

Hoja de Ruta para la Transformación Energética en Chile

Escenarios y Resultados Preliminares

Junio de 2022

Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.



Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.

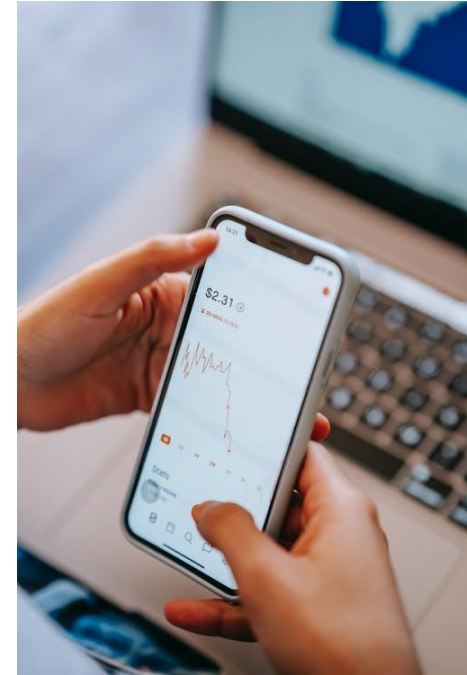




COVID



Ucrania



Escasez y Volatilidad

Inicio de Proyecto (Dic-2021)

- Entrevista Stakeholders.
- Construcción de Caso Base.



Workshop de Lanzamiento (Abr-2022)

- Despliegue de Mesas Temáticas.
- Construcción de Escenarios.



Taller Presentación de Escenarios (Jun-2022)

- Evaluación de Escenarios y Resultados.
- Evaluación y Validación de Escenarios y Resultados.
- Propuestas de Política Pública.



Taller Presentación de Resultados (Ago-2022)



Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

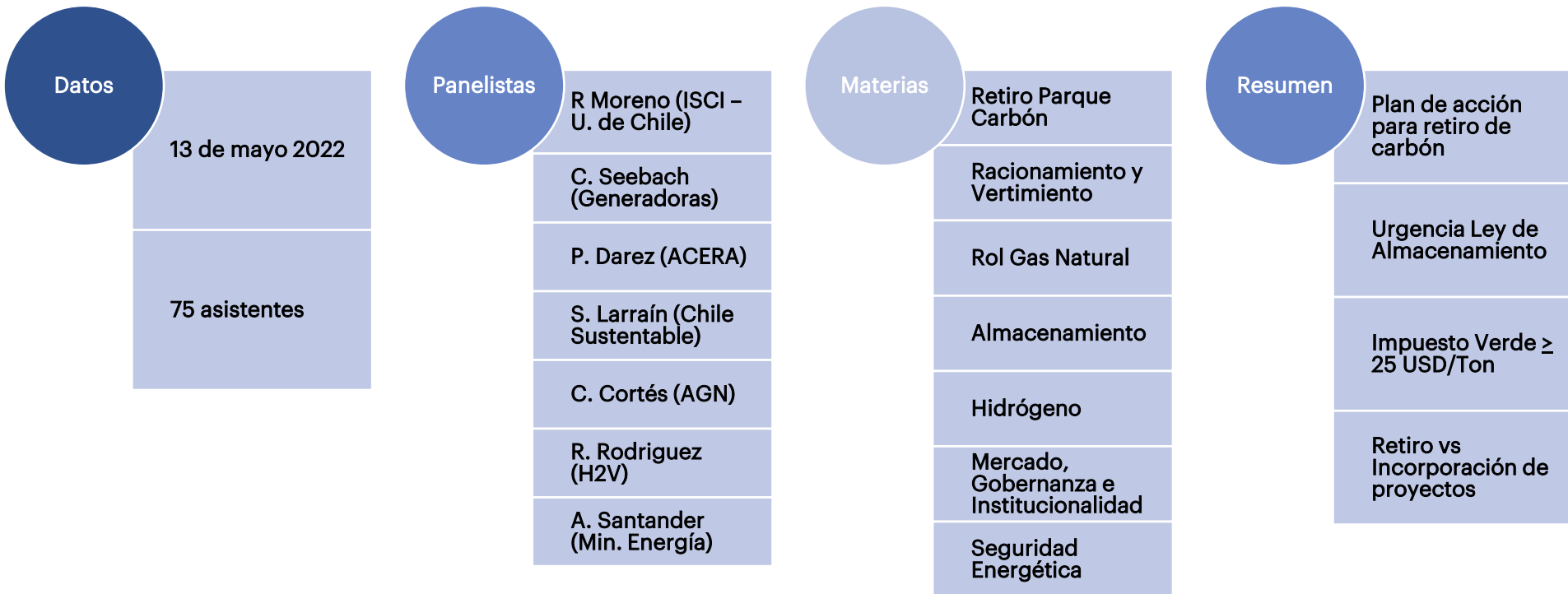
4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.



Mesa N° 1 | Matriz Eléctrica: Tránsito y Evolución camino a la Carbono Neutralidad



Mesa N° 2 | Redes y Tecnologías para la Transición Energética

Datos

17 de mayo 2022

50 asistentes

Panelistas

R. Palma (U. de Chile)

A. Rearte (ACESOL)

R. Serrano (Univ. Manchester)

E. Calderón (Transisoras)

L. Sciaccaluga (Plataforma E.)

E. Esperguel (CNE)

Materias

Gestión de la Demanda

Tecnología para gestionar la red y la demanda

Reforma en segmento de Distribución

Gx Distribuida: Barreras y dificultades

Resumen

Calidad de la evidencia: muchos datos, poca información

Organismos e instituciones sin liderazgos

Nuevo Desarrollo Enlace HVDC (2035)

Capacidad de exportación

Mesa N° 3 | Consumidores de Energía: Transformación de procesos y consumo

Datos

19 de mayo 2022

40 asistentes

Panelistas

M. Gazmuri
(ANESCO)

J. Bustos
(ACENOR)

R. Schroeer (GIZ)

M. I. Gonzalez
(ENERGETICA)

R. Guzmán (Min.
Energía)

Materias

Eficiencia
Energética

Reducción y
Sustitución de
Diésel

Electrificación de
Proceso y
consumos

Señales e
incentivos

Resumen

Grandes clientes
muy lejos de EE

Sustitución diésel
solo por
contingencias
ambientales

Política Pública
sacando carbón
de Gx y
consumidores
aumentando uso
diésel

Mesa N° 4 | Economía y Desarrollo Sustentable para alcanzar Carbono Neutralidad

Datos

25 de mayo 2022

30 asistentes

Panelistas

L. González
(CLAPES UC)

P. Badenier (Ex
Ministro MA)

M. Hermosilla
(FUND. CHILE)

M. Leporati (Univ.
de Talca)

R. Guzmán (Min.
Energía)

Materias

Instrumentos:
Impuesto Verde y
Carbon Tax,
Impuesto Diésel.

