



Andrés Pica  
Francisca Cid  
Jimmy Ferrer  
Orietta Valdés  
Carlos Peralta  
Rodrigo Contreras  
Rodrigo Henríquez

# Estimación del precio social del **carbono** para la **evaluación** de la **inversión pública** en **Chile**



NACIONES UNIDAS

CEPAL



EUROCLIMA

Construimos una transición verde, sostenible y justa con América Latina y el Caribe



Cofinanciado por  
la Unión Europea



# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

**Deseo registrarme**



NACIONES UNIDAS



[www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)



[www.instagram.com/publicacionesdelacepal](https://www.instagram.com/publicacionesdelacepal)



[www.facebook.com/publicacionesdelacepal](https://www.facebook.com/publicacionesdelacepal)



[www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)



[www.cepal.org/es/publicaciones/apps](http://www.cepal.org/es/publicaciones/apps)

# Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en Chile

Andrés Pica  
Francisca Cid  
Jimmy Ferrer  
Orietta Valdés  
Carlos Peralta  
Rodrigo Contreras  
Rodrigo Henríquez



Este documento fue preparado por Jimy Ferrer, Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Andrés Pica, Jefe de la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, Francisca Cid, Consultora de la mencionada División de la CEPAL, Orietta Valdés y Carlos Peralta, Analistas de Metodologías del Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile, y Rodrigo Contreras, Jefe del Departamento de Metodologías, y Rodrigo Henríquez, Jefe de la División de Evaluación Social de Inversiones, ambos de este último Ministerio, en el marco de las actividades del Programa EUROCLIMA, que ejecuta la CEPAL con financiamiento de la Unión Europea.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las Naciones Unidas o las de los países que representan.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2024/110  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2024  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.2401027[S]

Esta publicación debe citarse como: A. Pica y otros, "Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en Chile", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/110), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>I. Cambio climático, economía y el precio social del carbono</b> .....	<b>11</b>
<b>II. Alternativas metodológicas para definir un precio social del carbono a nivel nacional</b> .....	<b>13</b>
A. Costo social del carbono .....	14
1. Requerimientos de información .....	16
B. Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública .....	16
1. Requerimientos de información .....	18
C. Definición política basada en evidencia .....	19
1. Experiencias de otros países .....	19
2. Según estudios y literatura .....	20
3. Según organismos multilaterales .....	22
4. Según mercados de carbono .....	22
5. Requerimientos de información .....	23
6. <i>Benchmark</i> para un precio social del carbono .....	23
7. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método .....	25
<b>III. Disponibilidad de información nacional para cálculo del PSC</b> .....	<b>27</b>
A. Meta de mitigación .....	27
B. Información respecto a la proyección de emisiones .....	28
C. Antecedentes de mitigación .....	29
D. Experiencias previas de Chile .....	30
E. Tasa social de descuento .....	31
<b>IV. Evaluación de alternativas para el cálculo del PSC nacional</b> .....	<b>33</b>
A. Costo social del carbono .....	33
B. Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública .....	35
1. Identificación y evaluación de metas nacionales .....	35
2. Proyección de reducción de emisiones GEI .....	37

3.	Medidas de mitigación.....	37
4.	Costos marginales de abatimiento.....	38
5.	Transformación de precios privados a precios sociales.....	38
6.	Datos finales para construcción de las Curvas MAC.....	43
7.	Resultados.....	46
C.	Definición política basada en evidencia.....	47
D.	Actualización del precio social del carbono para Chile.....	48
<b>V.</b>	<b>Implicaciones de la implementación del nuevo precio social del carbono en la evaluación social de proyectos.....</b>	<b>49</b>
A.	Proyecto Carretera Arica-Tambo Quemado.....	49
B.	Proyecto Carretera Alto Chiza-Cuya.....	51
C.	Conclusiones aplicación del PSC en proyectos de inversión pública.....	52
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>53</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>57</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>61</b>
	Anexo A1.....	62
	Anexo A2.....	66
	<b>Cuadros</b>	
Cuadro 1	Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del costo social del carbono.....	15
Cuadro 2	Costo social del CO <sub>2</sub> en Estados Unidos según tasa social de descuento, 2020-2050.....	20
Cuadro 3	Valores de precio social del carbono en Reino Unido, 2020-2030.....	20
Cuadro 4	Valores de PSC del IPCC según sus diferentes reportes.....	21
Cuadro 5	Resumen de valores de precios al CO <sub>2</sub> en un escenario que limita a 2°C.....	21
Cuadro 6	Resumen de modelo de efectos aleatorios para estimar el precio social del carbono.....	24
Cuadro 7	Comparación de métodos de estimación del precio social del carbono.....	25
Cuadro 8	Objetivos de mitigación para Chile.....	28
Cuadro 9	Resultados del cálculo del PSC en Chile del año 2016.....	30
Cuadro 10	Resumen de resultados obtenidos al aplicar el método Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.....	30
Cuadro 11	Tasas de descuento decreciente en el largo plazo.....	31
Cuadro 12	Valores de costo social del carbono para distintos escenarios para el año 2020.....	34
Cuadro 13	Proyección de valores de Costo Social del Carbono a futuro.....	35
Cuadro 14	Evaluación de Objetivos de Mitigación para definir un Presupuesto de Carbono para Chile.....	36
Cuadro 15	Medidas de Mitigación de Chile.....	37
Cuadro 16	Estructuras de Clasificadores para Costos de Inversión (CAPEX).....	39
Cuadro 17	Estructuras de Clasificadores para Costos de Operación (OPEX).....	40
Cuadro 18	Ejemplo de asignación de porcentajes en categorías para Costos de Operación (OPEX).....	40
Cuadro 19	Tasa de sustitución entre energéticos.....	41
Cuadro 20	Detalles de correcciones CAPEX (precios privados a precios sociales).....	42
Cuadro 21	Detalles de correcciones OPEX (precios privados a precios sociales).....	43

Cuadro 22	Medidas de mitigación, costos marginales de abatimiento a 2050 y reducciones totales a 2050 .....	44
Cuadro 23	Precio social del carbono escalonado para Chile a partir de una tasa de crecimiento lineal para el período 2020-2050 .....	46
Cuadro 24	Evaluación social del proyecto Carretera Arica-Tambo Quemado con diferentes escenarios de precio social del carbono .....	50
Cuadro 25	Evaluación social del proyecto Alto Chiza-Cuya para diferentes escenarios de precio social del carbono .....	52
Cuadro 26	Precio social del carbono proyectado según el método costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública para Chile .....	54
Cuadro A1.1	Experiencias internacionales de definición de un precio social del carbono .....	62
Cuadro A2.1	Costos de abatimiento y reducciones de las medidas en precios privados .....	66
<b>Gráficos</b>		
Gráfico 1	Determinación del precio social del carbono .....	12
Gráfico 2	Rango de PSC esperado para un país en función de su PIB per cápita .....	24
Gráfico 3	Curva de costos marginales de abatimiento de medidas consideradas en la NDC de Chile 2020 .....	29
Gráfico 4	Tasa social de descuento decreciente de largo plazo para Chile .....	34
Gráfico 5	Presupuesto de carbono y metas de mitigación de Chile, según su NDC 2020 .....	36
Gráfico 6	Curva de costos marginales de abatimiento para el período 2020-2030 de Chile .....	45
Gráfico 7	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por km para Proyecto Arica-Tambo quemado según fases .....	50
Gráfico 8	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por km para Proyecto Alto Chiza-Cuya según fases .....	51
<b>Imagen</b>		
Imagen 1	Ejemplo de la planilla de conversión a precios sociales del MDSF .....	39



## Resumen

Este documento presenta las bases teóricas para la estimación del precio social del carbono y su aplicación al caso de la actualización de este precio social en Chile. Se incluye un breve análisis sobre la justificación desde el punto de vista económico para la aplicación de precios sociales del carbono en la evaluación de proyectos de inversión. De igual manera, el documento incluye la revisión de las distintas opciones metodológicas para llevar a cabo el trabajo de cálculo del precio social del carbono, con los respectivos requerimientos de información. Se evaluaron cada una de las alternativas con base en los antecedentes y la información disponible para definir la mejor opción para el caso de Chile. El documento presenta los resultados para distintos métodos de cálculo. Se presentan los resultados usando el método costo social del carbono a partir de distintas tasas social de descuento. También se construye la curva de costos marginales de abatimiento para alcanzar los objetivos de cumplimiento de la NDC actualizada y la carbono neutralidad al 2050. Los resultados a partir de esta metodología indican que el precio social del carbono a 2024 es de 63,4 USD/tCO<sub>2</sub>e, a 2025 de 71,1 USD/tCO<sub>2</sub>e y a 2030 de 109,7 USD/tCO<sub>2</sub>e. En el documento se presentan las implicaciones de utilizar el precio social del carbono en la evaluación de proyectos de inversión pública. Este documento hace parte de la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe implementada por la CEPAL en el marco del Programa EUROCLIMA, con la que se busca contribuir a incorporar consideraciones de cambio climático en los procesos de evaluación de la inversión pública, mejorar la eficiencia del gasto y que las asignaciones presupuestarias vayan en la misma dirección de los objetivos del Acuerdo de París.



## Introducción

La crisis climática continúa siendo uno de los principales desafíos a nivel global. La comunidad internacional se comprometió, a través del Acuerdo de París, a trabajar por mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C, y a hacer un esfuerzo mayor para que este aumento no supere los 1,5°C. El último reporte del IPCC llamó nuevamente la atención respecto a la urgencia de acelerar la acción para intentar alcanzar los objetivos del Acuerdo de París (IPCC, 2022). Por medio de las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) presentadas en las contribuciones determinadas a nivel nacional actualizadas, los países han ratificado el compromiso de trabajar por evitar un aumento de temperatura que ponga en riesgo la supervivencia humana, así como de ecosistemas y especies.

En este contexto, cabe señalar que Chile ratificó el Acuerdo de París el año 2016 y presentó su contribución determinada a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés). Este compromiso se actualizó el año 2020 para el período 2021-2030 a través de la NDC 2020 (Gobierno de Chile, 2020). Esta última actualización plantea compromisos tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático a nivel nacional.

De la NDC se pueden desprender tres objetivos de mitigación, asociados a compromisos del país en materia de emisiones. El primer objetivo plantea que Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (*peak*) al 2025. El segundo objetivo indica que Chile alcanzará un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO<sub>2</sub>e. Estos dos objetivos, son hitos intermedios al tercer y principal objetivo de mitigación del país, que es alcanzar la neutralidad en 2050, tal como se ha establecido en la Ley 21.455, Ley Marco de Cambio Climático. Esta ley fue promulgada el 30 de mayo del 2022 y publicada el 13 de junio del 2022 (Diario Oficial, 2022). Sumado a esto, con el fin de fortalecer esta meta, el año 2022 el país ajustó su objetivo nacional para incluir el gas metano de forma explícita y con una meta diferenciada. Esta meta es lograr revertir la tendencia de emisiones en 2025 e implementar una serie de acciones para lograrlo.

Existe un conjunto de instrumentos que los países pueden implementar para intentar reducir sus emisiones de GEI, donde destacan los instrumentos económicos como el impuesto al carbono, sistemas de comercio de emisiones y precio social del carbono, entre otros. El precio social del carbono tiene la particularidad de que puede ser usado en la evaluación de la inversión pública para discriminar entre inversiones altas y bajas en carbono, y a través de ello, cambiar las rentabilidades de los proyectos en favor de las inversiones que sean más bajas en emisiones de carbono.

La CEPAL, en el marco del Programa EUROCLIMA, ha estado impulsando la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe. Como parte de esta iniciativa, se dio asistencia técnica al Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile (MDSF) para la actualización del precio social del carbono que se usa en la evaluación de los proyectos de inversión pública. Este documento tiene como objetivo presentar los resultados de la estimación del precio social del carbono para Chile, trabajo técnico realizando en coordinación con la División de Evaluación Social de Inversiones del MDSF y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Con este documento no sólo se pone a disposición de las autoridades nacionales un insumo importante en la materia, sino que también provee de una evaluación del precio social del carbono para Chile y entrega recomendaciones para su uso y futura actualización.

El documento está estructurado de la siguiente manera. En la primera sección se presenta un breve análisis sobre el cambio climático desde el punto de vista económico y las motivaciones que llevan al uso del precio social del carbono. La segunda sección presenta una descripción de las distintas aproximaciones metodológicas para el cálculo del precio social del carbono. En la tercera sección se realiza una revisión de los antecedentes e información disponible a nivel nacional para calcular el precio social del carbono en Chile. Posteriormente, en la cuarta sección se presenta una evaluación de las alternativas metodológica para el cálculo y la actualización del precio social del carbono en Chile. En la quinta sección se presentan elementos sobre las implicaciones de la actualización del precio social del carbono en la evaluación de proyectos de inversión. Finalmente se entregan las conclusiones del estudio con los principales hallazgos y resultados de la estimación de la actualización del precio social del carbono para Chile, así como algunas recomendaciones para su implementación.

## I. Cambio climático, economía y el precio social del carbono

Las emisiones de GEI producto de las actividades productivas antropogénicas son una externalidad negativa, que afecta al sistema climático global. Estas externalidades implican ineficiencias económicas, puesto que los verdaderos costos de las acciones no son internalizados por los emisores.

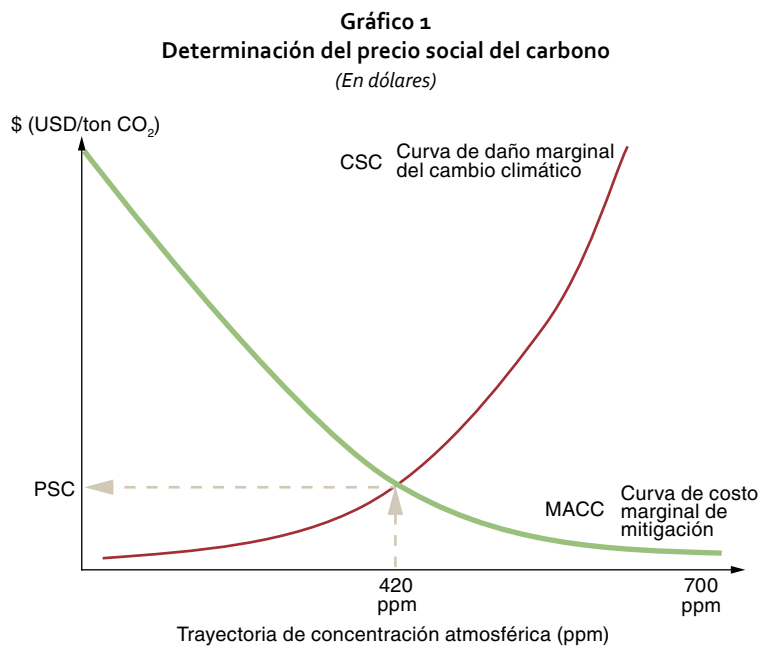
La razón por la que las emisiones de GEI no se reducen a la escala necesaria, aun considerando la vasta evidencia científica, puede entenderse desde la explicación de la estrategia de juegos, especialmente con el "Dilema del prisionero" (Foley, 2009). Un agente emisor de GEI percibe el costo marginal de emitir como cero, y aún en el caso hipotético de que sea capaz de predecir las trayectorias de emisiones globales, así como las consecuencias de estas, la mayor parte del daño que generará recaerá sobre otros y sólo una fracción despreciable sobre él. Por lo tanto, el agente no invertirá en acciones de mitigación ni disminuirá su producción. Todos los emisores tienden a elegir el mismo camino, por lo que las reducciones no ocurren. Es por esto que el cambio climático global a causa de las emisiones GEI constituye un caso de la "Tragedia de los [bienes] comunes". El clima global seguro, y por consiguiente los sumideros de GEI atmosféricos, se consideran un bien público ya que cumplen con el criterio de no rivalidad y no exclusión. Es decir, el clima seguro es un bien compartido, donde cada habitante del planeta recibe los beneficios y estos no son menores porque el vecino disfrute de estos beneficios (no rivalidad), y no es posible excluir del clima seguro a nadie de la sociedad (no exclusión).

El tamaño del sumidero, las actividades que hacen uso de este y el gran número de agentes emisores obstaculizan la gobernanza del bien (Hardin, 1968; Paavola, 2012). Las consecuencias de esta situación son los cambios en el clima, cuyos impactos negativos (externalidades globales) son un mal común. Es decir, los impactos del cambio climático sobre un agente no impiden que otros también se vean afectados, y no es posible aislar (o altamente costoso) de estos impactos a un agente en particular (Cartes Mena, 2021; Ibarrarán, 2010).

En esta situación, el caso óptimo sería la existencia de instituciones que permitan ajustar estas ineficiencias, al promover la internalización de estas externalidades por parte de los agentes emisores. Por ejemplo, por medio de una señal de precio correcta se lograría el equilibrio entre los daños producto de contaminar y los beneficios productivos, alcanzando el óptimo social de producción. En otras palabras, incentivos que gestionen y restrinjan las emisiones de GEI (o de la destrucción de sumideros). Cualquier

señal de precio incentiva a invertir recursos en mitigación, y si esta es la misma para todos los agentes, se pueden reducir las externalidades de manera costo eficiente. Sin embargo, el óptimo social se alcanza cuando el costo marginal de la mitigación iguala al beneficio marginal de descontaminar (daño marginal producto del cambio climático evitado).

