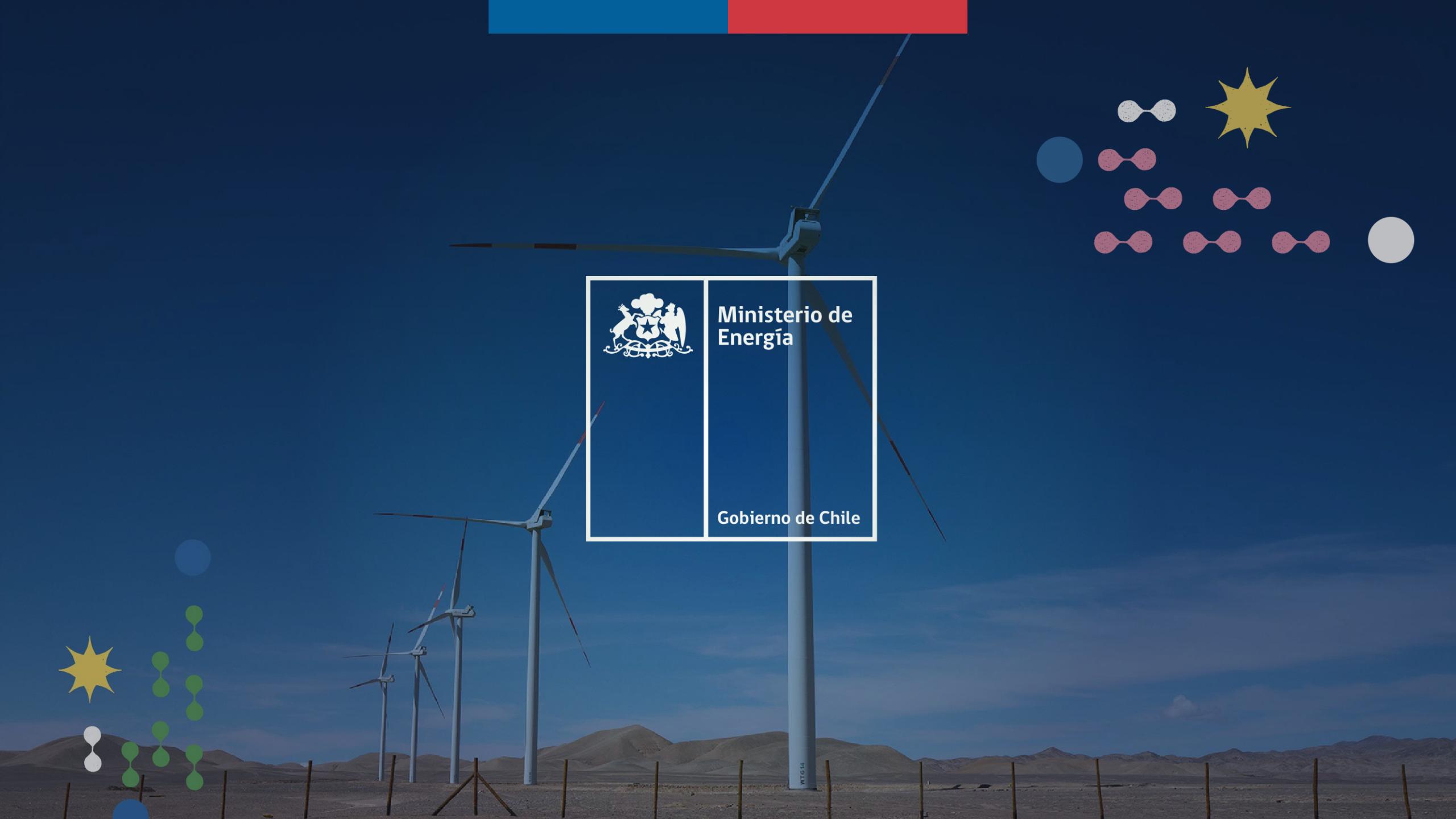
## • Elaboración borrador final

- Sesiones grupales por eje (número de sesiones por definir)
- Sesión de cierre, todos los ejes, con participación de Ministro de Energía

## • Consulta Ciudadana

- Hoja de Ruta en sitio Web Ministerio Energía







Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile



Metodología Proceso para la Elaboración de una Hoja de Ruta al 2030

# Plan de Descarbonización