Rol del Estado.

Financiamiento.

Transición Justa.

Resumen

Subsidios para
captura

Incertidumbre
global y contexto
local

Juicio Crítico de
la banca e
instrumentos de
financiamiento

Post Covid: - uso
transporte
público eléctrico
y + consumo
diésel

Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

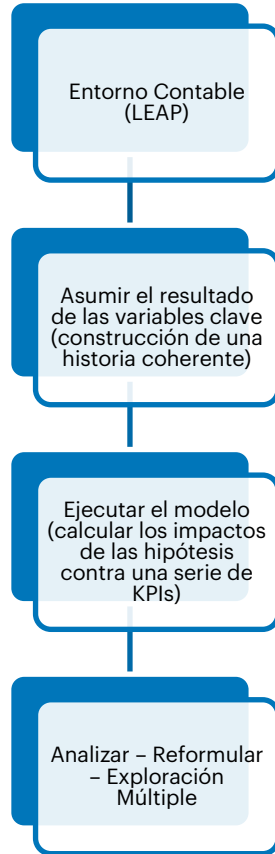
4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

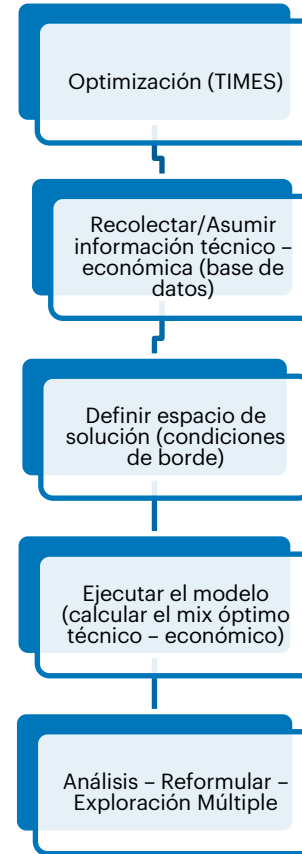
6. Próximos Pasos.



- Ejecución (múltiples) muy rápidas.
- Bajas necesidades de entrada de datos.
- Baja capacidad para representar medidas económicas (por ejemplo, incentivos).
- Sin solución de costo mínimo (no optimiza).
- Menos adecuado para analizar interacciones complejas entre los componentes del sistema.



≠
LEAP vs TIMES



- Ejecuciones más lentas hasta alcanzar el óptimo.
- “Data Greedy”.
- Alta capacidad para representar medidas económicas (por ejemplo, incentivos).
- Solución de mínimo costo.
- Más adecuado para analizar interacciones complejas entre los componentes del sistema.

Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.

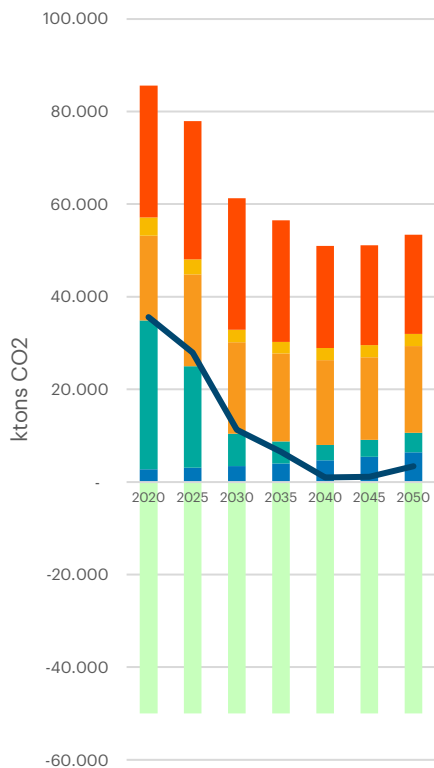


Variable	Escenario Base	Transición Acelerada	Transición Rápida
Límites a las emisiones	<ul style="list-style-type: none"> Sin limitaciones 	<ul style="list-style-type: none"> 30,9 Mt CO2eq en 2050 	<ul style="list-style-type: none"> 38,3 Mt CO2eq in 2050
Indicadores macro y demanda	<ul style="list-style-type: none"> PELP: <i>"Recuperación Económica Post Covid"</i> 	<ul style="list-style-type: none"> PELP: <i>"TEA"</i> 	<ul style="list-style-type: none"> PELP: <i>"RCN"</i>
Sector residencial	<ul style="list-style-type: none"> Sin medidas explícitas 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares tecnológicos para nuevas construcciones y límites a las renovaciones basadas en PELP <i>"TEA"</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Igual a Transición Acelerada
Sectores comercial y público	<ul style="list-style-type: none"> Sin medidas explícitas 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares tecnológicos para nuevas construcciones y límites a las renovaciones basadas en PELP <i>"TEA"</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Igual a Transición Acelerada
Sector transporte	<ul style="list-style-type: none"> Penetración mínima de VE y H2 basada en la PELP 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares tecnológicos basados en PELP <i>"TEA"</i> Prohibición de vehículos livianos –a combustión- al 2035. 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares tecnológicos retrasados 5 años respecto de PELP <i>"TEA"</i> Prohibición de vehículos livianos –a combustión- al 2040.

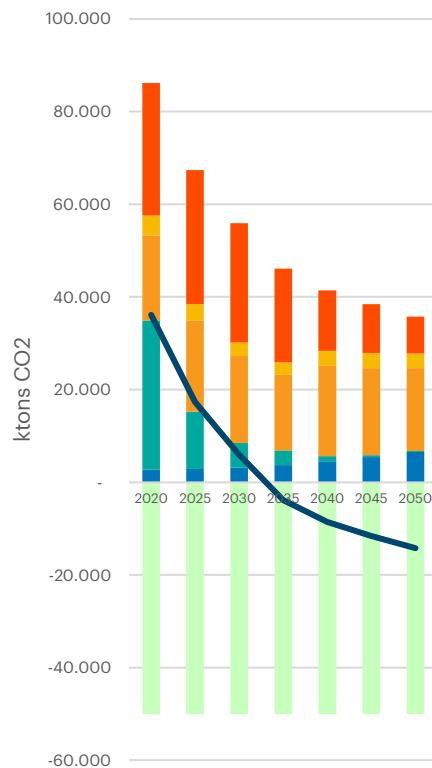
Variable	Escenario Base	Transición Acelerada	Transición Rápida
Sector Industrial	<ul style="list-style-type: none"> Sin medidas explícitas 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares tecnológicos para motores basados en PELP "TEA". Potencial del uso de la solar térmica de acuerdo al PELP. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual a la Alternativa 1
Sector Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Retiro carbón al 2040. Precio CO2 de 10 \$/Ton al 2050. Sin estándares para el CCS. 	<ul style="list-style-type: none"> Retiro carbón al 2030. Precio CO2 de 50 \$/Ton al 2035, 60\$/Ton al 2040 y 70 \$/Ton al 2050. CCS obligatorio para todas las plantas de gas después del 2030. 	<ul style="list-style-type: none"> Retiro carbón al 2035. Precio CO2 de 43 \$/Ton al 2035, 50\$/Ton al 2040 y 50 \$/Ton al 2050. CCS obligatorio para todas las plantas de gas tras el 2035.
Exportaciones de Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> Sin niveles mínimos de exportación. Objetivo: 50% de la producción de H2V proviene de PV dedicada. 	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de exportación (10 TWh en 2030, 170 TWh en 2050). Objetivo: 50% de la producción de H2V proviene de PV dedicada. 	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de exportación (5 TWh en 2030, 100 TWh en 2050). Objetivo: 50% de la producción de H2V proviene de PV dedicada.