El gráfico 1 ejemplifica la determinación del precio social del carbono. Se representan las curvas de costos marginales asociadas a distintos niveles de concentración de  $\text{CO}_2$  (las que se condicen con una cierta cantidad de  $\text{CO}_2$  emitida a nivel global). La curva azul representa la valoración de los daños marginales debido a los impactos del cambio climático o "daños por contaminación", es decir, cuánto le cuesta a la sociedad emitir una tonelada (o unidad) adicional (*i.e.* marginal) de  $\text{CO}_2$ . La curva verde, por otro lado, representa el costo marginal social de reducir las emisiones, o "costo de mitigación". El cruce de ambas curvas muestra el punto de equilibrio, donde existe un óptimo social (CSC/MAC) y de emisión (420 ppm), el que corresponde al precio social del carbono (PSC) óptimo.



Fuente: Elaboración propia.

La incorporación del precio social del carbono en los análisis costo-beneficio resulta útil para la evaluación de proyectos y políticas públicas, ya que permite dimensionar las consecuencias positivas y negativas de la implementación de cada alternativa de diseño. Al valorizar los posibles impactos en la evaluación de un proyecto -incluido el cambio climático- por medio del precio social del carbono, la decisión de la opción socialmente más conveniente se hace sencilla para la solución de mayor valor presente.

## II. Alternativas metodológicas para definir un precio social del carbono a nivel nacional

Esta sección presenta una mirada metodológica sobre el precio social del carbono, incluyendo una descripción de las alternativas de técnicas y métodos para el cálculo de este a nivel nacional, junto con algunas consideraciones relacionadas con las necesidades de información que se deben tener en cuenta para el uso de cada opción.

La estimación del precio social del carbono se puede desarrollar a través de distintas metodologías. La primera es a través del cálculo del daño marginal producto del cambio climático, es decir, estimando el costo social del carbono (CSC); la segunda es estimar el costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, el que estima el precio sombra de los costos marginales de mitigación, sujeto a una restricción presupuestaria de carbono. Otro método comúnmente utilizado se basa en adoptar un precio social del carbono en base a antecedentes desarrollados por terceros, ya sea de revisar bibliografía (e.g. las recomendaciones del IPCC), experiencias internacionales (e.g. CSC adoptado por otro país) y/o precio de un mercado de permisos de emisión (e.g. mecanismo de desarrollo limpio [MDL]).

El método técnicamente más preciso es el cálculo del costo social del carbono marginal producido a nivel global, el que subirá año a año en la medida en que el mundo siga emitiendo GEI y agotando el presupuesto de carbono global. Por otro lado, el método del costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, si el presupuesto de carbono se define óptimamente (punto de intersección del gráfico 1), refleja el precio sombra de los costos marginales de mitigación, nos permitirá llegar al mismo resultado dado que representa la solución al problema dual de optimización. Es decir, si existiese un mercado que abarcara todas las emisiones a nivel global y el mercado fuera competitivo, entonces el costo social del carbono coincidiría con el valor obtenido a partir de la aproximación del precio sombra de los costos de mitigación. A su vez, si se considera el caso de implementación de políticas climáticas costo-efectivas (Price et al., 2007), el precio social del carbono sería el mismo de forma transversal en todos los sectores emisores e igual al costo social del carbono. En la práctica, este no es el caso, ya que no existe un mercado global competitivo que transe permisos de emisiones, y los estados implementan una serie de políticas climáticas que dependen de los recursos actualmente disponibles.

A continuación se presentan las tres categorías de metodologías para la definición de un precio social del carbono:

- i) Costo social del carbono.
- ii) Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.
- iii) Definición política basada en evidencia.

## A. Costo social del carbono

Desde un punto de vista teórico, el óptimo social se alcanza cuando el PSC es igual al costo social del carbono, dado que se genera una señal de precio a los emisores que iguala a la externalidad social de manera equivalente a lo que sería un impuesto Pigouviano.

La estimación del daño marginal asociado a la emisión de una tonelada adicional de CO<sub>2</sub>e requiere la elaboración y/o utilización de Modelos de Evaluación Integrada (IAM, por sus siglas en inglés), lo que implica altos requerimientos de información y capacidades computacionales. Cuando se pretende estimar el costo social del carbono a nivel nacional, se debe tener en cuenta que no es recomendable aislar los daños a una jurisdicción, ya que impactos sobre otras regiones del planeta influyen indirectamente los impactos sobre dicha jurisdicción. Tampoco es recomendable establecer un precio social del carbono solo en función de las emisiones del país respecto al total global, debido a que los daños económicos asociados al cambio climático no están necesariamente relacionados con el nivel de emisiones de un país en particular.

Si bien cada país podría desarrollar su propio IAM, los costos y desafíos asociados a esta tarea son significativos además de poco justificados, dado que existe una importante tradición científica de desarrollo de IAMs globales que ya han sido revisados por la comunidad científica internacional. El principal referente para el cálculo del costo social del carbono es Estados Unidos, a partir del cual países como Canadá han decidido utilizar valores similares a los desarrollados por el primero, con pequeños ajustes (e.g. inflación, conversión de moneda). Los modelos empleados por Estados Unidos son los más comúnmente utilizados en el cálculo del costo social del carbono.

El cuadro 1 describe las principales alternativas disponibles y sus principales características. Cabe destacar que estas alternativas permiten obtener valores de costo social del carbono para el uso en la evaluación de iniciativas públicas y de impacto regulatorio, donde se pueden ajustar ciertos parámetros de entrada, tasas de descuento, entre otras. Adicionalmente, existen opciones de complementar estas alternativas, ya sea mediante el uso de otros escenarios de mitigación, sistemas de modelación climáticos diferentes, distintas funciones de daño, etc. Aquí se presentan los tres principales modelos que entregan como resultado final el costo social del carbono, más allá de las posibles modificaciones a estos dependiendo de las necesidades de cada tomador de decisión.

Estos tres modelos, y otros, han sido computarizados en una plataforma de uso abierto para todo usuario<sup>1</sup>. La plataforma ha sido desarrollada por *Resources for the Future* (RFF)<sup>2</sup> con el fin de mejorar el acceso a los modelos por parte de los tomadores de decisión. Los modelos entregan los valores finales de costo social del carbono tanto usando estimados promedios de ciertos parámetros, así como aplicando simulaciones de Montecarlo. Además, es posible ajustar los valores de entrada, ya sea definiendo distintas tasas de descuento, escenarios de mitigación, entre otros, dependiendo de los objetivos de la simulación. La plataforma permite visualizar en detalle todos los supuestos y resultados intermedios, tales como los cambios en la tº y el nivel del mar.

<sup>1</sup> Disponible en: <https://www.mimiframework.org>.

<sup>2</sup> Institución de investigación sin fines de lucro.

**Cuadro 1**  
**Características principales de las alternativas metodológicas para la estimación del costo social del carbono**

Modelo y última versión	Áreas geográficas	Gases	Sectores (impactos y daños)	Rango temporal	Adaptación	Módulo climático utilizado	Fuente de información
PAGE (Hope, 2013; Kikstra et al., 2021; Yumashev, 2020). PAGE 2020	8 regiones: Unión Europea, Rusia, China, EEUU., India, África, Latinoamérica, otros OECD.	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, gases lineales, sulfatos, otros GEI.	Mercado, no-mercado <sup>a</sup> , aumento en el nivel del mar y discontinuidad estocástica.	2008-2200 Opción de modelación anual.	Es una variable exógena, por lo que depende de las políticas a desarrollar y no del estado del clima ni del capital.	Representación del clima según el Quinto Informe del IPCC (RCP y SSP).	Sitio en línea donde se encuentra disponible el modelo: <a href="https://doi.org/10.5281/zenodo.5256554">https://doi.org/10.5281/zenodo.5256554</a> .
DICE (Barrage & Nordhaus, 2023; Nordhaus, 2017) DICE 2016 R2	Global.		Componente de daño único, que depende especialmente del aumento de la tº global.	2015-2100.	Implícitamente representada en sus parámetros.	Representación del clima según el Quinto Informe del IPCC (RCP y SSP).	<a href="https://doi.org/10.3386/w23319">https://doi.org/10.3386/w23319</a> . <a href="https://doi.org/10.1257/pol.20170046">https://doi.org/10.1257/pol.20170046</a> .
FUND (Waldhoff et al., 2014) FUND 3-9	16 regiones: EE.UU., Canadá, Europa occidental, ex- Unión Soviética, Medio Oriente, América Central, Sudamérica, Asia del sur, Sudeste asiático, China, Norte de África, África Sub-Sahariana, y Pequeños Estados Insulares.	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, SF <sub>6</sub> y aerosoles.	Agricultura, silvicultura, aumento en el nivel del mar, desórdenes cardiovasculares y respiratorios por estrés de tº, malaria, dengue, consumo energético, recursos hídricos, sistemas no manejados (e.g. ecosistemas), diarrea y tormentas tropicales extratropicales.	1950-3000, modelación anual.	Incluye adaptación de forma endógena, ya que los impactos dependen de los años anteriores.	Representación del clima según el Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC.	Los datos respecto a las proyecciones globales de poblaciones, PIB, escenarios, y otros, se encuentran en: <a href="http://www.fund-model.org/documentation/">http://www.fund-model.org/documentation/</a> . Mientras que el sitio en línea que permite correr el modelo es: <a href="https://github.com/fund-model/MimiFUND.jl">https://github.com/fund-model/MimiFUND.jl</a> .

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Se refiere a todos aquellos impactos que no se traducen inmediatamente a ganancias/pérdidas monetarias, como efectos sobre la salud humana y los ecosistemas.

Entre las recomendaciones de la *National Academies of Sciences* (2017) también destaca FaIR (Leach et al., 2021; Nicholls et al., 2020), pero a diferencia de los tres mencionados este no es un IAM en particular, sino que es un modelo simplificado del clima (*Simplified-earth system model*), por lo que no permite directamente el cálculo final del costo social del carbono sino que entrega una herramienta adicional a los IAM para mejorar su módulo climático. En particular, FaIR se destaca entre los modelos debido a su simplicidad y robustez en el cálculo, además de poder ser corrido con bajos requerimientos computacionales; por ejemplo, usando Excel, y sin necesidad de supercomputadores.

Las principales críticas a estos modelos se basan en la subestimación del daño, al no incluir todos los daños posibles (tanto en el mercado como fuera de él), al presentar debilidades en la cuantificación de eventos extremos y sus impactos, así como al evaluar los beneficios y bienestar de las generaciones futuras en relación a los sacrificios de las actuales. Otros elementos sujetos a crítica se refieren a que no han sido capaces de integrar los nuevos hallazgos científicos en relación a los daños, costos y probabilidades de impacto que se han desarrollado en los últimos años. Sumado a esto, muchas de las trayectorias ignoran la retroalimentación entre distintos módulos (e.g. riesgo de sequía con la producción agrícola), y las estimaciones se basan en una serie de suposiciones que entregan un alto grado de incertidumbre (Pindyck, 2013), presentando más bien un obstáculo para la toma de decisiones y socavando la utilidad de esta aproximación (Stern et al., 2021).

### 1. Requerimientos de información

No existen modelos desarrollados para cada país, por lo que se utilizan modelos desarrollados por centros de investigación internacionales, que realizan el cálculo a nivel global, dentro de los cuales los más comunes y disponibles en plataformas abiertas son el DICE, FUND y PAGE. Estos modelos también permiten obtener un costo social del carbono desagregado por territorio impactado, como por ejemplo, para América Latina. Gracias a las plataformas abiertas disponibles en línea, como Mimi Framework, aplicar y correr estos modelos con los parámetros bajo los cuales se crearon, es factible a bajos costos y requerimientos de información. Por lo tanto, el cálculo sólo requiere:

- Seleccionar uno de los tres modelos -o una combinación de estos: DICE, FUND o PAGE
- Definir una tasa social de descuento (TSD)

Para este método en particular es recomendable evaluar el daño global para la obtención del CSC, ya que no es posible aislar a las jurisdicciones de los impactos del cambio climático a partir de las emisiones nacionales.

## B. Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública

La principal alternativa a los modelos IAM para el cálculo del precio social del carbono ha sido en base al cálculo del costo de mitigación asociado a un objetivo de política pública. Esto en base a las curvas de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas en inglés) y un presupuesto de carbono asociado al objetivo de política pública. Este simplifica los requerimientos de información, dado que requiere modelos de emisión y costos de mitigación que pueden ser nacionales, los que, usualmente, son más sencillos y dependen de menos suposiciones sobre el accionar de otros países. Además, tienen la virtud que generan una señal de precio consistente con los objetivos nacionales de mitigación (ej: NDC), promoviendo la acción climática en todas las políticas e iniciativas públicas evaluadas con este precio social del carbono.

Un elemento relevante para utilizar esta opción es la disponibilidad de curvas de costos marginales de abatimiento, ya sea globales o nacionales. A nivel nacional, las curvas de abatimiento usualmente se analizan al proponer los compromisos nacionales de reducción de emisiones en sus NDCs. No obstante, también existen otras fuentes que permiten realizar el análisis considerando los costos globales de abatimiento:

- En 2007, la consultora McKinsey presentó un estudio (Enkvist et al., 2007) donde se detallan los posibles métodos de reducción de emisiones disponibles a nivel global, por región geográfica y por sector económico. Para el cálculo se utilizaron las proyecciones desarrolladas por la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos para establecer el escenario "Business As Usual" (BAU). A partir de este, se estudiaron los costos marginales de mitigación al año 2030 de cada alternativa de abatimiento respecto al escenario BAU, considerando un escenario de mitigación en el que se limitan las concentraciones de GEI en la atmósfera a 450 ppm.

En 2010, se actualizaron estas curvas con el fin de introducir una nueva línea base que refleje la economía global y las emisiones asociadas en un contexto post crisis económica. Los resultados de esta actualización dieron cuenta de que la crisis no tuvo un impacto relevante en las emisiones, y que las curvas se mantienen esencialmente iguales (Enkvist et al., 2010). La última actualización se realizó en 2013, la que incluyó una re-evaluación de disponibilidad y desarrollo de las nuevas tecnologías bajas en carbono y las nuevas tendencias macroeconómicas, entre otros elementos.

Estas curvas fueron utilizadas por el Reino Unido en su primera estimación de precio social del carbono (DECC, 2009), las que fueron más tarde actualizadas en el país para ser consistentes con las nuevas trayectorias de emisiones y costos de abatimiento propuestas por el IPCC. Adicionalmente, la consultora elaboró curvas de abatimiento para una serie de países durante el período 2007-2010, tales como Grecia, Polonia, India, Bélgica, Brasil, China, Suiza y Suecia, entre otros.

- Alternativamente, el IPCC ha realizado revisiones exhaustivas de los precios al carbono a distintos horizontes temporales (e.g. 2030, 2050, 2100), bajo distintos modelos y escenarios socioeconómicos y de mitigación. La información recopilada respecto a los escenarios se encuentra públicamente disponible<sup>3</sup>. La plataforma contiene tanto los escenarios del Quinto Informe del Grupo, como los más recientes de 1,5°C publicados en el Informe Especial (SR1.5) del año 2018.

El IPCC también ha publicado reportes con análisis detallado de las tecnologías de mitigación disponibles y sus costos (Fischedick et al., 2011). Estos valores han sido actualizados en los nuevos reportes de evaluación del grupo intergubernamental.

- Otras opciones:
  - GloCaF presenta un mercado global idealizado, donde el libre comercio alcanza un nivel óptimo del 100%. Iguala todas las regiones geográficas y estima que cada una de ellas mitiga al mismo costo marginal para lograr el objetivo global de reducción. El modelo entrega las curvas de costos marginales de abatimiento a nivel global para distintos sectores. Fue desarrollado por el *Department of Energy and Climate Change (DECC - ahora Department of Business, Energy and Industrial Strategy, [BEIS])* de Reino Unido, y utilizado para el cálculo nacional del PSC. Debido a que aún está en fase de prueba, solo algunas bases de datos se encuentran públicamente disponibles<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Ver: <https://iiasa.ac.at/scenario-ensembles-and-database-resources>.

<sup>4</sup> Ver sitio web de Reino Unido: <https://data.gov.uk/dataset/ag1a4b2a-6948-4cod-a5b8-c09ef2e604b2/global-marginal-abatement-cost-curves-by-country-sector-and-mitigation-option-2015-2050>.

- El *International Energy Agency (IEA)*, en conjunto con el Fondo Monetario Internacional (*IMF*, por sus siglas en inglés), detallan los costos de abatimiento globales de distintas tecnologías, con valores actualizados, para el sector energético (IEA, 2020).

El principal riesgo de esta aproximación es que al no tener en cuenta directamente la externalidad asociada al cambio climático, reflejando solo los costos de mitigación asociados a evitarla, es posible que frente a un objetivo de política pública de baja ambición se obtenga un precio social del carbono con valores muy bajos o eventualmente negativos. Esto último no tiene sentido, dado que los GEI emitidos no dejan de producir un daño social solo porque mitigar las emisiones sea “rentable”. Adicionalmente, esta aproximación no genera un óptimo social necesariamente, dado que la señal de precio no es necesariamente igual a la externalidad asociada a la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub>e. Una dificultad potencial de esta aproximación es que, en ausencia de un objetivo de mitigación que defina claramente un presupuesto de carbono, no es posible implementarla, por lo que sería necesario definir este objetivo por algún método.