4. Escenarios y Resultados Preliminares

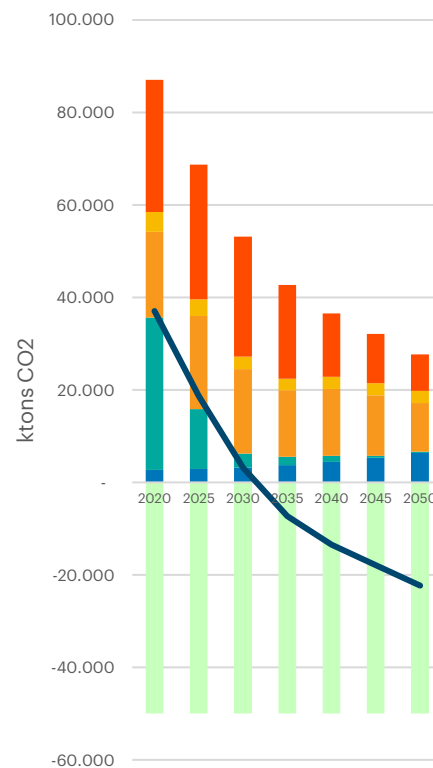
Escenario Base



Transición Rápida



Transición Acelerada

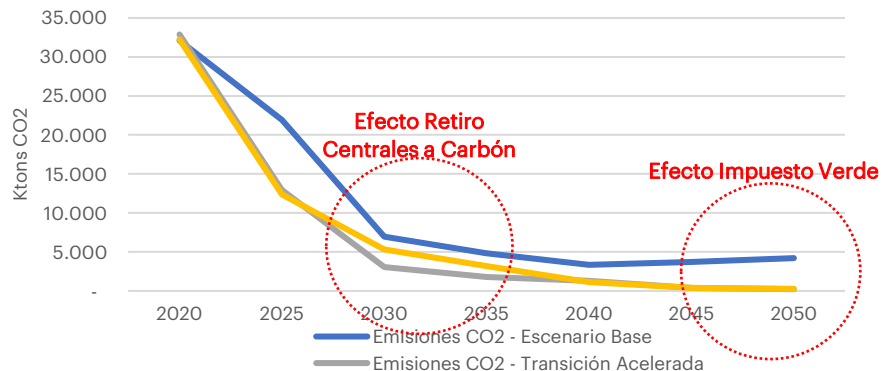


- Las emisiones totales de CO2 en los Escenarios de Transición Acelerada y Transición Rápida siguen la ruta esperada.

- El impuesto bajo en carbono en el Escenario Base estabiliza las emisiones después del año 2035.

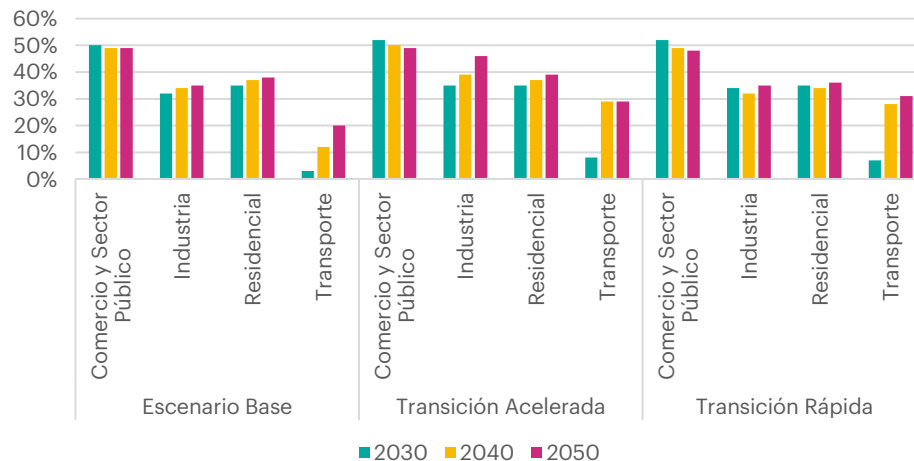
- Se asume mismo nivel de captura (base año 2019) de emisiones en el sector forestal durante todo el horizonte.

Electricidad (Generación)



- El sector eléctrico es clave en el proceso de descarbonización.
- El retiro de las centrales de carbón genera la mayor reducción de emisiones en el periodo 2030-2040 (dependiendo de las hipótesis de la fecha de cierre)
- Después de eso, el precio asignado a las emisiones determina la trayectoria de descenso (la cual llega casi a cero en el 2050).

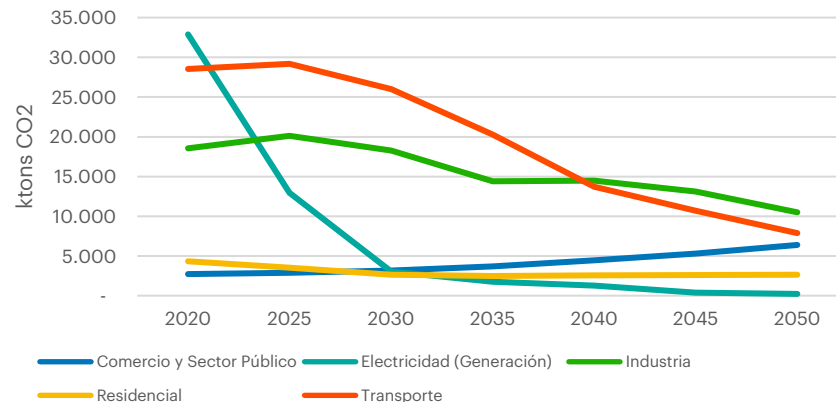
% de Electrificación por sector



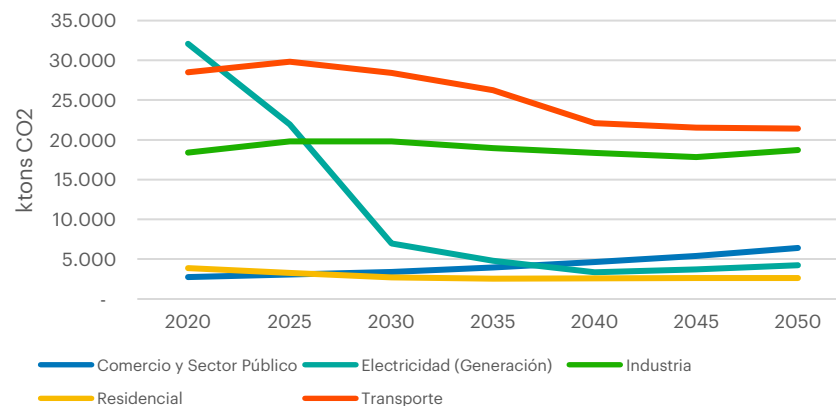
- En términos de la electrificación por sector, se observa que el principal sector que se electrifica corresponde al sector transporte.
- Se debe evaluar que políticas públicas son costo efectivas para incrementar el % de electrificación en los sectores residenciales, industriales y en el comercio.
- El modelo no consideró en su función objetivo otros efectos contaminantes del consumo de combustibles fósiles, lo que podría generar trayectorias alternativas.

- El sector transporte reacciona de manera menor en el Escenario Base y de manera relevante en los Escenarios de Transición Acelerada y Transición Rápida por la limitación de las emisiones.
- Las emisiones industriales se reducen ligeramente en los Escenarios de Transición Acelerada y Transición Rápida y se estabilizan en el Escenario Base.
- Las emisiones de los sectores públicos y comercial se incrementan ligeramente. No hay medidas específicas aparte de las relativas a mayor eficiencia energética en infraestructura existente.
- Las emisiones del sector residencial se mantienen casi constantes todo el horizonte de estudio.

Emisiones CO2 - Transición Acelerada

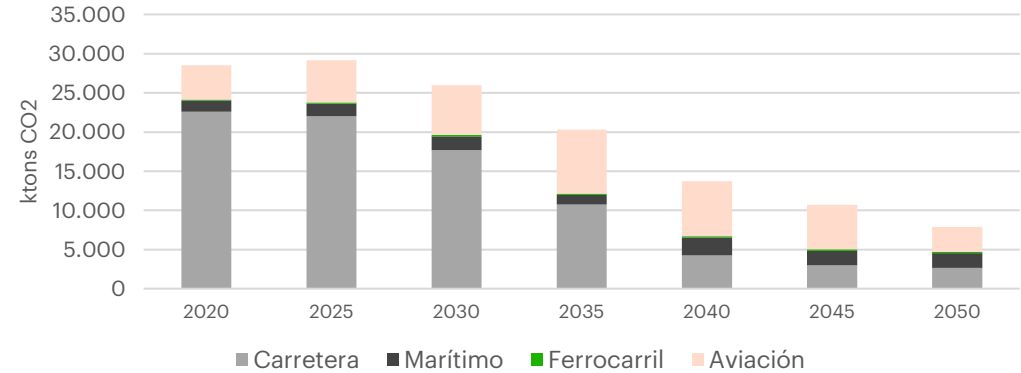


Emisiones CO2 - Escenario Base

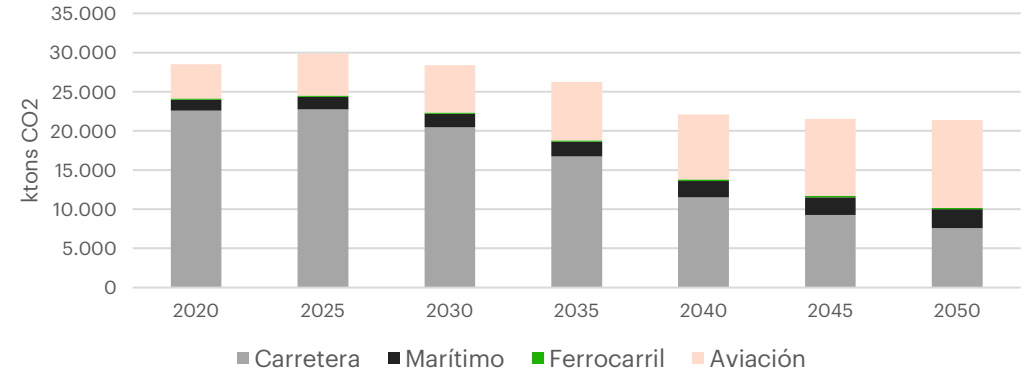


- La emisiones del sector transporte se reducen considerablemente en el Escenario de Transición Acelerada para adecuarse a las restricciones impuestas.
- El transporte por carretera se descarboniza casi en su totalidad. Incluso en el Escenario Base la introducción de VE lleva a una considerable reducción de emisiones.
- Las emisiones del sector aviación se reducen comparadas con el Escenario Base gracias al uso de hidrógeno como combustible.

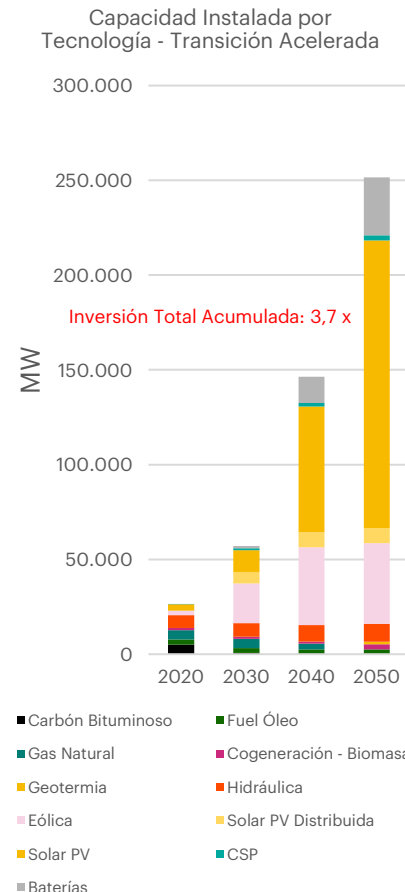
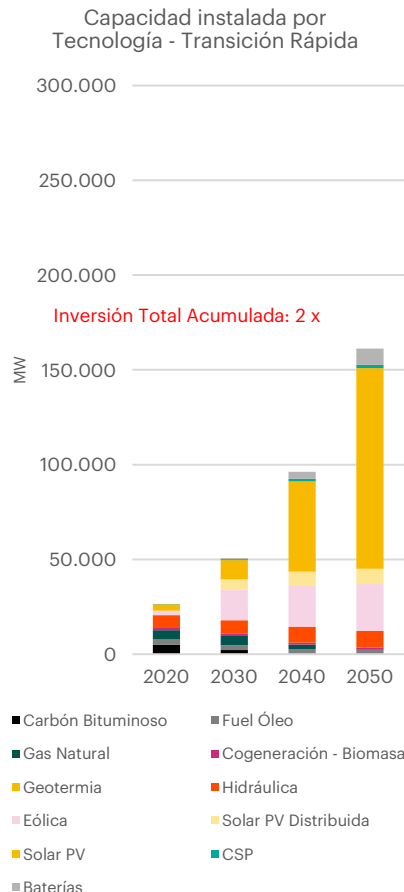
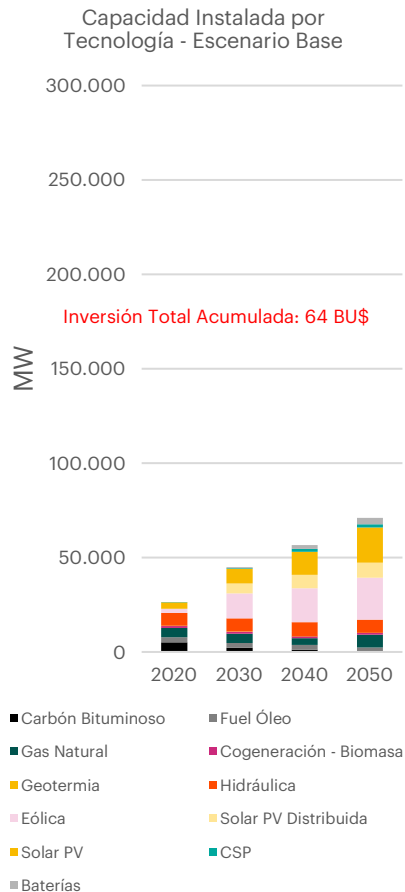
Transición Acelerada: Emisiones CO2 por Tipo de Transporte