### 1. Requerimientos de información

Este método es el que más requiere de información en comparación a las otras dos alternativas (costo social del carbono y basado en evidencia), además estos antecedentes tienen que estar en un formato específico. Existen dos tipos de antecedentes principales que permiten la aplicación de este método, que son los siguientes:

#### a) **Objetivo de Política Pública (e.g. NDC)**

El país debe contar un objetivo de mitigación claro, a partir del cual se pueda desprender un presupuesto de carbono para un horizonte temporal definido (e.g. una meta de emisiones para un año o período). La claridad del objetivo depende de:

- Existe un objetivo de política pública principal dado, que es multisectorial y está claramente definido. Si bien es común la existencia de varios objetivos, este debe ser identificable como el principal en comparación a objetivos/medidas sectoriales, los que también pueden aparecer en documentos oficiales (e.g. NDC, Estrategia de Descarbonización, etc.);
- Del objetivo de política pública es posible desprender un presupuesto de carbono con un valor exacto de emisiones, por ejemplo, la NDC establece que al 2030 no se puede emitir más de 100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, por el contrario, objetivos como un % de energías renovables, o de disminución de la intensidad de carbono de la economía no son útiles, dado que requiere hacer supuestos discutibles para calcular el presupuesto de carbono;
- Alcance sectorial del objetivo de mitigación es claro, ya sea porque abarca todos los sectores emisores o se enfoque solo en uno, por ejemplo, en energía;
- Los GEI considerados para el objetivo de mitigación son claros, especificando los contaminantes incluidos (e.g. emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O).

#### b) **Antecedentes de Mitigación (e.g. estudios nacionales de mitigación)**

Para esto se debe contar con:

- Sectores y GEI considerados consistentes con el Objetivo de Política pública;
- Proyección de emisiones para todos los sectores emisores incluidos en la meta de mitigación, para los siguientes escenarios:
  - Escenario de referencia sin medidas de mitigación (o BAU);
  - Escenario de máxima mitigación: en este caso debe ser posible tener un escenario donde se pueda reducir las emisiones más allá del Objetivo de Política Pública.

- Caracterización de las opciones de mitigación para el escenario de máxima mitigación, contando al menos con:
  - El potencial de mitigación de cada medida para el período del Presupuesto de Carbono;
  - Costo Marginal de abatimiento incremental para cada medida de mitigación en comparación con el escenario BAU.
- Antecedentes que aseguren que el cálculo del PSC entregue un valor positivo.

Para asegurar la pertinencia de los antecedentes de mitigación respecto al objetivo de este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Que el estudio sea realizado por una agencia de gobierno o encargada por este;
- Que el estudio sea realizado en un contexto consistente con el Objetivo de Política Pública;
- Que el estudio haya sido sometido a un proceso de validación o consulta pública;
- Que el estudio presente una modelación coherente para todos los sectores de emisión (mismos parámetros de modelación y períodos de análisis para todos los sectores);
- Que el estudio presente proyecciones de emisiones nacionales actualizadas, incluyendo los efectos de la pandemia;
- Que la proyección de emisiones nacionales sea consistente e idealmente fueron calibrada con los inventarios de GEI nacionales;
- Que sea posible acceder a los modelos o al menos a las planillas de cálculo detalladas con los resultados de modelación.

## C. Definición política basada en evidencia

Existiendo ya décadas de experiencias y estudios asociados a la determinación de precios al carbono, es posible recurrir a muchos antecedentes para que un país determine su precio social del carbono en base a la evidencia. Esto se puede hacer por medio de la selección del mismo precio social del carbono de otros países, un valor en base a literatura científica, recomendaciones de organismos internacionales y/o precios de mercados de carbono. Esto permite acelerar la aplicación de un instrumento sin necesidad de desarrollar modelos complejos para determinar el precio social del carbon, avanzando con una señal clara que se basa en la experiencia y aprendizajes de otros actores.

### 1. Experiencias de otros países

Las principales fuentes del costo social del carbono son a partir del resultado de la aplicación de los modelos antes mencionados (e.g. PAGE), u optando por los valores estimados, por ejemplo, en Estados Unidos. Como ya se describió anteriormente, este país realizó una modelación el año 2016 que involucró un comité especializado de académicos de diferentes disciplinas y combinando tres modelos distintos de cálculo, lo que entregó valores de costo social del carbono globales a ser utilizados a nivel nacional. Estos valores fueron actualizados en 2023 utilizando la misma metodología de Costo Social del Carbono, con base en otros modelos climáticos y de estimación de impactos y monetización de los daños (EPA, 2022). Los resultados actualizados se encuentran en el cuadro 2. Debido al esfuerzo detrás, así como a la confiabilidad de los datos, países como Canadá optaron por adoptar directamente estos valores ajustando solo a moneda nacional y por inflación, y actualmente Canadá actualizó también estos valores dado los nuevos valores de los Estados Unidos.

**Cuadro 2**  
**Costo social del CO<sub>2</sub> en Estados Unidos según tasa social de descuento, 2020-2050**  
 (En dólares 2020/tonelada métrica de CO<sub>2</sub>)

Año de emisión	Tasa social de descuento promedio		
	2,5%	2%	1,5%
2020	120	190	340
2030	140	230	380
2040	170	270	430
2050	200	310	480

Fuente: (EPA, 2022).

Al igual que en el caso de costo social del carbono, algunos países han desarrollado aproximaciones de cálculo *target-based* en base al contexto global para ser utilizados como valores nacionales. Reino Unido es uno de estos casos (véase cuadro 3), el que además fue uno de los primeros en implementar la metodología del Costo de mitigación para alcanzar objetivo de política pública y ha servido como ejemplo para su implementación en Chile. A diferencia del costo social del carbono, los valores de precio social del carbono obtenidos con este método dan cuenta del “nivel” esfuerzo de mitigación que un país ha decidido adoptar para cumplir con su objetivo de política pública, por lo que no necesariamente otro país va a tener exactamente la misma ambición. Sin embargo, es un referente de utilidad si se toma en consideración a naciones de condiciones similares.

**Cuadro 3**  
**Valores de precio social del carbono en Reino Unido, 2020-2030<sup>a</sup>**  
 (En libras esterlinas 2020 /tCO<sub>2</sub>)

Año	Valores bajos	Valores medios	Valores altos
2020	120	241	361
2021	122	245	367
2022	124	248	373
2023	126	252	378
2024	128	256	384
2025	130	260	390
2026	132	264	396
2027	134	268	402
2028	136	272	408
2029	138	276	414
2030	140	280	420

Fuente: BEIS, (2021).

<sup>a</sup> El cuadro muestra solo los valores al 2030, sin embargo, la estimación se hizo a 2050. Ver: BEIS (2021).

## 2. Según estudios y literatura

Existe un amplio rango de valores disponibles en literatura para este cálculo, entre los que se encuentran los siguientes:

- IPCC: El Capítulo 2 del SR1.5 contiene rangos de valores de precio al carbono para distintos escenarios y modelos (IPCC, 2018)<sup>5</sup>. Estos pueden ser utilizados como puntos de referencia o directamente como un promedio, según el escenario a considerar a nivel nacional. Nuevos

<sup>5</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15\\_Chapter\\_2\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Chapter_2_LR.pdf).

valores fueron detallados en el Sexto Informe de Evaluación el año 2022, donde se presenta el rango de valores de costos marginales de abatimiento para los diferentes escenarios (IPCC, 2022)<sup>6</sup> (véase cuadro 4).

**Cuadro 4**  
**Valores de PSC del IPCC según sus diferentes reportes**  
(En dólares/tCO<sub>2</sub>e)

Escenario	Rango sin descontar	
	2030	2050
<b>Reporte Especial 1,5°C (IPCC, 2018)</b> (En dólares 2010/tCO <sub>2</sub> e)		
Escenario bajo los 1,5°C de calentamiento	135-6050	245-14300
Escenario límite 1,5°C - leve exceso	58-1500 (aprox)	140-4100 (aprox)
Escenario límite 1,5°C - alto exceso	15-690 (aprox)	120-3900 (aprox)
Bajo los 2°C	15-1500 (aprox)	75-3900 (aprox)
Escenario de calentamiento de más de 2°C	15-220	45-1050
<b>Sexto Reporte de Evaluación (IPCC, 2022)</b> (En dólares 2015/tCO <sub>2</sub> e)		
Escenario bajo los 1,5°C de calentamiento y/o limitado exceso	170-290	420-1000
Escenario límite 1,5°C - alto exceso	60-150	180-380
Bajo los 2°C - Alta probabilidad	60-120	150-320
Bajo los 2°C - Baja probabilidad	30-65	80-180
Limitar el calentamiento por bajo los 2,5°C	17-30	40-78
Limitar el calentamiento a los 3°C	7-19	17-22

Fuente: IPCC (2018), IPCC (2022).

- OECD/IEA & IRENA (2017) realizaron una estimación de la señal de precio al carbono necesaria para promover una transición energética acelerada y de grandes alcances, para lograr un escenario de calentamiento que no supere los 2°C a finales de siglo (presupuesto de carbono global para el sector energético de 790 Gt CO<sub>2</sub> para el período 2015-2100). Respecto a este escenario, estimó valores diferentes para países parte de la OECD, economías emergentes (e.g. Brasil, China, Rusia y Sudáfrica) y otras regiones. Los valores se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5**  
**Resumen de valores de precios al CO<sub>2</sub> en un escenario que limita a 2°C**  
(En dólares/tCO<sub>2</sub>)

	2020	2030	2040	2050
Países OECD	20	120	170	190
Principales economías emergentes <sup>a</sup>	10	90	150	170
Otras regiones	5	30	60	80

Fuente: OCDE/IEA & IRENA, 2017.

<sup>a</sup> incluye Brasil, China, Rusia y Sudáfrica.

<sup>6</sup> [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_Chapter03.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter03.pdf).

- CDP & CPLC (2018) presentan valores de mercado aplicables al sector privado que son consistentes con un escenario de calentamiento bajo los 2°C de calentamiento. El estudio se basó en las tendencias globales de las empresas de implementar precios al carbono internos, así como en los precios de mercado proyectados de las tecnologías bajas en carbono que se han desarrollado en distintas trayectorias (en línea con los 2°C). El rango de precio varía entre USD 24-50 al año 2020, hasta USD 30-100 al año 2030 (CDP & CPLC, 2018).
- High-Level Commission on Carbon Prices (2017) estimó que una señal de precio consistente con el objetivo establecido en el Acuerdo de París (bajo los 2°C de aumento de tº) debiese ser de entre USD 40-80 a 2020, y USD 50-100 a 2030 (High-Level Commission on Carbon Prices, 2017).

### 3. Según organismos multilaterales

Diversos organismos han recomendado precios al carbono, algunos de los cuales tienen un fuerte componente regional, entre éstos se encuentran:

- El IMF estimó en 2021 que lograr la meta de 1,5 y 2°C de calentamiento global requeriría más que la carbono-neutralidad a 2050, y entre las medidas adicionales se especifican impuestos al carbono. Se recomendó que al año 2030 este impuesto al carbono debiese alcanzar un valor de USD 75 por tonelada de CO<sub>2</sub> a nivel global. Además, la recomendación distingue entre distintos niveles de desarrollo para la definición de un precio al carbono debido, por ejemplo, a la intensidad de la producción industrial, pero también considera una distribución más equitativa de la carga. Para economías emergentes se estima un precio de USD 25 al año 2030, para economías de altos ingresos aumenta a USD 50, mientras que para las economías avanzadas el valor llega a USD 75 (Parry et al., 2021).
- La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) llevó a cabo en 2019 un meta-análisis de la literatura disponible respecto a CSC, con el fin de obtener un valor medio. El valor obtenido es de USD<sub>2014</sub> 25,83; sin embargo, se considera un valor conservador debido que subestima las retroalimentaciones del sistema climático e ignora otros procesos socioeconómicos, tales como migraciones. En el caso de América Latina, las retroalimentaciones son particularmente relevantes debido a los potenciales efectos de eventos catastróficos extremos (Alatorre et al., 2019).
- El Banco Mundial elaboró en 2017 una guía de orientación a los proyectos privados que busquen financiamiento en el Banco, para llevar a cabo análisis económicos usando el Precio Sombra del Carbono. Recomendó utilizar los valores entregados por el *High-Level Commission on Carbon Prices* para el período 2020-2030, y extrapolar desde 2030-2050 usando una tasa de crecimiento de 2,25% anual (Banco Mundial, 2017).

### 4. Según mercados de carbono

Los mercados de carbono se dividen en dos grandes tipos: los sistemas de comercio de emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) y la compensación de emisiones (*offsets*). El ETS opera bajo el concepto de *cap-and-trade*, es decir, limitan las emisiones totales de una instalación, región, país o grupo de países, entregando permisos de emisión (*carbon allowances*). Si las emisiones de las fuentes emisoras emiten por sobre o por debajo de este límite máximo, la diferencia puede ser intercambiada en el mercado, ya sea vendiendo los excesos de *allowances* o comprando excedentes de terceros para compensar. Usualmente este mercado es regulado, es decir, existe un marco normativo que establece dichos límites y procura el cumplimiento por parte de los entes regulados.

Los sistemas *offsets*, por su lado, pueden ser mecanismos regulados o voluntarios. Los instrumentos regulatorios que los impulsan son del tipo impuesto al carbono y/o como esquema complementario al ETS. Las fuentes emisoras no tienen necesariamente un límite establecido, por lo que el mercado se basa en la comercialización de reducciones con el fin de compensar las emisiones GEI. Estas reducciones se pueden certificar y cumplen con metodologías que entregan lineamientos mínimos de contabilidad.

Dos de los principales instrumentos que permiten la transacción de reducciones son el mecanismo de Implementación Conjunta (JI, por sus siglas en inglés), y el mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Estos se crean a partir del Protocolo de Kioto y permiten que los países Anexo I cumplan con sus compromisos de reducción. Ambos mecanismos se consideran como sistemas offsets y difieren del ETS, en particular, por el origen de las reducciones. El JI y MDL permiten el uso de reducciones solo cuando estas ya ocurrieron y han sido verificadas y certificadas. En contraste, en el caso de ETS la transacción ocurre debido al incumplimiento normativo, y las reducciones pueden provenir tanto de los permisos de emisión excedentarios de otros agentes regulados, como de los certificados de reducción de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) otorgados por mecanismos como MDL y JI.

La comercialización de estas reducciones entrega una señal de precio que indica la disposición a pagar por las emisiones. Esta información funciona como *proxy* para el establecimiento de un Precio Social del Carbono.

Esta metodología de cálculo ha sido ampliamente criticada, ya que la señal de precios está distorsionada por otros factores (Ahrens & Ruf, 2016), según lo evidenciado durante la tercera fase de implementación del mecanismo ETS en la Unión Europea el año 2012. Los límites máximos de emisión no fueron suficientemente estrictos, por lo que los permisos de emisión, en muchos casos, eran mayores a las emisiones reales de las fuentes emisoras. Esto resultó en un exceso de permisos que se comercializaron colapsando el mercado, en el cual el precio decreció a valores cercanos a los €3.00 por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente reducida el año 2013.

Por último, una dificultad transversal de este método es la enorme cantidad de alternativas de precio social del carbono a seleccionar, lo que puede hacer difícil tomar la “mejor” decisión.

## 5. Requerimientos de información

En el caso de esta metodología, no se requiere de antecedentes nacionales complejos, sino más bien seleccionar el tipo de evidencia a considerar (e.g. organismos multilaterales, experiencia internacional) para luego evaluar cuál de las alternativas disponibles, se ajusta mejor al contexto nacional.

En caso de utilizar el *benchmark* propuesto (ver siguiente sección), se debe tener disponibilidad de:

- El PIB (PPA) per cápita nacional más actualizado disponible al momento del cálculo del PSC (e.g. 2020);
- Trayectoria de crecimiento de PIB (PPA) per cápita en caso de querer dejar calculado el precio social del carbono para un período futuro, por ejemplo, del 2025 al 2030 (opcional).

## 6. Benchmark para un precio social del carbono

Se construyó un valor de referencia para lo que debiera ser un precio social del carbono a nivel nacional. Este trabajo se basó en un análisis econométrico de las preferencias reveladas de los países que han implementado un precio social del carbono a nivel nacional (cuadro 6). El detalle del precio social del carbono de cada país utilizado para realizar la estimación se detalla en el Anexo A1.

Los valores que se obtienen de este análisis dan cuenta de un esfuerzo compatible o coherente con el que ha tomado la comunidad internacional. No refleja un costo social del carbono o el costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública, pero da cuenta del rango en el que debiera estar el precio social del carbono de un país en función de su PIB (PPA)<sup>7</sup> per cápita.

En este análisis se probaron múltiples modelos de regresión (Regresión Lineal Simple, Efectos Aleatorios, etc.) y posibles variables explicativas (PIB per cápita, región, pertenencia a la OECD, país y año de cálculo del precio social del carbono). Finalmente, la opción seleccionada debido a su mayor

<sup>7</sup> Se refiere al Producto Interno Bruto de un país ajustado por poder adquisitivo en USD constantes del 2017, en base al Banco Mundial (<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.KD>).

versatilidad, ajuste y significancia estadística fue un modelo de Efectos Aleatorios que utilizó como variables el país, año de cálculo del precio social del carbono y PIB (PPA) per cápita para explicar el precio social del carbono. El cuadro 6 presenta un resumen de los resultados de la regresión seleccionada. Como se puede apreciar, el modelo tiene un ajuste superior al 50% y es significativo estadísticamente.

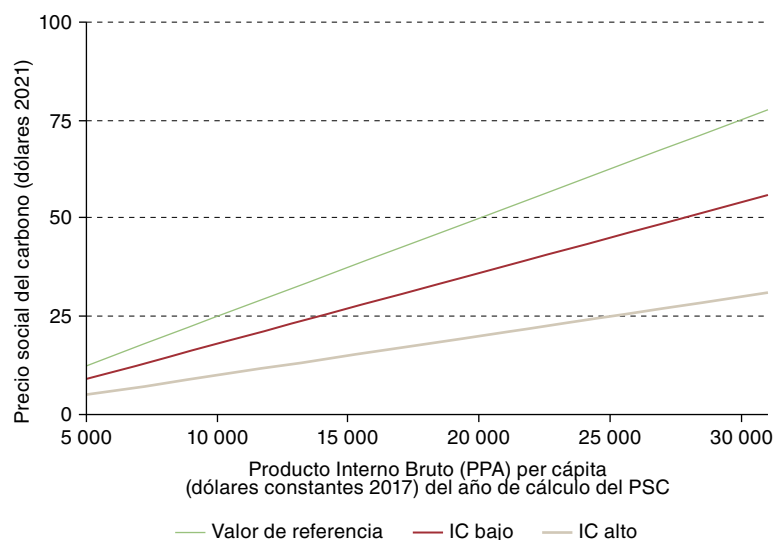
**Cuadro 6**  
Resumen de modelo de efectos aleatorios para estimar el precio social del carbono

Parámetro	Valor
Observaciones	29,00
Entidades	15,00
R <sup>2</sup>	0,59
Estadístico F	40,40
Valor P	0

Fuente: Elaboración propia.

Esto permite contar con un modelo para calcular un valor de referencia para el precio social del carbono para cualquier país en función de su PIB (PPA) per cápita con el que, complementado al Intervalo de Confianza (IC) de un 95%, permite obtener un rango de valores de precio social del carbono coherentes con las preferencias reveladas internacionalmente por otros países. El resultado del modelo indica que, por cada 1,000 USD 2017 de PIB (PPA) per cápita, el PSC debe subir 1,8 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e como valor central, y un rango de entre 1,2 y 2,4 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e. Así, por ejemplo, para un país con un PIB (PPA) per cápita de 10.000 USD 2017, un precio social del carbono mínimo debiera ser de 12 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e, un valor esperable debiera ser de 18 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e, y un país con alta ambición climática debiera tener un precio social del carbono superior a los 24 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e. El gráfico 2 muestra el rango de precio social del carbono para un país en función de su PIB (PPA) per cápita en USD 2017.

**Gráfico 2**  
Rango de PSC esperado para un país en función de su PIB per cápita  
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de Chile, se tiene que dado que su PIB (PPA) per cápita al 2021 fue de 25.449 USD 2017 per cápita, un PSC del carbono mínimo debiera ser de 31 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e, un valor esperable debiera ser de 46 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e, y para ser considerado un país con alta ambición climática debiera tener un PSC superior a los 61 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e.

## 7. Síntesis de ventajas y desventajas de cada método

Como se ha documentado, existen diferentes opciones metodológicas para la definición de un precio social del carbono. Todas las alternativas tienen ventajas y desventajas asociadas. El cuadro 7 presenta una síntesis de estas.

No obstante el método, una señal de precio siempre será costo eficiente si se aplica de forma transversal a todos los sectores.

**Cuadro 7**  
**Comparación de métodos de estimación del precio social del carbono**

Método	Ventajas	Desventajas
Costo social del carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía.</li> <li>• Distintos centros de investigación ya han desarrollado el cálculo y disponibilizado modelos.</li> <li>• Es la alternativa técnicamente más correcta, debido a su enfoque pigouviano<sup>a</sup>, lo que permite alcanzar el óptimo social.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta complejidad de los modelos.</li> <li>• Es demoroso y costoso si se opta por desarrollar un modelo propio.</li> </ul>
Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía.</li> <li>• Permite contar con un PSC propio alineado a los objetivos nacionales de mitigación.</li> <li>• Se puede desarrollar con un esfuerzo acotado a partir de datos nacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de no haber un objetivo claro de política pública, se necesita definir si puede realizar el cálculo del Fair share para el país.</li> <li>• Requiere estimar los costos de mitigación nacionales (si no se ha realizado antes).</li> <li>• Si el objetivo de política pública es poco ambicioso, puede haber un PSC negativo.</li> </ul>
Definición política basada en evidencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es costo eficiente si se implementa para todos los sectores de la economía.</li> <li>• Bajo costo y sencillo de definir.</li> <li>• Podría ser el óptimo social si se elige una experiencia de CSC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiples opciones obstaculizan la elección del PSC "más apropiado".</li> <li>• Enfoque de mercados de carbono es muy susceptible a la volatilidad, por lo que no da una señal de largo plazo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Busca que los agentes económicos internalicen la externalidad negativa a través de la implementación de un impuesto.



### III. Disponibilidad de información nacional para cálculo del PSC

Se hizo una revisión bibliográfica de la información públicamente disponible de Chile, especialmente basada en levantar toda información relativa a los compromisos nacionales de reducción de GEI, la información histórica, las proyecciones de emisiones nacionales, así como de los modelos utilizados tanto para la proyección de las variables como para el análisis de carteras de medidas de mitigación, y la tasa social de descuento utilizadas nacionalmente. Con esta revisión se busca compilar los antecedentes del país, para luego someterlos a evaluación respecto a los requerimientos de información según metodología de estimación del precio social del carbono.

#### A. Meta de mitigación

Chile el año 2015 presentó su primer compromiso de mitigación nacional en su NDC tentativa (iNDC, por sus siglas en inglés). En ella presentó una meta basada en la intensidad de emisiones del país, que se refiere a las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por unidad de Producto Interno Bruto (PIB) en millones de pesos chilenos. La meta planteó reducir la intensidad de emisiones en un 30% al año 2030 respecto a los niveles de 2007.

En el año 2020, el país actualizó el compromiso a la luz de los avances en materia de cambio climático, aumentando su ambición y claridad. Esta última actualización plantea compromisos tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático a nivel nacional. De la NDC se pueden desprender tres objetivos de mitigación, asociados a compromisos del país en materia de emisiones. El primer objetivo plantea que Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (*peak*) al 2025. El segundo objetivo considera que Chile alcanzará un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO<sub>2</sub>e. Estos dos objetivos, son hitos intermedios al tercer y principal objetivo de mitigación del país, que es alcanzar la neutralidad carbónica en 2050, tal como se ha establecido en la Ley 21.455, Ley Marco de Cambio Climático. Esta ley fue promulgada el 30 de mayo del 2022 y publicada el 13 de junio del 2022 (Diario Oficial, 2022). Sumado a esto, con el fin de fortalecer esta meta, el año 2022 el país ajustó su objetivo nacional para incluir el gas metano de forma explícita y con una meta diferenciada. Esta meta es lograr revertir la tendencia de emisiones en 2025 e implementar una serie de acciones para lograrlo.

Todos estos objetivos de mitigación son de alta jerarquía por lo que Chile debe hacer mayores esfuerzos para cumplirlos, afortunadamente a partir de cada uno de estos es fácil determinar el presupuesto de carbono asociado a cada objetivo y los sectores del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). A continuación, en el cuadro 8, se resumen los objetivos de mitigación y sus metas de emisiones.

**Cuadro 8**  
**Objetivos de mitigación para Chile**

Objetivo de mitigación	Período para el Objetivo	Fuente	Alcance sectorial del objetivo de mitigación	Meta de Emisiones (MtCO <sub>2</sub> e)
Meta de emisiones a 2030	2030	Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)	Todos los sectores del inventario, excepto UTCUTS	95
Presupuesto de Carbono entre 2020-2030	2020-2030	Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)	Todos los sectores del inventario, excepto UTCUTS	1 100
Meta de carbono-neutralidad 2050	2050	Ley Marco de Cambio Climático	Todos los sectores del inventario	0

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta información, se considera que las metas de mitigación son suficientemente claras como para determinar un presupuesto de carbono a 2030, planteando objetivos específicos con un horizonte temporal definido. No obstante, no es posible definir cuál es la principal, dado que tanto la NDC como la de carbono-neutralidad responden a compromisos internacionales.

## B. Información respecto a la proyección de emisiones

Considerando los objetivos de política pública identificados en la sección anterior, se debe contar con una proyección de escenarios de emisión para todos los sectores del INGEl, para esto se hizo una revisión bibliográfica de la información disponible para Chile considerando los antecedentes más recientes para cada sector en materia de estudios de mitigación de emisiones de GEI. En particular se seleccionaron:

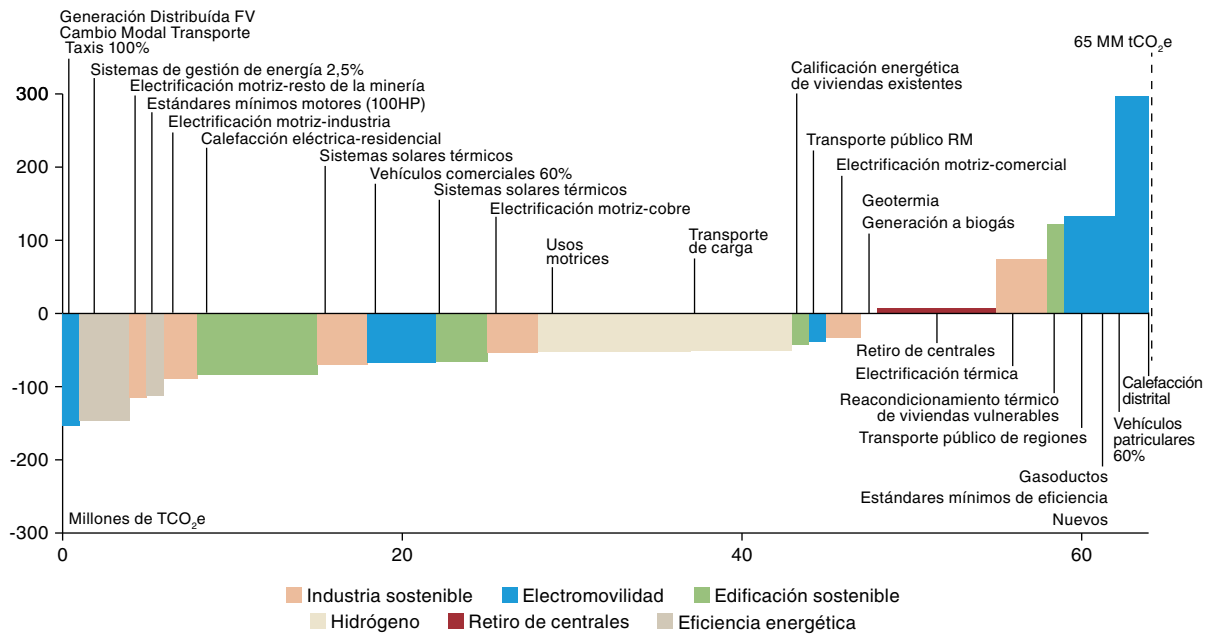
- Sector Energía: El "Informe Preliminar de la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP)". En este informe, la PELP establece medidas de mitigación para 7 subsectores energéticos, estos son: Transporte, Residencial, Público, Comercial, Sistema eléctricos, Industria y Minería (Ministerio de Energía, 2021).
- Sector Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura: El estudio "Opciones para lograr la carbono-neutralidad en Chile: una evaluación bajo incertidumbre" (IDB, 2021) realizada para el Ministerio de Medio Ambiente de Chile y con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP): El estudio "Diseño e implementación del Sistema Nacional de Prospectiva de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNP) para el seguimiento del progreso de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) bajo el Acuerdo de París.". Este informe fue desarrollado por E2BIZ para el PNUD y el Ministerio de Medio Ambiente de Chile el año 2022.
- Sector Residuos: El estudio "Diseño e implementación del Sistema Nacional de Prospectiva de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNP) para el seguimiento del progreso de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) bajo el Acuerdo de París.". Este informe fue desarrollado por E2BIZ para el PNUD y el Ministerio de Medio Ambiente de Chile el año 2022.

Cada uno de ellos representan antecedentes para poder evaluar las metas de mitigación y son consistentes con estas, por lo que es posible que sean utilizadas.

### C. Antecedentes de mitigación

Chile tiene una amplia experiencia en la elaboración de antecedentes de mitigación, ya sea en la evaluación de reducciones de emisiones de un abanico de medidas, como los costos asociados a la implementación. Los estudios previamente mencionados analizan estas medidas y, en muchos casos, trabajan como base las medidas presentadas en la NDC 2020 del país (gráfico 3).

**Gráfico 3**  
**Curva de costos marginales de abatimiento de medidas consideradas en la NDC de Chile 2020**  
 (En dólares/tCO<sub>2</sub>e)



Fuente: MMA, 2020.

Nota: En verde aparecen las medidas en curso.

Este tipo de trabajos no es único, como se mencionó anteriormente y todos ellos han sido apoyados por organismos multilaterales e internacionales que buscan reforzar tanto las capacidades como la ambición climática nacional. Por ello, han sido coherentes con las metas nacionales. Además de estos, el trabajo realizado por el Centro de Cambio Global el año 2021 con apoyo del *Environmental Defense Fund* también representa un trabajo de modelación relevante a considerar que evaluó una serie de escenarios y estrategias de mitigación para lograr la meta nacional a 2030. Para descripción detallada de las medidas de mitigación para cumplir el presupuesto de carbono 2020-2030 se encuentra en CCG UC, (2021).

Dados estos antecedentes, Chile cuenta con información suficiente para poder aplicar el Método Costo de Mitigación para alcanzar un objetivo de política pública. Es relevante considerar, sin embargo, que la aplicación de este método no se traduce automáticamente en la obtención de un precio social del carbono acorde a la realidad nacional o con valores significativos. Esto último dado que los valores de PSC obtenidos desde estas curvas MAC significarían PSC por sobre los 80 y 100 dólares (ver a modo de referencia el costo marginal de abatimiento de la medida asociada a lograr el objetivo de mitigación). Por consiguiente, este método depende de la ambición del país y de si los antecedentes de mitigación permiten sobre cumplir este objetivo.

## D. Experiencias previas de Chile

Chile cuenta con experiencia previa en el cálculo del precio social del carbono, en particular el cuadro 9 presenta los resultados del último cálculo de este ejercicio, luego formalizado por el país. El ejercicio se basó en el cumplimiento de la iNDC de Chile 2015 y se plantearon medidas de mitigación consistentes con dicho objetivo. El resultado del análisis indica que en caso de evaluar la meta nacional de reducción de intensidad de emisiones en un 30% a 2030 respecto a 2007, el PSC entrega un valor 0. Este valor, más bien es un valor negativo (Escenario "Alto sin hidroelectricidad en Aysén ni Intercambio Regional) que indica que el cumplimiento de esta meta se logra al implementar medidas de mitigación con costos marginales de abatimiento negativo. Es decir, los beneficios de implementar estas medidas son mayores a los costos. Además, en dos escenarios es posible apreciar que no se alcanzaría la meta bajo ese nivel de esfuerzo.

**Cuadro 9**  
Resultados del cálculo del PSC en Chile del año 2016  
(En dólares/ton CO<sub>2</sub>)

Meta NDC/ Escenario (En porcentajes)	80/20 sin hidroelectricidad en Aysén ni intercambio regional	Energías renovables no convencionales	Alto sin hidroelectricidad en Aysén ni intercambio regional	Promedio
30	27,4	33,2	0	20,2
35	35,9	35,9	25,6	32,5
45	No se alcanza meta	No se alcanza meta	34,1	43,2

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social. Gobierno de Chile. 2017.

Una primera iteración de este método se realizó el año 2022 en el marco de la primera fase de la iniciativa regional que implementa CEPAL en apoyo a países de América Latina y el Caribe para la estimación del precio social del carbono y su inclusión en la evaluación de la inversión pública. En esta iteración el Gobierno de Chile decidió mantener el método utilizado en 2016, es decir usar el método "Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública", esto dado a que posee toda la información necesaria para aplicarlo y poder construir las Curva de costos marginales de abatimiento. Este fue un trabajo de varios meses que consistió en recopilar la información sobre medidas de mitigación y costos marginales de abatimiento, seleccionar dichas metas y elaborar las curvas de abatimiento. Previo a esta selección, el equipo técnico debió consolidar los trabajos disponibles en cuanto a proyecciones por sector y desarrollar el escenario Business As Usual (BAU) que se utilizaría para determinar las reducciones necesarias para cada objetivo de mitigación (meta 2030, presupuesto de carbono 2020-2030 y carbono-neutralidad). Más detalles del trabajo realizado en esta etapa se encuentran en el Anexo A2. El resultado de este trabajo se resume en el cuadro 10.