Escenario Base : Emisiones CO2 por Tipo de Transporte

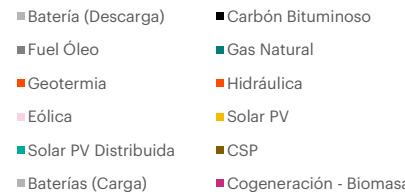
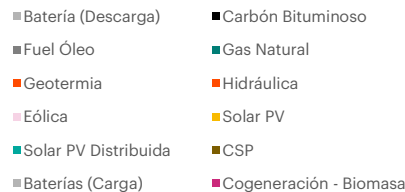
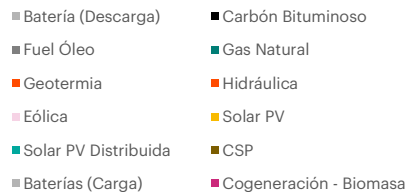
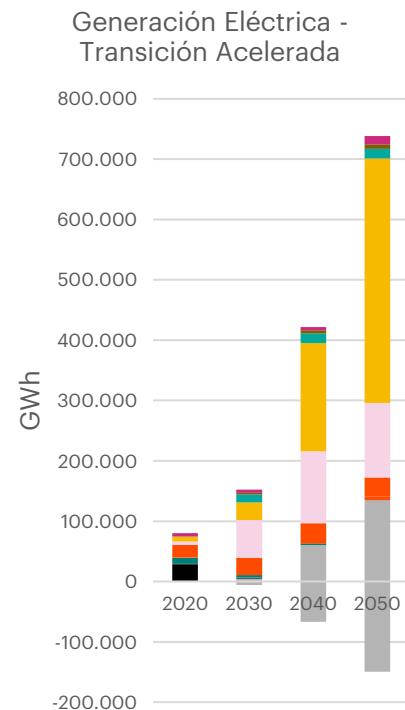
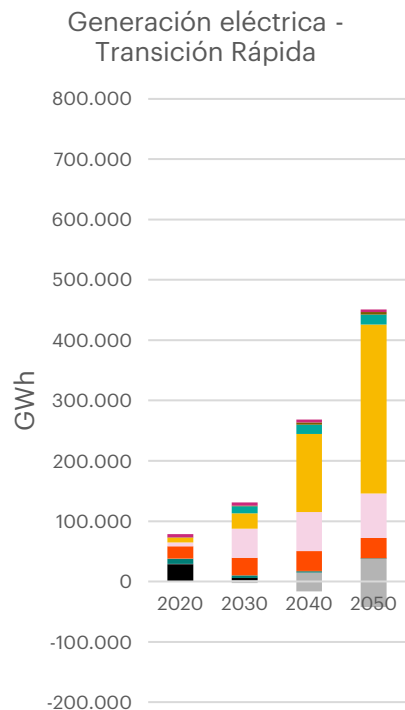
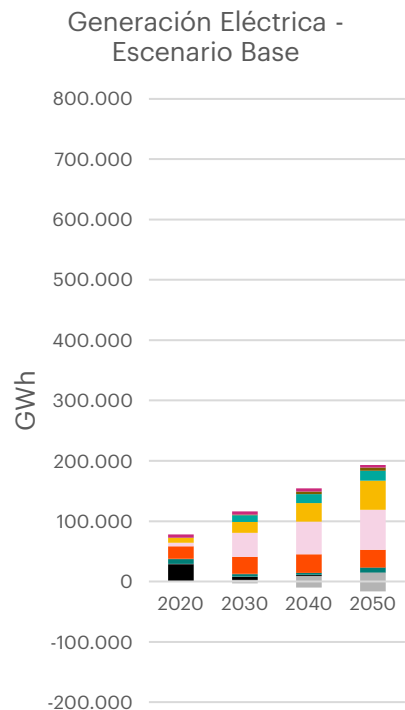


4. Escenarios y Resultados Preliminares

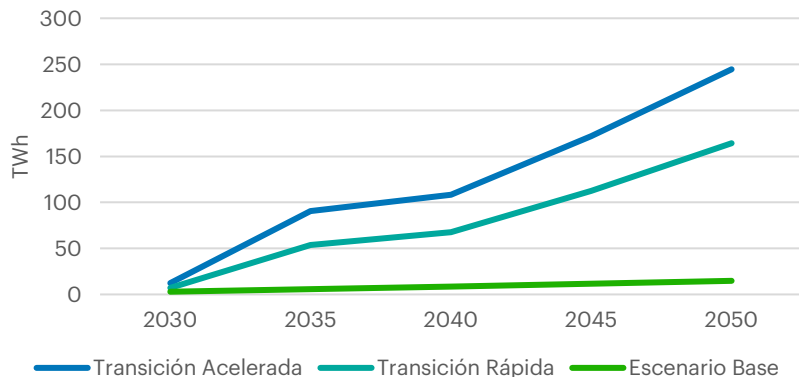


- Gran incremento de capacidad en el Escenario de Transición Acelerada, relacionado directamente con la producción de Hidrógeno para exportación.
- En todos los escenarios, las plantas de carbón se cierran al 2040 (como muy tarde).
- La tecnología solar PV domina en los escenarios alternativos después del 2035 y requieren grandes capacidades de baterías.