**Cuadro 10**  
Resumen de resultados obtenidos al aplicar el método Costo de mitigación  
para alcanzar un objetivo de política pública

Objetivo de política pública	Meta (MtCO <sub>2</sub> e)	Reducciones (MtCO <sub>2</sub> e)	PSC (USD/tCO <sub>2</sub> )
Meta a 2030	95	13,5	7,49
Meta Presupuesto de Carbono 2020-2030	1 100	149,43	588,22
Meta Carbono Neutralidad al 2050	0	60,27	588,22

Fuente: Elaboración de los autores con base en los resultados obtenidos durante la Fase 1 de la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe implementada por la CEPAL en el marco del programa EUROCLIMA.

Cabe destacar que en este ejercicio el resultado implicó que el cumplimiento de las metas a 2050 y 2020-2030 significaban la implementación de medidas que no lograban el objetivo y el costo de mitigación asociado se tradujo en el costo marginal de abatimiento de la medida más cara. En el primer caso, si bien se obtuvo un valor positivo que implica el cumplimiento de la meta (NDC en 2030), el valor es menor al que estaba implementando el país en ese momento (32,5 USD/tCO<sub>2</sub>e), por lo que no se recomienda su aplicación, además que el precio social del carbono debería estar marcado por el compromiso más difícil de cumplir, dado que Chile debería apuntar a cumplir todos sus compromisos de mitigación.

En el caso de un precio social del carbono de 588 dólares, si bien es mayor al valor actual del país, este no se condice con la realidad nacional e implicaría una transición muy abrupta. Si se evalúa este valor respecto al *benchmark* se puede notar que el valor obtenido es casi 10 veces el recomendado según los ingresos per cápita de Chile. Por lo tanto, tampoco se recomienda su implementación inmediata.

## E. Tasa social de descuento

Actualmente Chile tiene una tasa social de descuento que se encuentra formalizada para la evaluación social de proyectos, que alcanza un valor de 6%, tasa fija. Existen otros estudios que han analizado tasas sociales de descuento de largo plazo para proyectos de inversión pública, como el estudio llevado a cabo por Gonzalo Edwards en 2014. En este se proponen dos escalas decrecientes de tasa de descuento de acuerdo a dos métodos de estimación diferentes (Weitzman y Ramsey). Los resultados se muestran en el cuadro 11. El método de Ramsey no entregó valores con tasas de descuento decrecientes, sino que más bien un rango que varía entre 4,9% y 7,3%, que además representan un alto nivel de variabilidad. Para períodos de hasta 20 años se asume la tasa de descuento a corto plazo de 6%.

**Cuadro 11**  
Tasas de descuento decreciente en el largo plazo  
(En porcentajes)

Año	Tasa social de descuento (Método de Weitzman)
21-32	5,0
33-48	4,5
49-67	4,0
68-91	3,5
92-125	3,0
126-174	2,5
175-251	2,0
252-390	1,5
391-adelante	1,0

Fuente: Edwards, (2014).



## IV. Evaluación de alternativas para el cálculo del PSC nacional

Como se discutió anteriormente, los requerimientos de información para cada alternativa metodológica son bastante distintos. En el caso de la alternativa del “Costo Social del Carbono”, se sabe que no existen modelos nacionales, por lo que, para implementar esta opción metodológica, solo es necesario seleccionar alguno (o una combinación) de los modelos abiertos para este fin (DICE, PAGE y FUND), seleccionar el escenario (o una combinación) a utilizar (si aplica) y decidir sobre la tasa social de descuento pertinente a utilizar en este caso. Por consiguiente, no existe una limitación de la información disponible para utilizar esta alternativa.

Para el caso de la metodología “Definición política basada en evidencia”, el informe desarrollado en la primera etapa de este proyecto (Metodología General) presenta una amplia revisión de posibles alternativas, lo que se complementa con los resultados del modelo de efectos aleatorios. Este último otorga un valor de referencia o *benchmark* de 46 USD<sub>2021</sub>/tCO<sub>2</sub>e con un intervalo de confianza de 31 - 61 USD<sub>2021</sub>/tCO<sub>2</sub>e en función del PIB (PPA) per cápita nacional y del nivel de ambición. Debido a que los valores del PIB (PPA) per cápita son conocidos para años anteriores y que, además, es posible obtener antecedentes para proyectarlo a futuro, es que se podrían utilizar valores que se encuentren en el rango del *benchmark*, o incluso, usarlo directamente. De lo contrario, el *benchmark* puede ser empleado como punto de referencia para la selección de un PSC en base a otras fuentes de literatura.

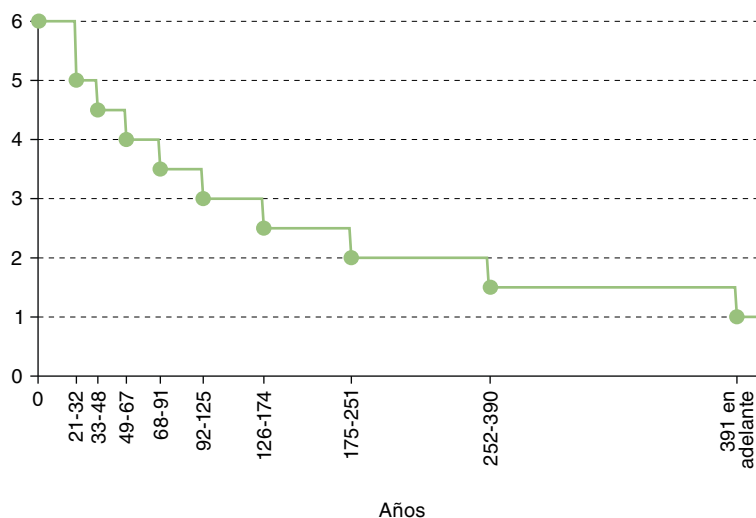
Claramente el mayor requerimiento de antecedentes se relaciona con el método del “Costo de Mitigación para alcanzar un Objetivo de Política Pública”. Esta sección busca mostrar todo el abanico de alternativas de Precio Social del Carbono de acuerdo a las diferentes metodologías, donde también se agrega un análisis de la pertinencia de cada una y la recomendación de uso para Chile.

### A. Costo social del carbono

La primera opción es utilizar modelos de Costo Social de Carbono disponibles en plataformas abiertas (e.g. Mimi Framework). En particular, los modelos utilizados por Estados Unidos en su cálculo del costo social del carbono se encuentran abiertos, los que han sido desarrollados y validados por la comunidad

académica internacional, estos modelos son los modelos DICE, FUND y PAGE. Estos modelos permiten calcular el costo social del carbono por defecto u obtener los valores de daño proyectados, para luego traerlos a valor presente con cualquier tasa de descuento deseada. Utilizando la plataforma abierta se estimó el Costo Social del Carbono para Chile. Para esta estimación se hicieron 3 evaluaciones, la primera muestra los valores de los modelos según las tasas de descuento por defecto de estos. La segunda es considerar una tasa de descuento fija del 6% (actual tasa social de descuento nacional) y la tercera es utilizar una tasa de descuento decreciente según el estudio de Edwards (2014) sobre las tasas de descuento de largo plazo (gráfico 4).

**Gráfico 4**  
Tasa social de descuento decreciente de largo plazo para Chile  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia a partir de Edwards, (2014).

El cálculo para el año 2020 se muestra en el cuadro 12. Es importante destacar que este valor es para el año 2020 y es posible hacer una estimación o proyección de estos valores a 2025, 2030, etc. Esta proyección busca entregar valores en aumento a futuro, lo que es una buena práctica de acuerdo a experiencias internacionales (e.g. Estados Unidos, Reino Unido) dado que considera que los costos del cambio climático irán aumentando en la medida que el presupuesto de carbono global va disminuyendo (ver gráfico 1 como referencia). Por ello, también se propone el cuadro 13, que representa la proyección del Costo Social del Carbono utilizando la tasa social de descuento decreciente mostrada en el gráfico 4.

**Cuadro 12**  
Valores de costo social del carbono para distintos escenarios para el año 2020  
(En dólares 2022/tCO<sub>2</sub>)

Modelo	Costo social del carbono usando TSD por defecto	Costo social del carbono usando TSD del 6% de Chile	Costo social del carbono usando TSD decreciente
DICE 2016R2	48	12	40
PAGE 2020	301	28	43
Promedio	175	20	42

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 13**  
**Proyección de valores de Costo Social del Carbono a futuro**  
 (En dólares 2022/tCO<sub>2</sub>)

Año	DICE 2016R2	PAGE 2020	Promedio
2020	40	43	42
2025	47	56	52
2030	53	59	56

Fuente: Elaboración propia.

Una ventaja de este método es que los modelos están disponibles en línea, por lo que se puede implementar bastante rápido. Respecto a los resultados de aplicar este método, esto dependerá de la tasa social de descuento a largo plazo utilizada. Si se utiliza la tasa social de descuento de Chile fija en el largo plazo, el PSC resultante será menor al actual, por lo que no se recomienda utilizar este valor. Por el contrario, si se utiliza una tasa social de descuento decreciente en el largo plazo el PSC promedio entre los modelos es de 42 USD/tCO<sub>2</sub> para el año 2020. Este valor se encuentra dentro del rango recomendado según el *benchmark* desarrollado. De igual manera, este método permite tener una proyección a futuro que implica un aumento gradual del CSC para los siguientes años. Se recomienda tener una proyección futura de estos valores, dado que entrega certidumbre en la evaluación de proyectos y al sector privado. Además, una actualización cada cinco años es coherente con los procesos de actualización de los compromisos climáticos de los países y con el avance científico en la materia.

Para este método en particular, se recomienda utilizar los valores promedio de los modelos para Chile al aplicar una tasa de descuento decreciente, dado que implica una valoración mayor de los daños futuros que una tasa fija en el tiempo. Ello también implica integrar un elemento de equidad intergeneracional en la ecuación además de reconocer de forma explícita que los daños producto del cambio climático van en aumento prácticamente exponencial a futuro. Además, se recomienda utilizar el promedio de los modelos dado que no es posible definir que uno de ellos sea técnicamente “mejor” que el otro, dado que ambos trabajan bajo aproximaciones que significan hacer supuestos sobre lo que ocurrirá en el planeta a futuro y su traducción a costos monetarios.

Finalmente, se recomienda utilizar los valores promedio que se muestran en el cuadro 13 como primera alternativa de Precio Social del Carbono para Chile dado que se basa en la metodología de Costo Social del Carbono, siendo esta la aproximación técnica más robusta de todas las presentadas. Esto es, que valora la externalidad del cambio climático considerando que las emisiones de Chile no sólo afectarán o estarán determinadas por las emisiones y reducciones del país en sí mismo, si no que admite que los impactos y daños ocurrirán independiente de la jurisdicción, siendo un problema global.

## B. Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública

### 1. Identificación y evaluación de metas nacionales

A partir de la revisión, se identificaron tres metas de mitigación nacionales. Las fuentes de información asociadas a estos objetivos son varios, como se describen en las secciones “Información respecto a la proyección de emisiones” y “Antecedentes de mitigación”.

En función de la descripción de dichas fuentes de información en la sección anterior, a continuación el cuadro 14 resume las principales metas de mitigación consideradas en el análisis. Como se mencionó anteriormente, estas metas fueron analizadas en la Fase 1 del trabajo realizado por la CEPAL en la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe y para los cuales se realiza el proceso de estimación del precio social del carbono.

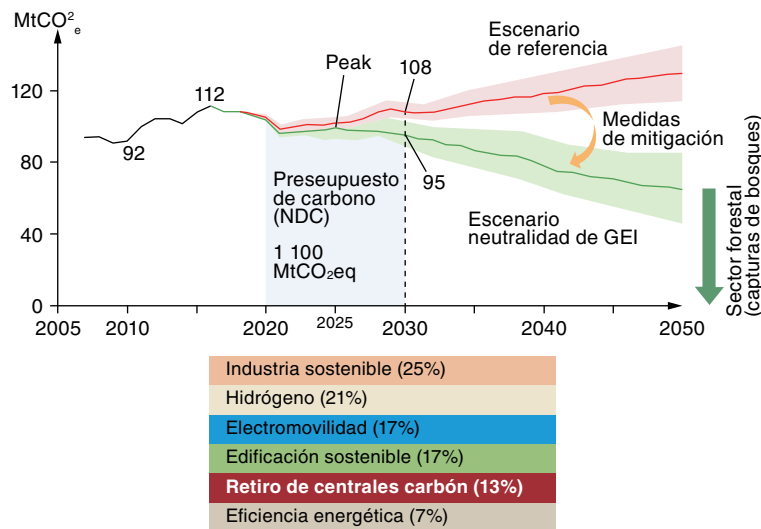
**Cuadro 14**  
Evaluación de Objetivos de Mitigación para definir un Presupuesto de Carbono para Chile

Posible Objetivo de Mitigación	Período para el Presupuesto de Carbono	Fuente	¿Objetivo principal?	Alcance sectorial del objetivo de mitigación	GEI considerados	Presupuesto de carbono (Millones tCO <sub>2</sub> e)
Meta de emisiones a 2030	2030	Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)	Principal	Todos los sectores del inventario, excepto UTCUTS	Todos los reportados en el inventario de emisiones nacionales	95
Presupuesto de Carbono entre 2020-2030	2020-2030	Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)	Principal	Todos los sectores del inventario, excepto UTCUTS	Todos los reportados en el inventario de emisiones nacionales	1 100
Meta de carbono-neutralidad 2050	2050	Ley Marco de Cambio Climático	Principal	Todos los sectores del inventario	Todos los reportados en el inventario de emisiones nacionales	0

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 14 se puede apreciar, que existe más de un posible objetivo de política pública, por un lado están los compromisos a corto plazo de la NDC a 2030 y el presupuesto de carbono 2020-2030, como también el objetivo a largo plazo de carbono neutralidad, que se ligan a la Ley Marco de Cambio Climático (ver gráfico 5).

**Gráfico 5**  
Presupuesto de carbono y metas de mitigación de Chile, según su NDC 2020  
(En MtCO<sub>2</sub>e)



Fuente: Gobierno de Chile, 2021. ECLP Chile.

A partir de la información del cuadro 14 se aprecia que existe más de un objetivo de política pública relevante a nivel nacional. Para definir el Precio Social del Carbono se aplicó la metodología en base a los datos de las medidas de mitigación consideradas en la NDC 2020. A continuación se detalla la estimación de reducciones para el período de evaluación y las medidas de mitigación consideradas y evaluadas.

## 2. Proyección de reducción de emisiones GEI

Considerando los objetivos de política pública identificados en la sección anterior, se debe contar con una proyección de escenarios de emisión para todos los sectores del INGEI, para lo que se consideró la reducción de emisiones que plantea la NDC a 2030 y a 2050, como se muestra en el gráfico 5.

La información disponible en los antecedentes de medidas de mitigación propuestos en el marco de la NDC contabiliza las reducciones de emisiones para ambos períodos, por lo que no es necesario desarrollar un escenario de emisiones tendencial y uno de mitigación, sino que se considera que el total de las reducciones de las medidas logran las metas de mitigación.

## 3. Medidas de mitigación

A partir de los antecedentes considerados de la NDC para 2030 y 2050, se seleccionaron las medidas de mitigación que consideran los cuatro sectores del inventario: energía, procesos industriales, agricultura y residuos. Dado que las metas nacionales sólo consideran emisiones absolutas, es que las medidas del sector UTCUTS no se consideran dentro de la evaluación.

Definidas las medidas, con sus respectivos sectores y ramas, se procede a levantar la información cuantitativa de cada una de ellas, principalmente en término de sus costos y reducciones de GEI en el período 2020 - 2050. Esta información permite construir las curvas MAC en cada objetivo y analizar el precio social del carbono. El listado de medidas de mitigación se detalla en el cuadro 15.

**Cuadro 15**  
**Medidas de Mitigación de Chile**

Nº	Medidas
1	Cambio modal transporte
2	Electromovilidad - taxis
3	Hidrógeno Verde - Gasoductos
4	Electromovilidad - particular mediano 58%
5	Electrificación motriz - resto minería
6	Generación Distribuida
7	SST Industria y minería
8	MEPS Motores hasta 100HP
9	Electrificación motriz - industria
10	SST Residencial y público
11	Fertilizantes
12	Electrificación motriz - minería cobre
13	Geotermia
14	Fomento a la Renovación Energética de Viviendas
15	Generación biogás
16	Ley de Eficiencia Energética SGE 2,5%
17	Antorchas
18	Biodigestores
19	Retiro de centrales
20	Calefacción eléctrica público comercial
21	Compostaje
22	Electromovilidad - público Santiago
23	MEPS nuevos

N°	Medidas
24	Electromovilidad - público regiones
25	Electrificación motriz - comercial
26	Hidrógeno Verde - Carga
27	Electrificación térmica
28	Retrofit Viviendas vulnerables
29	Calefacción distrital
30	Hidrógeno Verde - Motriz
31	Electromovilidad - particular liviano 58%
32	Dieta Bovina

Fuente: Elaboración propia.