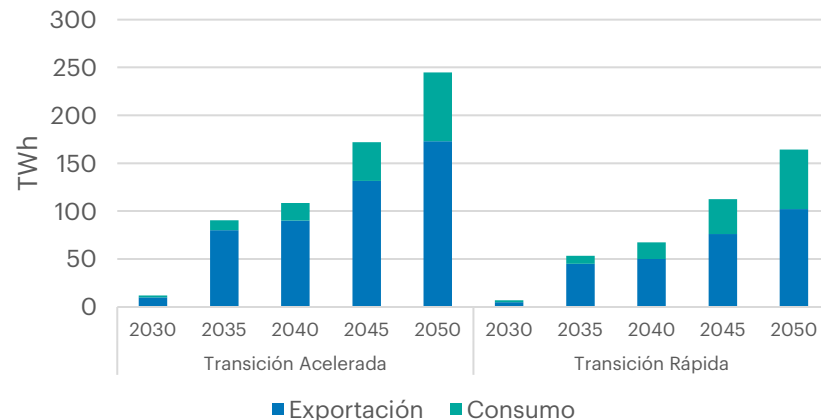
- Gran parte de la generación solar PV en el Escenario de Transición Acelerada (245 TWh en 2050) y Transición Rápida (164 TWh) está relacionada con la producción de Hidrógeno.
- Las baterías almacenarían 130 TWh en 2050 en el Escenario de Transición Acelerada.