Los datos finales provienen de distintas modelaciones realizadas por la contraparte técnica de los Ministerios involucrados.

#### 4. Costos marginales de abatimiento

Respecto a la variable “Costos Marginales de Abatimiento”, cabe notar que los datos en cada medida asociados a esta variable están determinados por la razón entre el “valor presente de la diferencia de costos acumulados a partir del 2021 al 2050 entre los escenarios BAU y con medidas”, y las “Reducciones Totales Acumuladas durante el período 2021 al 2050”. En otras palabras, esta razón entrega el valor de costo marginal promedio por medida de mitigar una tonelada de CO<sub>2</sub>e.

La fórmula de cálculo de los “Costos Marginales de Abatimiento” es la siguiente:

$$\text{Costo Marginal Abatimiento}_{\text{medida } i} = \frac{\text{Valor presente de dif. de costos acumulados (precios sociales)}_{\text{medida } i}}{\text{Reducciones GEI acumuladas (2021-2050)}_{\text{medida } i}}$$

Los datos para el cálculo del Costo Marginal de Abatimiento provienen de las modelaciones realizadas por la contraparte técnica en el desarrollo de los antecedentes que sustenta el objetivo NDC. Dado que esta información se encuentra ya disponible, el equipo consultor procedió a transformar estos valores en Precios Sociales. El detalle de los costos de capital (CAPEX) y de operación (OPEX) se encuentran en el Anexo A2.

#### 5. Transformación de precios privados a precios sociales

Dado que los costos de las medidas se encuentran en precios privados, se hizo el ejercicio de transformar a precios sociales. Para resolver esta diferencia, se desarrolló e implementó un método de transformación de precios privados a precios sociales para los CAPEX y OPEX de las medidas. El método utilizado consta de la corrección de cada una de las categorías de costos (CAPEX y OPEX) usando distintas reglas, precios sociales y factores definidos por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) de Chile. A continuación se detallan los pasos para realizar la transformación realizada.

##### Paso 1: establecimiento de categorías de costo

Usando como base los clasificadores de la planilla de corrección de precios sociales del MDSF y su Manual de Uso se generaron dos estructuras de desagregación de los costos, de acuerdo a las categorías de la planilla.

**Imagen 1**  
Ejemplo de la planilla de conversión a precios sociales del MDSF

Tasas y Parámetros	
Tasa social de descuento	5,5%
Factor ajuste tasa de cambio	1,00
Tasa arancelaria promedio	0,77%
Impuesto valor agregado	19,0%
Factor corrección MOC	0,97
Factor corrección MOSC	0,95
Factor corrección MONC	0,91
Costo Social Carbono Equivalente (\$/ton)	\$ 56 083



**Planilla de conversión a precios sociales v.13.05.24**

INICIATIVA DE INVERSIÓN	
Código IDI	30469938
Nombre Proyecto	COSAM EJEMPLO
Alternativa 1	Compra de Terreno
Alternativa 2	Reposición mismo predio

Fecha obtención de los datos	11/02/2022
Fecha Revisión	10/25/2024

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2024).

La primera estructura de clasificadores divide los costos de inversión (CAPEX) en clasificadores agrupados en tres niveles, cada clasificador es un subclasificador del nivel anterior. La estructura de clasificadores se puede observar en el cuadro 16.

**Cuadro 16**  
Estructuras de clasificadores para costos de inversión (CAPEX)

Clasificadores Nivel 1	Clasificadores Nivel 2	Clasificadores Nivel 3
A. Obras civiles	Materiales	Nacionales No Transables
		Importado o Nacional Transables
	Mano de Obra	Mano de Obra Calificada
		Mano de Obra Semicalificada
B. Equipos	Materiales	Nacionales No Transables
		Importado o Nacional Transables
	Mano de Obra	Mano de Obra Calificada
		Mano de Obra Semicalificada
C. Equipamiento	Materiales	Nacionales No Transables
		Importado o Nacional Transables
	Mano de Obra	Mano de Obra Calificada
		Mano de Obra Semicalificada
D. Terreno		
E. Vehículos		
F. Consultorías		

Fuente: Elaboración propia.

La segunda estructura de clasificadores divide los costos de operación (OPEX) en clasificadores agrupados en cuatro niveles. Al igual que la estructura anterior, cada clasificador es un sub-clasificador del nivel anterior. La estructura de clasificadores para los OPEX se puede observar en el cuadro 17.

**Cuadro 17**  
**Estructuras de Clasificadores para Costos de Operación (OPEX)**

Clasificadores Nivel 1	Clasificadores Nivel 2	Clasificadores Nivel 3	Clasificadores Nivel 4			
Contratado	Materiales	Importado o Nacional Transables	Gasolina			
			Diésel			
			Electricidad			
			Leña			
			Hidrógeno			
			Gas Licuado			
			Gas Natural			
			Nacional No Transable			
			Mano de Obra	Mano de Obra Calificada		
			Mano de Obra Semicalicada			
Mano de Obra No Calificada						
Recursos Propios	Materiales	Importado o Nacional Transables	Nacional No Transable			
			Mano de Obra	Mano de Obra Calificada		
			Mano de Obra Semicalicada			
			Mano de Obra No Calificada			
			Recursos Propios	Mano de Obra	Importado o Nacional Transables	Nacional No Transable
						Mano de Obra Calificada
						Mano de Obra Semicalicada
						Mano de Obra No Calificada

Fuente: Elaboración propia.

## Paso 2: definición de los porcentajes en cada categoría de costo

A partir del juicio experto del equipo consultor y datos de conocimiento general, se procede a definir los porcentajes de distribución de los costos de las medidas en cada categoría. Esto conlleva a que los CAPEX y OPEX que están en precios sociales puedan ser distribuidos en cada categoría. Un ejemplo de una distribución de un OPEX se presenta en el cuadro 18.

**Cuadro 18**  
**Ejemplo de asignación de porcentajes en categorías para Costos de Operación (OPEX)**  
*(En porcentajes)*

Porcentajes clasificadores Nivel 1		Porcentajes clasificadores Nivel 2		Porcentajes clasificadores Nivel 3		Porcentajes clasificadores Nivel 4			
Contratado	100	Materiales	100	Importado o Nacional Transables	100	Gasolina	145,3		
						Diésel			
						Electricidad	-45,3		
						Leña			
						Hidrógeno			
						Gas Licuado			
						Gas Natural			
						Nacional No Transable	0		
						Mano de Obra	0	Mano de Obra Calificada	0
						Mano de Obra Semicalicada	0	Mano de Obra No Calificada	0
Recursos Propios	0	Materiales	0	Importado o Nacional Transables	0	Nacional No Transable	0		
						Mano de Obra	0	Mano de Obra Calificada	0
						Mano de Obra Semicalicada	0	Mano de Obra No Calificada	0

Fuente: Elaboración propia.

Una particular atención se dio en el cálculo de los porcentajes de distribución de costos asociados a los energéticos (nivel 4, OPEX). Dado que los OPEX de varias medidas son generados mayormente por el efecto que estas medidas provocan en la transición del uso de un energético a otro. Para poder tener claridad de cuanto implica el aumento y disminución de un energético con respecto a otro, se calcularon tasas de sustitución entre energéticos.

Para calcular las tasas de sustitución de los energéticos, se realizó un análisis comparativo entre ellos, considerando sus eficiencias y precios privados. Las tasas de sustitución en este caso se consideran como la razón entre el gasto total de un energético con otro para un mismo uso (ej. Transporte o Calefacción). Para asignar los porcentajes en cada categoría de costo y que la suma de ambos porcentajes suma 100%, las tasas de sustitución se normalizan en base 100.

Un ejemplo para esto es la tasa de sustitución gasolina a electricidad en el sector transporte. Esta tasa al calcularse arrojó un 31,2%. Esta tasa de sustitución significa que el gasto de electricidad en transporte es un 31,2% respecto al gasto de gasolina (a precios privados) para un mismo uso en kilómetro transportado. Al pasar a base 100, los porcentajes de asignación son 145,3% para la gasolina y -45,3% para la electricidad (la razón entre 45,3/145,3 es 31,2). Estos porcentajes pueden entenderse que de cada 100 pesos ahorrados en OPEX para una medida, estos se pueden descomponer en un ahorro en gasolina de 145,3% y un gasto de electricidad de -45,3%. Los resultados de los análisis, las tasas de sustitución y su transformación a base 100 de los energéticos, se encuentran en el cuadro 19.

**Cuadro 19**  
**Tasa de sustitución entre energéticos**  
(En porcentajes)

Transición energética en la medida	Tasa de sustitución	Base 100 Energético reemplazado	Base 100 Electricidad
Gasolina -> Electricidad (Transporte)	31,2	145,3	-45,3
Diesel -> Electricidad (Transporte)	51,6	206,7	-106,7
Gasolina -> Hidrógeno (Transporte)	52,0	208,3	-108,3
Diesel -> Hidrógeno (Transporte)	86,0	715,4	-615,4
Leña -> Electricidad (Calefacción)	68,6	318,2	-218,2
Kerosene -> Electricidad (Calefacción)	32,6	148,5	-48,5
Gas Licuado -> Electricidad (Calefacción)	24,3	132,1	-32,1
Gas Natural -> Electricidad (Calefacción)	32,2	147,5	-47,5

Fuente: Elaboración propia.

### Paso 3: distribución de costos en las nuevas categorías

A partir de la asignación de porcentaje en cada categoría y nivel, se procede a asignar los costos, tanto para los costos del CAPEX como para los OPEX.

### Paso 4: transformación de precios privados a precios sociales en cada categoría de costo

Con los costos asignados, en cada categoría y nivel, se procede a realizar las transformaciones a precios sociales de cada costo, según la categoría. Para ello se siguen las indicaciones dadas por el MDSF para la transformación de precios privados a sociales, realizándose las siguientes acciones (si corresponde a la categoría):

- Se descuentan impuestos y tasas (ej: Impuestos al valor agregado o tasa arancelaria para bienes transables)
- Se aplican factores de ajustes (ej: factor ajuste tasa de cambio, factores de corrección de mano de obra)
- Se aplican precios sociales (ej: Precio Social de los Combustibles)
- Se usa información de conocimiento general (ej. Parque Automotriz o Tasa de Sustitución Energéticos)

En los cuadros 20 y 21 se resumen las acciones realizadas, para transformar los precios privados a precios sociales en cada categoría. Los precios sociales usados, el factor de ajuste de tasa de cambio, los impuestos del país y los factores de corrección de la mano de obra calificada, semicalificada y no calificada son obtenidos del informe de Precios Sociales 2022 de Chile.

**Cuadro 20**  
**Detalles de correcciones CAPEX (precios privados a precios sociales)**

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Correcciones (Descuento de impuestos y tasas, aplicación de factores y correcciones usando precios sociales)
A. Obras civiles	Materiales	Nacionales No Transables	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> </ul>
		Importado o Nacional Transables	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>Tasa arancelaria promedio</li> </ul>
	Mano de Obra	Mano de Obra Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOC</li> </ul>
		Mano de Obra Semicalificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOSC</li> </ul>
		Mano de Obra No Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MONC</li> </ul>
	B. Equipos	Materiales	Nacionales No Transables
Importado o Nacional Transables			<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>Tasa arancelaria promedio</li> </ul>
Mano de Obra		Mano de Obra Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOC</li> </ul>
		Mano de Obra Semicalificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOSC</li> </ul>
		Mano de Obra No Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MONC</li> </ul>
C. Equipamiento		Materiales	Nacionales No Transables
	Importado o Nacional Transables		<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>Tasa arancelaria promedio</li> </ul>
	Mano de Obra	Mano de Obra Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOC</li> </ul>
		Mano de Obra Semicalificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MOSC</li> </ul>
		Mano de Obra No Calificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor corrección MONC</li> </ul>
	D. Terreno		
E. Vehículos			<ul style="list-style-type: none"> <li>Impuesto al Valor Agregado</li> <li>Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>Tasa arancelaria promedio</li> </ul>
F. Consultorías			<ul style="list-style-type: none"> <li>Factor corrección MOC</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 21**  
**Detalles de correcciones OPEX (precios privados a precios sociales)**

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Correcciones (Descuento de impuestos y tasas, aplicación de factores y correcciones usando precios sociales)				
Contratado	Materiales	Imp/Nac Transable	Gasolina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> <li>• Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>• Tasa arancelaria promedio</li> <li>• Factor de Corrección Precios Sociales/Precios Privados (para Gasolina, Diésel)</li> </ul>				
			Diésel					
			Electricidad					
			Leña					
			Hidrógeno					
			Gas Licuado					
			Gas Natural					
			Nacional No Transable		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> </ul>			
			Mano de Obra		MOC	MOC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> <li>• Factor corrección MOC</li> </ul>
							MOSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> <li>• Factor corrección MOSC</li> </ul>
MONC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> <li>• Factor corrección MONC</li> </ul>							
Recursos Propios	Materiales	Imp/Nac Transable		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> <li>• Factor de Ajuste tasa de Cambio</li> <li>• Tasa arancelaria promedio</li> </ul>				
			Nacional No Transable		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto al Valor Agregado</li> </ul>			
			Mano de Obra		MOC	MOC		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor corrección MOC</li> </ul>
							MOSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor corrección MOSC</li> </ul>
							MONC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor corrección MONC</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Los precios privados para la gasolina y el diesel (para construir el factor de corrección precios sociales/precios privados) se obtienen de un promedio entre los sub promedios anuales de los precios mensuales de las Gasolinas de 93, 95 y 97 octanos para el año 2021. Los datos de los precios son obtenidos de la información entregada por el Instituto Nacional de Estadística de Chile en su página web.

## 6. Datos finales para construcción de las Curvas MAC

Con estos cálculos, se obtienen los datos necesarios para calcular las curvas MAC. Los datos están desagregados en medidas. A continuación se muestra en el cuadro 22 el detalle de los costos marginales de abatimiento en precios sociales, así como las reducciones a 2050 a partir de las medidas de la NDC.

Las medidas están ordenadas desde la que tiene menores costos marginales de abatimiento a mayores, lo que facilita la construcción de la Curva de Costos Marginales de Abatimiento y, la definición del Precio Social del Carbono (gráfico 6). Este último corresponde a la última medida de mitigación dentro de la lista, considerando que con ella se logran las reducciones planteadas en la NDC, ver figura a continuación.

**Cuadro 22**  
**Medidas de mitigación, costos marginales de abatimiento a 2050 y reducciones totales a 2050**

Medidas de mitigación	Costos marginales de abatimiento (US\$/tCO <sub>2</sub> e) al 2050	Reducciones totales 2050 (MMtCO <sub>2</sub> e)
Generación Distribuida	-308,56	0,22
Fomento a la Renovación Energética de Viviendas	-297,52	3,59
Cambio modal transporte	-135,14	0,11
MEPS Motores hasta 100HP	-92,95	0,40
Electrificación motriz - resto minería	-87,30	1,49
Electromovilidad - taxis	-78,70	1,57
Electrificación motriz - industria	-74,32	1,81
SST Industria y minería	-56,46	3,69
Ley de Eficiencia Energética SGE 2,5%	-55,61	2,52
SST Residencial y público	-54,32	2,39
Fertilizantes	-46,86	0,20
Electrificación motriz - minería cobre	-43,92	3,01
Calefacción eléctrica público comercial	-43,51	0,70
Hidrógeno Verde - Carga	-38,66	6,07
Electromovilidad - público Stgo	-25,47	1,14
Hidrógeno Verde - Motriz	-22,78	9,06
Electromovilidad - particular mediano 58%	-21,53	3,64
Geotermia	-11,03	0,01
Electrificación motriz - comercial	-9,02	2,33
Forestación nativa y exótica y recuperación de bosque nativo	-5,88	-8,96
Antorchas	0,05	2,25
Generación biogás	0,37	0,68
Biodigestores	1,46	0,63
Retiro de centrales	6,66	7,54
Compostaje	55,90	0,00
Electrificación térmica	62,54	2,64
RT Viviendas vulnerables	102,83	0,48
Dieta Bovina	114,82	0,09
Electromovilidad - público regiones	116,90	3,29
Hidrógeno Verde - Gasoductos	154,44	0,29
MEPS nuevos	242,35	0,07
Calefacción distrital	258,65	0,01
Electromovilidad - particular liviano 58%	264,15	2,16

Fuente: Elaboración propia.



## 7. Resultados

A partir de este ejercicio se observa que el Precio Social del Carbono a 2050 para lograr el objetivo de carbono neutralidad según el trabajo realizado en el marco del trabajo de la NDC corresponde al costo marginal de abatimiento de la última medida de mitigación analizada. Por lo tanto, el Precio Social del Carbono es de 264,15 USD/tCO<sub>2</sub>e. No obstante, al igual que en la etapa anterior, adoptar este valor de forma directa significa un aumento en más de 8 veces el valor actual. En este contexto, se propone escalar este valor desde 2020 (año de inicio de la evaluación de las medidas y publicación de la NDC de Chile) de 32,5 USD/tCO<sub>2</sub>e a 264,15 USD/tCO<sub>2</sub>e en 2050 (año del objetivo de carbono neutralidad).

A continuación se entrega el escalamiento del PSC tanto para lograr los 264,15 USD/tCO<sub>2</sub>e (aprox. 264,2), así como para lograr los 588,22 USD/tCO<sub>2</sub>e (aprox. 588,2) estimados previamente en la Fase 1 de este trabajo apoyado por CEPAL en la región. El crecimiento del PSC sigue la función  $y = 7,72x + 24,778$  hasta lograr los 264,2; mientras que para lograr los 588,2 se empleó la función lineal  $y = 18,52x + 13,976$ .

Cuadro 23

Precio social del carbono escalonado para Chile a partir de una tasa de crecimiento lineal para el período 2020-2050  
(En dólares/tCO<sub>2</sub>e)

Año	Precio Social del Carbono a 2050 con crecimiento lineal hasta el PSC de 264,2 USD/tCO <sub>2</sub> e	Precio Social del Carbono a 2050 con crecimiento lineal hasta el PSC de 588,2 USD/tCO <sub>2</sub> e
2020	32,5	32,5
2021	40,2	51,0
2022	47,9	69,5
2023	55,7	88,1
2024	63,4	106,6
2025	71,1	125,1
2026	78,8	143,6
2027	86,6	162,2
2028	94,3	180,7
2029	102,0	199,2
2030	109,7	217,7
2031	117,4	236,3
2032	125,2	254,8
2033	132,9	273,3
2034	140,6	291,8
2035	148,3	310,4
2036	156,0	328,9
2037	163,8	347,4
2038	171,5	365,9
2039	179,2	384,5
2040	186,9	403,0
2041	194,7	421,5
2042	202,4	440,0
2043	210,1	458,6
2044	217,8	477,1
2045	225,5	495,6
2046	233,3	514,1
2047	241,0	532,6
2048	248,7	551,2
2049	256,4	569,7
2050	264,2	588,2

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores indican que Chile estará alineado con la carbono neutralidad a 2050 y si bien parecen ser altos en comparación al actual, es bueno considerar que los precios del carbono en varias jurisdicciones van al alza en los últimos años. Un ejemplo en la región es Uruguay que recientemente publicó un Precio al Carbono de más de 155 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>. De igual forma, Estados Unidos se encuentra en proceso de actualización de su valor, el que aumentaría de 51 USD/tCO<sub>2</sub> a 191 USD/tCO<sub>2</sub>. El resultado de este análisis indica que los valores de Precio Social del Carbono para Chile para el año 2024 es de 63,4 USD/tCO<sub>2</sub>e, al 2025 es de 71,1 USD/tCO<sub>2</sub>e y 109,7 USD/tCO<sub>2</sub>e en 2030.

En conclusión, si bien no se recomienda utilizar de manera inmediata se podría utilizar considerando una tasa paulatina de implementación. Cabe destacar que los resultados obtenidos para lograr los objetivos climáticos significan cuantificar el PSC utilizando la medida más costosa y bajo supuestos de costos que tienen potencial de mejora. Esto último especialmente considerando que los valores son datos gruesos y que el acceso y análisis más detallado de estos puede mejorar la estimación. Por lo que se recomienda actualizar el cálculo del PSC una vez que se cuenten con nuevos estudios de mitigación, que tengan análisis de costos más detallados y, además, que consideren escenarios de descarbonización profunda, es decir que cumplan holgadamente las metas de mitigación nacionales. Esto permitirá tanto al país optar por alternativas para lograr sus compromisos, así como hacerlo a costos menores. Otro punto a considerar es que la incertidumbre del método representa una variable relevante, dado que es muy sensible a los escenarios de mitigación utilizados. En general, de utilizar este método en la actualización del PSC se recomienda aplicar de manera paralela a los estudios de mitigación que actualicen la Estrategia Climática de Largo Plazo y/o la NDC de Chile.

### C. Definición política basada en evidencia

Este método puede tener diferentes opciones de implementación, en particular se proponen las siguientes:

- Utilizar el “Benchmark de Precios Sociales de Carbono” que fue desarrollado en la primera fase de la iniciativa regional Precio Social del Carbono en la evaluación de la inversión pública en América Latina y el Caribe que implementa la CEPAL. Para realizar este análisis, se probaron distintos modelos de regresión, dando como modelo recomendado el modelo de datos de panel de efectos aleatorios. Para el caso de Chile se tiene que, dado que su PIB (PPA) per cápita al 2021 fue de 25.821 USD 2017, un valor esperable de precio social del carbono debiera ser de 46 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e (intervalo 31-61 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e).
- Implementar un Análisis Multicriterio para seleccionar el precio social del carbono. Un análisis multicriterio (AMC), permite tomar decisiones entre múltiples alternativas. En este caso un AMC puede encontrar el precio social del carbono más adecuado para Chile entre distintas fuentes de información, los cuales han sido calculados por instituciones internacionales u otros países. Esto se logra al comparar la relevancia y darles pesos relativos a los distintos elementos cualitativos y/o cuantitativos. De esta manera es posible priorizar las fuentes de información, usando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Una ventaja de este método es que ya existe un instrumento elaborado, implementado para la definición del precio social del carbono en otros países como Costa Rica y Honduras, y que se puede ajustar e implementar para Chile. El resultado del precio social del carbono dependerá de las preferencias de los actores que se entrevistan, pero lo más probable es que el precio social del carbono sea mayor, dado que casi todas las recomendaciones y referencias en la materia tienen valores mayores al precio social del carbono actual. Este proceso no tiene mayores desafíos en su implementación, sólo es necesario realizar un proceso de ajuste de instrumento (si se decide modificarlo), definir un listado de actores a entrevistar y realizar las entrevistas.

De no aplicar un análisis multicriterio para definir estas preferencias o criterios de selección, se recomienda utilizar el *benchmark* dado que es la única alternativa que busca tener una relación del precio con la realidad nacional. Lo que implicaría actualizar el PSC a 46 USD/tCO<sub>2</sub>e.

## D. Actualización del precio social del carbono para Chile

La revisión de las tres familias de metodologías indica que es posible actualizar el precio social del carbono de Chile con cualquiera de ellas, ya que existen datos suficientes para poder aplicarlas. En primer lugar, a través del costo social del carbono se estimó el valor utilizando dos tasas de descuento diferente, una fija del 6% que corresponde a la tasa social de descuento actual del país que indica un resultado de 20 USD/tCO<sub>2</sub>e para el año 2020 y con una tasa de descuento decreciente desde un 6% hasta un 1%, con el que se obtiene un valor de 42 USD/tCO<sub>2</sub>e. Para los años 2025 y 2030 el promedio de los modelos indica que el precio social del carbono es de 52 y 56 USD/tCO<sub>2</sub>e.

En segunda instancia, el utilizar el método de costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública también es posible aplicarlo dado que los antecedentes mínimos se encuentran disponibles. Este método consideró la meta de carbono neutralidad a 2050 y se utilizaron los antecedentes desarrollados en el marco de la elaboración de la NDC de Chile. Los resultados indican que el precio social del carbono a 2024 es de 63,4 USD/tCO<sub>2</sub>e, a 2025 de 71,1 USD/tCO<sub>2</sub>e y a 2030 de 109,7 USD/tCO<sub>2</sub>e.

En tercer lugar, el método de definición política basada en evidencia también es posible aplicarlo para decidir sobre una amplia gama de alternativas a través de una herramienta de análisis multicriterio. En esta familia de metodologías también es posible utilizar el trabajo de análisis econométrico donde un valor de precio social del carbono recomendado para Chile de acuerdo a su PIB per cápita sería de 46 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e (intervalo 31-61 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e).

En este contexto, considerando el *benchmark* como punto de referencia, todos los valores de precio social del carbono se encuentran en el rango y el valor obtenido a través del método de costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública indicaría que Chile opta por un valor de alta ambición climática en relación a su PIB per cápita.

A continuación, la siguiente sección presenta dos ejemplos de aplicación del precio social del carbono y su impacto con la actualización del valor de acuerdo a la proyección obtenida por el método costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.

## V. Implicaciones de la implementación del nuevo precio social del carbono en la evaluación social de proyectos

Independiente de la metodología de estimación del precio social del carbono, es esperable que el valor aumente en el tiempo, esto se debe a que el calentamiento global es un problema acumulativo y la desestabilización del sistema climático tiene una curva de daños marginales creciente (ver gráfico 1). Por lo que, mientras el mundo no tenga emisiones netas de GEI negativas, el daño por emitir una tonelada adicional de CO<sub>2</sub> siempre será mayor a la tonelada emitida anteriormente. Es por ello que es esperable que cualquier actualización del precio social del carbono debiera tener un valor superior al actual, asumiendo que la metodología utilizada sea equivalente y la ambición climática del país sea igual o superior. A modo de referencia y como se presentaba anteriormente, el IPCC (2022) recomienda a los países implementar a nivel nacional políticas de precio al carbono de al menos 40 USD/tCO<sub>2</sub> e a 2020, y para cumplir el Acuerdo de París (i.e. escenarios de alta probabilidad de limitar el calentamiento global a los 2°C) el precio al carbono debe encontrarse entre 60-120 USD<sub>2015</sub>/tCO<sub>2</sub> e el 2030 y entre 150-320 USD<sub>2015</sub>/tCO<sub>2</sub> e el 2050. En este sentido, la actualización propuesta en este trabajo es consistente con las recomendaciones del Sexto Reporte de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022).

Si bien esta actualización del precio social del carbono se encuentra alineada con la ciencia, es legítimo querer evaluar el impacto de este nuevo precio social del carbono en la evaluación de proyectos reales de inversión pública. A modo de ejemplo, a continuación se presentará un análisis de sensibilidad de cómo cambiaría la rentabilidad social de dos (2) proyectos de infraestructura chilenos evaluados anteriormente en un estudio de CEPAL denominado "Simulaciones del precio social del carbono en el sector de la infraestructura en países seleccionados de América Latina" (Vicuña et al., 2022). En dicho trabajo se realizaron evaluaciones sociales de proyectos de inversión incluyendo el precio social del carbono. A continuación se presentan estos dos proyectos considerando los nuevos valores de precio social del carbono.

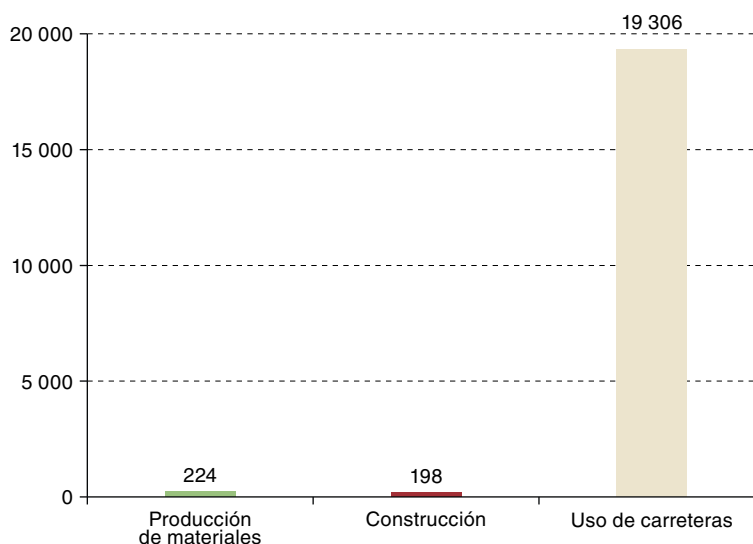
### A. Proyecto Carretera Arica-Tambo Quemado

El proyecto denominado "Reposición Ruta 11-CH, Arica – Tambo Quemado, de la Región de Arica y Parinacota, Chile" perteneciente al Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP), consiste en una reposición de la Ruta 11 – CH (ruta internacional que conecta con Bolivia) con una estructura de pavimento con una

solución de carpeta asfáltica y una longitud de 23,7 km. El proyecto consideraba el inicio de sus operaciones el año 2015 y una vida útil hasta el año 2034, tiene un Valor Actual de los Costos (VAC) de 20,18 MM USD (la tasa social de descuento utilizada fue de un 6%).

Como se puede apreciar en el gráfico 7, la mayor parte de las emisiones en los 20 años de vida útil del proyecto se producen en la etapa de operación, asociadas a las emisiones de los vehículos que circularán sobre esta carretera.

**Gráfico 7**  
Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por km para Proyecto Arica-Tambo quemado según fases  
(Toneladas de CO<sub>2</sub>eq/Km de carretera)



Fuente: Vicuña et al., (2022)

Pese a que el proyecto tiene emisiones de GEI asociadas, su ejecución trae beneficios netos climáticos en comparación con el caso sin proyecto, debido a que un camino deteriorado afecta el consumo de combustibles de los vehículos que circulan sobre esta ruta. Esto significa que, aunque el proyecto de la nueva carretera implica mayores emisiones en la fase de construcción (10.471 tCO<sub>2</sub>e), en la fase de operación se evitarían emisiones por 72.089 tCO<sub>2</sub>e.

A continuación en el cuadro 24 se presenta la comparación en la evaluación social del proyecto bajo 5 escenarios: Sin PSC, con PSC vigente, con PSC actualizado al 2024, con PSC actualizado al 2030 y con PSC actualizado al 2050. Cabe destacar que el proyecto realizó un análisis de costo efectividad, por lo que se presenta el Valor Actual de los Costos (VAC).

**Cuadro 24**  
Evaluación social del proyecto Carretera Arica-Tambo Quemado con diferentes escenarios de precio social del carbono  
(En millones de dólares)

Escenario	Costos sociales GEI por construcción	Beneficios sociales GEI en fase de uso	VAC
Proyecto sin PSC	0	0	20,18
Proyecto con PSC vigente (32,5 USD/tCO <sub>2</sub> e)	0,34	1,26	19,26

Escenario	Costos sociales GEI por construcción	Beneficios sociales GEI en fase de uso	VAC
Proyecto con PSC actualizado al 2024 (63,4 USD/tCO <sub>2</sub> e)	0,66	2,46	18,39
Proyecto con PSC actualizado al 2030 (109,7 USD/tCO <sub>2</sub> e)	1,15	4,25	17,07
Proyecto con PSC actualizado al 2050 (264,2 USD/tCO <sub>2</sub> e)	2,76	10,24	12,7

Fuente: Elaboración propia.

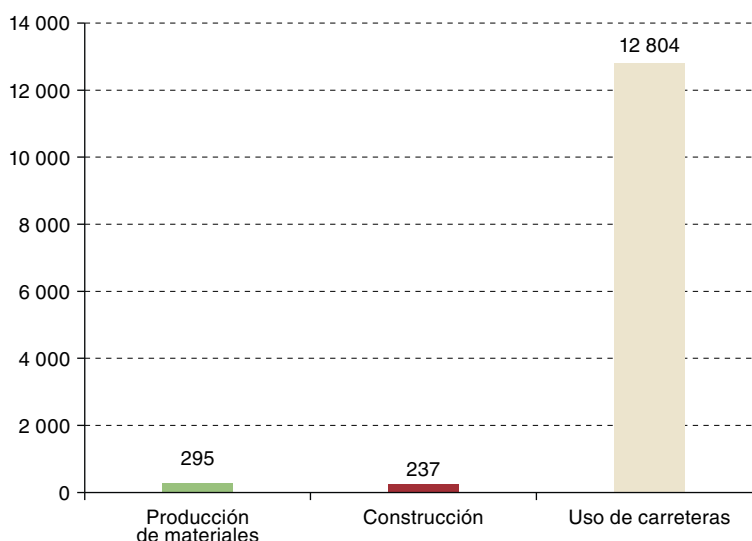
Como se aprecia en el cuadro 24, la inclusión de un precio social del carbono aumenta la rentabilidad social del proyecto bajo estudio, dado que el VAC disminuye. Esta variación es significativa (más de un 10%) a partir del escenario de precio social del carbono actualizado al 2030 cambiando el VAC en más de un 15%, por su parte el precio social del carbono actual genera una mejora en la rentabilidad social menor a un 5%.

## B. Proyecto Carretera Alto Chiza-Cuya

El proyecto denominado “Reposición Pavimento y Construcción 3era pista Ruta 5, Sector Alto Chiza–Cuya, Provincia de Tamarugal, Región de Tarapacá, Chile” perteneciente al Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP), consiste en una reposición de la Ruta 5 con una estructura de pavimento de longitud de 18,3 km, incluyendo en este tramo un puente y algunos empalmes. El proyecto consideraba el inicio de sus operaciones el año 2015 y una vida útil hasta el año 2034. El proyecto tiene un VAN de 10,75 MM USD (la tasa social de descuento utilizada fue de un 6%) y una TIR de 9,5%.

Como se puede apreciar en el gráfico 8, la mayor parte de las emisiones en los 20 años de vida útil del proyecto se producen en la etapa de operación, asociadas a las emisiones de los vehículos que circularán sobre esta carretera.

**Gráfico 8**  
Emisiones de CO<sub>2</sub> eq por km para Proyecto Alto Chiza-Cuya según fases  
(Toneladas de CO<sub>2</sub> eq/Km de carretera)



Fuente: Vicuña et al., (2022).