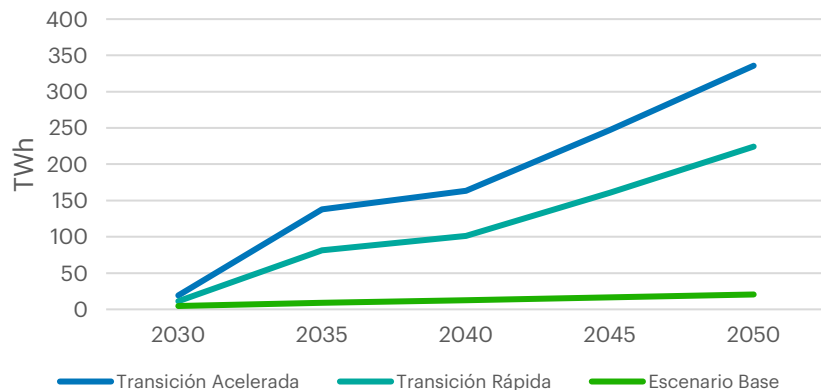
Producción de Hidrógeno Verde



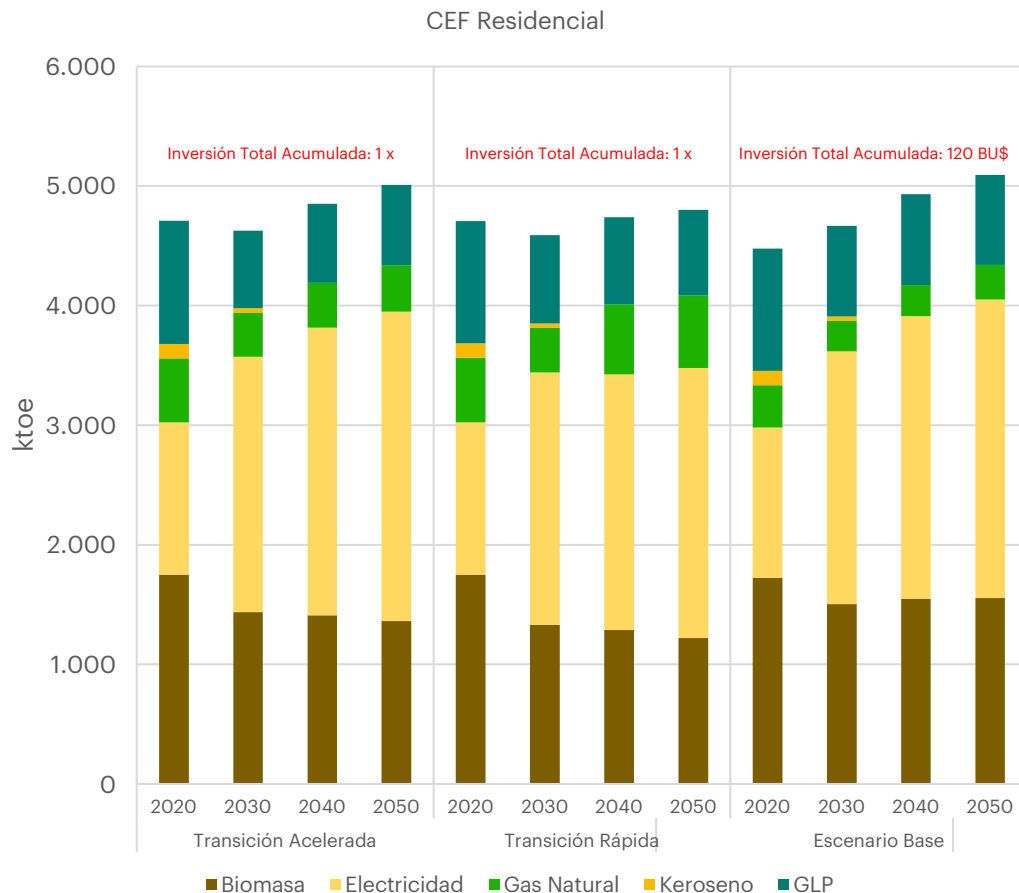
Hidrógeno: Consumo y Exportación



Consumo de Electricidad por Electrolisis

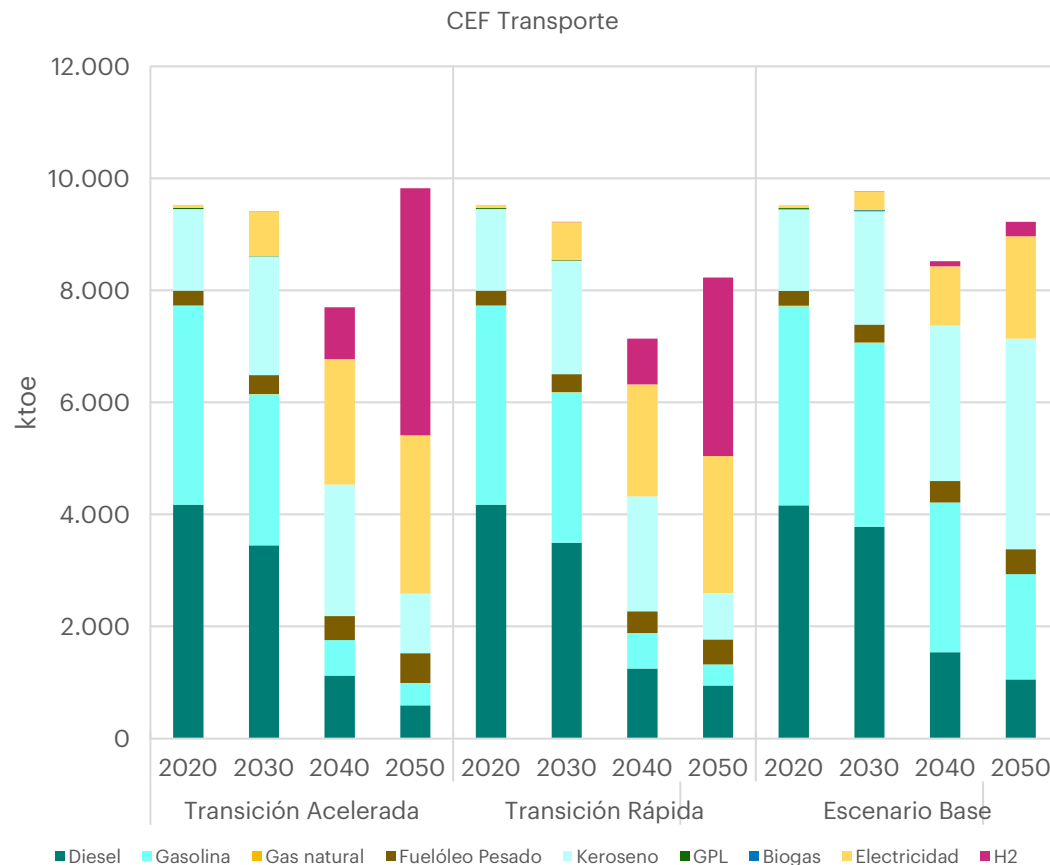


- Las exportaciones de hidrógeno son una entrada exógena basada en la estrategia nacional e influye de manera muy importante en su producción (70% de la producción en el Escenario de Transición Acelerada en 2050 y 62% en Escenario de Transición Rápida).
- El Escenario Base solo considera usos locales (nacionales) del Hidrógeno.



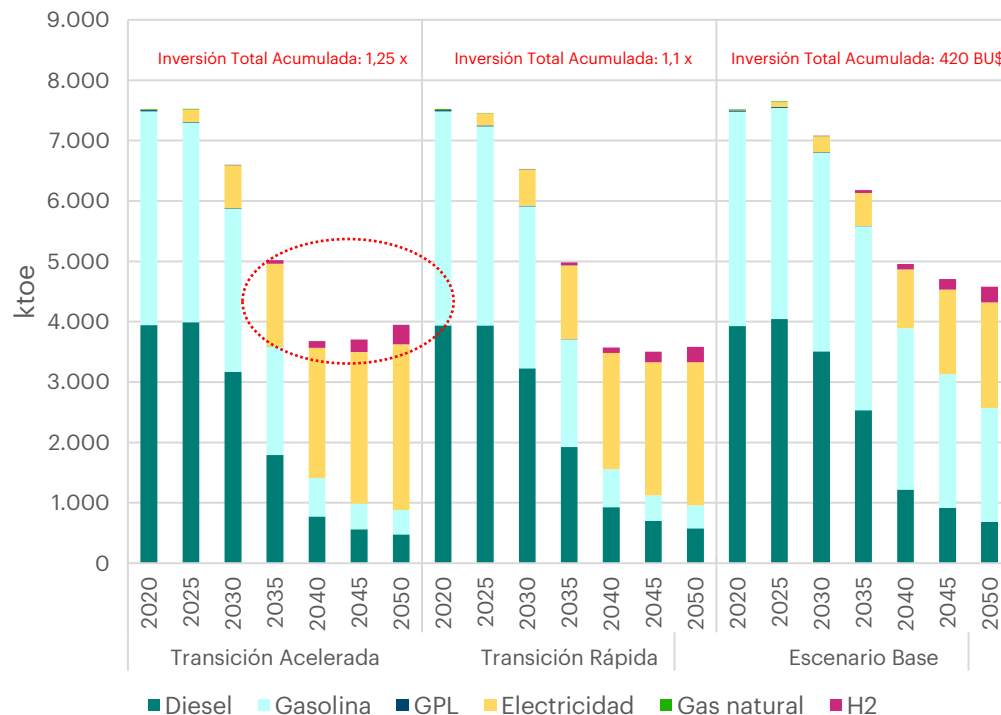
- Los pellets tomarían una gran proporción de la demanda de biomasa en el medio-largo plazo debido a su mayor eficiencia.
- La electricidad será el combustible dominante en el sector residencial, usada para electrodomésticos, calefacción, frío y calentadores de agua.
- El consumo de otros productos derivados del petróleo (GLP y Keroseno) se reducirá hasta el 2035, estabilizándose después.
- El gas natural seguirá siendo consumido principalmente en el Chile Central (CCH).

- Grandes cantidades de hidrógeno se podrían consumir hasta el año 2050.
- La gran diferencia entre los escenarios alternativos y el Escenario Base es la electrificación del transporte por carretera y la introducción del hidrógeno como vector en la aviación.
- El Escenario de Transición Acelerada tiene una demanda de transporte más alta debido al incremento en las proyecciones del PIB.
- Barreras y factores específicos de cada sector pueden ser discutidos y tenidos en cuenta en el desarrollo de sensibilidades.



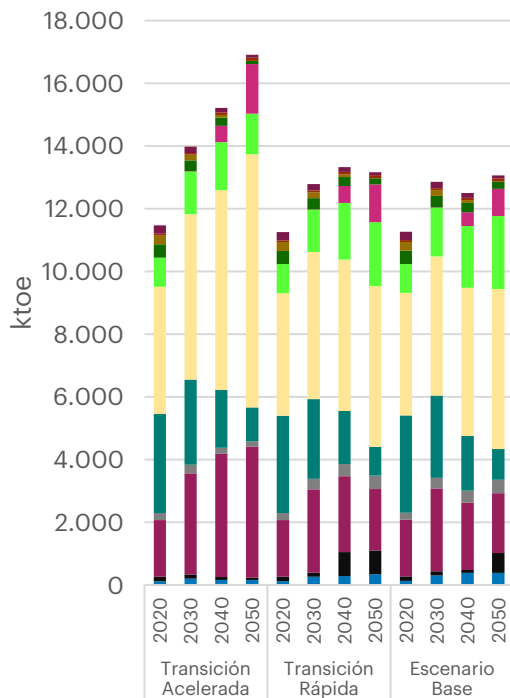
- El consumo de derivados del petróleo para el transporte por carretera se reduce considerablemente tras el año 2030 (muy dependiente de las hipótesis de las políticas aplicadas a la venta de vehículos convencionales).
- La electricidad es el principal vector de remplazo, el cual además generará una reducción del consumo total (gracias a la mayor eficiencia de los VE).
- El hidrógeno hace su aparición en el año 2035, usado sobre todo en vehículos pesados y autobús interurbano.

CEF Transporte Carretera



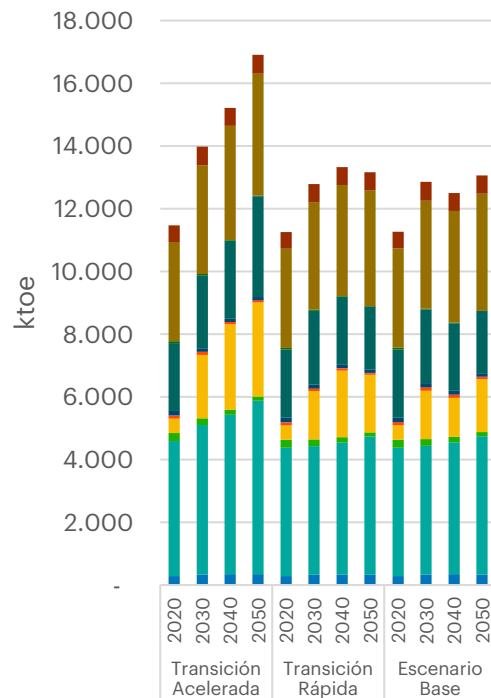
4. Escenarios y Resultados Preliminares

CEF por fuente



- Gas de Altos Hornos
- Coque
- Gas Natural
- GLP
- Otros (carbones)
- Diesel
- Hidrógeno
- Biomasa Sólida
- Electricidad
- Fuelóleo Pesado
- Coque de Petróleo

CEF por Sector Industrial



- Cemento
- Hierro
- Salitre
- Otras Industrias
- Cobre
- Siderurgia
- Papel y Celulosa
- Mineras Varias
- Pesca
- Azúcar

- El consumo de energía final por industria crecerá moderadamente hasta el año 2050 en el Escenario de Transición Acelerada y en el Escenario Base, mientras que el crecimiento en el Escenario de Transición Acelerada se debe a la diferente proyección de demanda.
- El sector con el consumo más alto continuará siendo el minero (cobre).
- La electricidad dominará el consumo final de energía todo el periodo.
- El uso del diésel decrecerá de manera gradual.
- El consumo de gas natural se incrementará, por el consumo de las "Industrias varias".
- El hidrógeno comenzará a tener relevancia en el 2035 y se usará principalmente en la minería y procesos asociados del cobre.
- Biomasa se mantendrá relativamente estable, consumiéndose sobre todo en papel y celulosa y en "Industrias varias" en el Escenario de Transición Rápida y el Escenario Base, pero se incrementa fuertemente en Escenario de Transición Acelerada.

	Escenario Base			Transición Acelerada			Transición Rápida		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Electrificación por sector (%)									
Comercio y Sector Público	50	49	49	52	50	49	52	49	48
Industria	32	34	35	35	39	46	34	32	35
Residencial	35	37	38	35	37	39	35	34	36
Transporte	3	12	20	8	29	29	7	28	31
Penetración ERNC									
Capacidad Instalada (GW)	35	47	58	48	127	218	40	87	150
Generación Distribuida PV (%)	10	10	9	9	4	2	9	6	4

	Escenario Base			Transición Acelerada			Transición Rápida		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
# Vehículos (Millones)									
Diésel	1,2	0,4	0,3	1,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,2
Gasolina	4,5	4,9	3,3	3,4	0,7	0,0	3,3	0,7	0,0
Eléctricos	0,5	2,2	5,0	1,9	7,0	9,3	1,6	6,4	8,4
Penetración VE (%)	7	29	59	30	90	100	26	86	98
Consumo de H2 (Ktoe)									
Industria	4	446	872	8	526	1.602	6	555	1.224
Transporte	4	93	259	5	939	4.453	4	831	3.305

Conclusiones Preliminares

- 1) **Electricidad** aporta la principal y más temprana contribución al proceso de reducción de emisiones.
- 2) **Generación de electricidad** estará dominada por energía renovable variable (ERV). La gran penetración de ERV se debe examinar en detalle. Se recomienda introducir restricciones “ad-hoc” al despacho de ciertas tecnologías para asegurar un correcto balance de la generación y la demanda.
- 3) **Producción de hidrógeno** para exportación impulsa instalación de gran volumen de ERV.
- 4) **Electrificación de consumos y procesos industriales** juega rol fundamental en proceso de transición. H2V y transporte se constituyen en las principales palancas:
 - a) La electrificación del transporte por carretera lleva a ahorros significativos en términos energéticos y en emisiones de efecto invernadero.
 - b) Consumo del sector aviación aumenta considerablemente en todos los escenarios alternativos. La introducción de H2V como combustible de aviación reduce fuertemente las emisiones (c/r a Escenario Base).
 - c) Consumo energético de derivados de petróleo y gas en la industria decrece de forma moderada hacia el 2050 en el Escenario Base. En los escenarios alternativos, el hidrógeno en las industrias minera y metalúrgica, y la biomasa en las industrias papelera y azucarera aumentan considerablemente hacia 2050.
- 5) **Usos residenciales** se electrifican en su gran mayoría, aunque la biomasa continúa como un vector significativo para viviendas unifamiliares en el largo plazo. Sin embargo, se utilizan tecnologías más eficientes y solo se considera biomasa seca y pellets después del 2030.

Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.





- Plan de Acción para retiro de generación a Carbón.



- Impuesto Verde.



- Acelerar Almacenamiento.



- Diseño de Mercado e Institucionalidad.



- Recursos Distribuidos: Acelerar Desarrollo y Reforma en Distribución Eléctrica.



- Demanda y Consumos: Educación y Cultura Energética vs Reacción por Contingencia Ambiental.



- Financiamiento: Movilizar Banca para reducir riesgo de financiamiento.



- Sectores Rezagados: Bosques, Biodiversidad, Agricultura, Transporte, urgencia en introducción e incentivo de tecnología.



- Capilaridad de instrumentos públicos: INDAP, CORFO, SERCOTEC.

Contenido

1. Contexto y Proceso.

2. Mesas de Trabajo.

3. Supuestos y Consideraciones para Escenarios.

4. Escenarios y Resultados Preliminares.

5. Políticas Públicas.

6. Próximos Pasos.



Taller Presentación de Escenarios (Jun-2022)

- Presentación con Stakeholders.
- Evaluación y Validación de Escenarios y Resultados.
- Propuestas de Política Pública.

Taller Presentación de Resultados (Ago-2022)



Hoja de Ruta para la Transformación Energética en Chile

Escenarios y Resultados Preliminares

Junio de 2022