Pese a que el proyecto tiene emisiones de GEI asociadas, su ejecución trae beneficios netos climáticos en comparación con el caso sin proyecto, debido a que un camino deteriorado afecta el consumo de combustibles de los vehículos que circulan sobre esta ruta. Esto implica que, aunque las emisiones en la fase de construcción son de 9.626 tCO<sub>2</sub>e, durante la operación el proyecto tendrá emisiones evitadas que son casi 10 veces mayores, alcanzando los 82.689 tCO<sub>2</sub>e.

A continuación en el cuadro 25 se presenta la comparación en la evaluación social del proyecto bajo 5 escenarios: Sin PSC, con PSC vigente, con PSC actualizado al 2024, con PSC actualizado al 2030 y con PSC actualizado al 2050. Cabe destacar que el proyecto realizó un análisis de costo beneficio, por lo que se presenta el Valor Actual Neto (VAN) de los costos y beneficios.

**Cuadro 25**  
**Evaluación social del proyecto Alto Chiza-Cuya para diferentes escenarios de precio social del carbono**  
(En millones de dólares)

Escenario	Costos sociales GEI por Construcción	Beneficios sociales GEI en Fase de Uso	VAN
Proyecto sin PSC	0	0	10,75
Proyecto con PSC vigente (32,5 USD/tCO <sub>2</sub> e)	0,16	1,44	12,03
Proyecto con PSC actualizado al 2024 (63,4 USD/tCO <sub>2</sub> e)	0,31	2,81	13,25
Proyecto con PSC actualizado al 2030 (109,7 USD/tCO <sub>2</sub> e)	0,54	4,86	15,07
Proyecto con PSC actualizado al 2050 (264,2 USD/tCO <sub>2</sub> e)	1,30	11,71	21,16

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el cuadro 25, la inclusión de un PSC aumenta la rentabilidad social del proyecto bajo estudio, dado que el VAN aumenta, esta variación es significativa (más de un 10%) a partir del escenario de PSC vigente cambiando el VAN en más de un 12%, pero este valor subiría a más de un 13% en el caso de considerar el escenario de PSC actualizado al 2024.

### C. Conclusiones aplicación del PSC en proyectos de inversión pública

Las secciones anteriores dieron cuenta de cómo utilizar el precio social del carbono y entregan un análisis de sensibilidad de las evaluaciones sociales ante diferentes valores del precio social del carbono. De este ejercicio es relevante mencionar lo siguiente:

- Los resultados de la evaluación de los ejemplos de carreteras no son necesariamente extrapolables a cualquier tipo de proyecto, por ejemplo: proyectos que aumenten las emisiones de GEI empeoraran su rentabilidad;
- El valor del precio social del carbono tendrá un mayor impacto en proyectos intensivos en emisiones, ya sean de alto consumo de energía, de infraestructura, de transporte, que afecten el uso de suelo (como por ejemplo, forestación, restauración, parques nacionales, etc.), y de residuos, por consiguiente, será de menor relevancia en otros proyectos no intensivos en emisiones;
- Finalmente, es importante considerar las emisiones en todo el ciclo de vida de los proyectos y no solo las de construcción, dado que, como se mostró en los ejemplos, muchas veces las principales fuentes de emisiones se darán a lo largo del período de operación. En este sentido se recomienda siempre evaluar cuáles son las principales fuentes de emisión de acuerdo a las tipologías de proyectos que se estén evaluando.

## VI. Conclusiones y recomendaciones

Independientemente del método que se elija, siempre es positivo tener un PSC a nivel nacional por tres razones. En primer lugar, permite levantar información y generar capacidades nacionales acerca de las consecuencias de las decisiones de inversión pública que se están realizando en el país, entendiendo mejor sus impactos en el ciclo de vida del proyecto. En segundo lugar, permite hacer más eficientes, económicamente, las inversiones públicas, al incentivar el análisis de alternativas menos contaminantes, de las que eventualmente se puede descubrir que eran más rentables socialmente, incluso en ausencia de un precio social del carbono. En tercer lugar, siempre es costo eficiente si se aplica el mismo precio social del carbono para todos los sectores (independiente del valor seleccionado), dado que se cumple con el principio de equimarginalidad, lo que permite mitigar al menor costo posible. Adicionalmente, la implementación de un precio social del carbono permitirá identificar las iniciativas públicas susceptibles de recibir financiamiento climático, ya sean donaciones o financiamiento a tasas preferenciales (como por ejemplo, bonos verdes, Fondo Verde del Clima, etc.). Esto último requiere de la concatenación con otras políticas públicas, pero puede habilitar el acceso a recursos que permitan la implementación temprana de las medidas de mitigación.

Es importante reconocer que todos los países tienen responsabilidad asociada a la crisis climática; sin embargo, la carga económica de esta debe ser diferenciada, teniendo en cuenta los ingresos del país, su contribución histórica a las emisiones globales de GEI, entre otros elementos. Al observar la realidad de los países de América Latina y el Caribe, es recomendable partir con una señal de precio social del carbono que implique una planificación para aumentar paulatinamente este valor en el futuro. El modelo econométrico desarrollado, nos provee un *benchmark* en función del PIB (PPA) per cápita que puede orientar esta toma de decisiones, reconociendo las diferencias de ingresos entre países y, que dado los ingresos de Chile recomienda valores en el rango entre 31 y 61 USD/tCO<sub>2</sub>e. Si bien el país actualmente se encuentra en el rango, este se acerca más bien al nivel inferior y por ello, así como los nuevos procesos de actualización de la ambición climática nacional, se ha buscado actualizar este valor.

Este trabajo busca contribuir en el cálculo del precio social del carbono, y este documento, por consiguiente, entrega un análisis de las alternativas metodológicas actualmente disponibles, de sus necesidades de información y cómo esta puede cumplirse a partir de los antecedentes nacionales. En él también se incluye un abanico de alternativas de precio social del carbono para el país de acuerdo a las diferentes metodologías y el resultado del cálculo del precio social del carbono según dichas metodologías.

De los tres métodos presentados, tanto el “Costo social del carbono” como la “Definición política basada en evidencia” son métodos que pueden ser utilizados por Chile para definir su precio social del carbono. Ninguno de éstos tiene requerimientos de información que demanden estudios pasados u objetivos nacionales, más bien pueden aplicarse de forma directa para el país. Entre sus mayores ventajas es la sencillez de su aplicación y que pueden representar el óptimo social si se basan en la metodología del costo social del carbono. Por otro lado, la principal desventaja es que no se basan en antecedentes nacionales de mitigación, por lo que no consideran explícitamente el contexto nacional de ambición climática, responsabilidad histórica y capacidades nacionales. Más allá de esto, el país puede optar por una tasa social de descuento nacional que permite ajustar los valores a la realidad nacional, para lo que en Chile se cuenta con análisis de tasas de descuento decreciente de largo plazo, que disminuye desde un 6% hasta un 1%. El resultado de aplicar dicha tasa en la metodología de costo social del carbono a través de los modelos DICE y PAGE, significa valorar la externalidad en 42 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e. Este valor es mayor al actual y se encuentra dentro del rango recomendado por el *benchmark*. Además, se recomienda implementar la proyección de mediano plazo de estos valores que implica que su valor al 2025 sea de 52 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e y al 2030 sea de 56 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e.

De utilizar el método de Definición Política basada en evidencia, se recomienda utilizar el valor que se obtiene del uso del *Benchmark*, del que se obtiene un valor de 46 USD 2021/tCO<sub>2</sub>e. En su defecto, aplicar un análisis multicriterio para determinar otra alternativa de acuerdo a las preferencias nacionales en base a juicio de expertos.

Por último, el método de Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública es consistente con la alta ambición climática de Chile, que en su NDC y en su Ley Marco de Cambio Climático se ha comprometido a reducir fuertemente sus emisiones de GEI para alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. Dado que la totalidad de las medidas analizadas en el ejercicio 2020, permiten llegar con la última medida a las metas de mitigación de corto, mediano y largo plazo, el precio social del carbono obtenido es 264,2 USD/tCO<sub>2</sub>e. Para su implementación se sugiere un ajuste de este valor de manera lineal, partiendo con el valor de 32,5 USD/tCO<sub>2</sub>e el 2020 y alcanzando el precio social del carbono de 264,2 USD/tCO<sub>2</sub>e al año 2050. El siguiente cuadro muestra los valores obtenidos en detalle.

**Cuadro 26**  
**Precio social del carbono proyectado según el método costo de mitigación**  
**para alcanzar un objetivo de política pública para Chile**  
(En dólares /tCO<sub>2</sub>e)

Año	Precio social del carbono
2020	32,5
2021	40,2
2022	47,9
2023	55,7
2024	63,4
2025	71,1
2026	78,8
2027	86,6
2028	94,3
2029	102,0
2030	109,7
2031	117,4
2032	125,2
2033	132,9

Año	Precio social del carbono
2034	140,6
2035	148,3
2036	156,0
2037	163,8
2038	171,5
2039	179,2
2040	186,9
2041	194,7
2042	202,4
2043	210,1
2044	217,8
2045	225,5
2046	233,3
2047	241,0
2048	248,7
2049	256,4
2050	264,2

Fuente: Elaboración propia.

Comparando todos los resultados con el *benchmark*, se destaca que el precio social del carbono obtenido a través del Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública entrega valores en el rango alto (31-61 USD/tCO<sub>2</sub>e), lo que indicaría una alta ambición climática en relación a su PIB per cápita, lo que es consistente con los compromisos de Chile. Adicionalmente la implementación paulatina del precio social del carbono nos provee una ruta coherente con las recomendaciones de la ciencia. Según IPCC (2022), para cumplir el Acuerdo de París (i.e. escenarios de alta probabilidad de limitar el calentamiento global a los 2°C) el precio al carbono debe encontrarse entre 60-120 USD<sub>2015</sub>/tCO<sub>2</sub>e al 2030 y entre 150-320 USD<sub>2015</sub>/tCO<sub>2</sub>e al 2050, además de equilibrar la gradualidad en la implementación para los proyectos de inversión y una señal clara de largo plazo consistente con la Ley Marco de Cambio Climático.

En este sentido, se recomienda considerar el valor de 63,4 USD/tCO<sub>2</sub>e a 2024 e ir escalando este hasta llegar a los 264,4 USD/tCO<sub>2</sub>e en 2050. Estos valores, además indican una consistencia con los compromisos nacionales.

La actualización de los precios sociales es un elemento clave dentro del proceso de evaluación de los Sistemas Nacionales de Inversiones, lo que también aplica para el precio social del carbono. En este sentido, se recomienda actualizar el cálculo del precio social del carbono al menos cada cinco años, por las siguientes razones:

- Los instrumentos relacionados a políticas climáticas deben estar siempre coordinados con los avances en la ambición climática nacional. En este contexto, una de las principales políticas climáticas de todo país es la Contribución Nacionalmente Determinada, la que debiese ser actualizada cada cinco años, de acuerdo a lo estipulado en el Acuerdo de París. Para esto, también se recomienda ir mejorando a la par que se actualizan los compromisos, los antecedentes de mitigación asociados al compromiso nacional, lo que también permitirá definir un precio social del carbono acorde.
- Un ciclo de cinco años permite tener un balance entre los avances científicos que se van desarrollando y certidumbre sobre los nuevos descubrimientos. Esto también permite alinearse con los períodos de evaluación que realiza el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y las respectivas actualizaciones de los escenarios de emisión.

También es probable que los modelos de evaluación integrada (*IAMs*) se reajusten a los nuevos escenarios, impactos, valoración del daño y actualizaciones de las modelaciones del sistema climático de acuerdo a los nuevos reportes del IPCC.

- Debido a las características de las externalidades asociadas al cambio climático, tanto el costo social del carbono como los costos de mitigación para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, tienen un comportamiento creciente en el tiempo, por lo que es esperable que el precio social del carbono se deba ajustar al alza en las próximas estimaciones.
- También se recomienda que al utilizar valores proyectados de precio social del carbono la evaluación de proyectos considere estos valores a futuro y no sólo el valor fijo del año base, dado que esto refleja la mayor externalidad futura del cambio climático, por lo que se debe evaluar los flujos futuros de emisiones al precio social del carbono correspondiente, reconociendo que la reducción de emisiones *hoy* es menos costosa socialmente que la reducción de emisiones *en el futuro*.
- Finalmente, respecto a los modelos de cálculo del costo social del carbono, si bien estos son desarrollados por centros de investigación que buscan evaluar los impactos globales, cada país aterriza estas herramientas acordes a su propia realidad. En este caso, dicho ajuste se asoció a utilizar una tasa de descuento decreciente de largo plazo para Chile. No obstante, en el futuro, la tasa puede ser actualizada para representar mejor el contexto nacional o, en defecto, se podría optar por usar otro método para el cálculo del precio social del carbono.

Finalmente, la actualización del precio social del carbono es el punto de partida y es necesaria su aplicación en los diferentes proyectos, extendiendo su uso a los diferentes sectores emisores. En este contexto, una actualización al alza, como es el caso de Chile (de 32,5 a 63,4 USD/tCO<sub>2</sub>e) tiene un impacto relevante en tipologías de proyectos que son intensivos en emisiones, como se mostró en los ejemplos de carreteras. Por lo tanto, la aplicación del instrumento también debiese venir acompañado de una identificación de estos tipos de proyectos y el desarrollo de metodologías que acompañen a la identificación de las fuentes emisoras y estimación de los gases de efecto invernadero.

## Bibliografía

- Ahrens, J., & Ruf, P. (2016), What the global cap-and-trade community can learn from the EU ETS (IETA Greenhouse Gas Market). IETA.
- Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J., & Galindo, L. M. (2019), El costo social del carbono: Una visión agregada desde América Latina. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44423-costo-social-carbono-vision-agregada-america-latina>.
- Banco Mundial (2017), Shadow price of carbon in economic analysis—Guidance note.
- Barrage, L., & Nordhaus, W. (2023), Policies, projections, and the Social Cost of Carbon: Results from the DICE-2023 Model (Working Paper 31112; NBER Working Paper Series). National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w31112>.
- BEIS (2021), *Valuation of greenhouse gas emissions: For policy appraisal and evaluation*. GOV.UK. <https://www.gov.uk/government/publications/valuing-greenhouse-gas-emissions-in-policy-appraisal/valuation-of-greenhouse-gas-emissions-for-policy-appraisal-and-evaluation>.
- Cartes Mena, F. (2021), Metodología para la estimación del precio social del carbono en Chile y los países de América Latina y el Caribe. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46957-metodologia-la-estimacion-precio-social-carbono-chile-paises-america-latina>.
- CCG UC. (2021), Climate Action Teams, Modelling Exercise for Chile Progress Report. <https://cambioglobal.uc.cl/proyectos/438-climate-action-teams-modelling-exercise-for-chile-progress-report>.
- CDP, & CPLC. (2018), Carbon Pricing Corridors: The Market View 2018. CPLC.
- DECC. (2009), Carbon Valuation in UK Policy Appraisal. Gobierno de Reino Unido. <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-valuation-in-uk-policy-appraisal-a-revised-approach>.
- Diario Oficial (2022), Ley N° 21.455, Ley Marco de Cambio Climático.
- Edwards, G. (2014), Estimación de la Tasa Social de Descuento en el Largo Plazo en el Marco del Sistema Nacional de Inversiones 1 Licitación No. 730566-36-LE13, Informe Final revisado. Ministerio de Desarrollo Social.
- Enkvist, P.-A., Dinkel, J., & Lin, C. (2010), Impact of the financial crisis on carbon economics: Version 2.1 of the global greenhouse gas abatement cost curve. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/impact-of-the-financial-crisis-on-carbon-economics-version-21>.
- Enkvist, P.-A., Nauclér, T., & Rosander, J. (2007), A global study of the size and cost of measures to reduce greenhouse gas emissions yields important insights for businesses and policy makers. McKinsey&Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/a-cost-curve-for-greenhouse-gas-reduction#/>.

- EPA. (2022), Supplementary Material for the Regulatory Impact Analysis for the Supplemental Proposed Rulemaking, "Standards of Performance for New, Reconstruct, and Modify Sources and Emissions Guidelines for Existing Sources: Oil and Natural Gas Sector Climate Review" (Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances Docket ID No. EPA-HQ-OAR-2021-0317; EPA External Review Draft of Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances). US Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-11/epa\\_scghg\\_report\\_draft\\_o.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-11/epa_scghg_report_draft_o.pdf).
- Fischedick, M., Schaeffer, R., Adedoyin, A., Akai, M., Bruckner, T., Clarke, L., Krey, V., Savolainen, I., Teske, S., Ürge-Vorsatz, D., Wright, R., Luderer, G., Baker, E., & Riahi, K. (2011), *Mitigation Potential and Costs* (O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. Von Stechow, & P. Matschoss, Eds.; 1st ed., pp. 791–864). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151153.014>.
- Foley, D., K. (2009), *The Economic Fundamentals of Global Warming*. In J. M. Harris & N. R. Goodwin (Eds.), *Twenty-First Century Macroeconomics: Responding to the Climate Challenge*. Edward Elgar Publishing.
- Gobierno de Chile (2021), *Estrategia climática de largo plazo de Chile. Camino a la carbono neutralidad y resiliencia a más tardar al 2050*.
- \_\_\_\_\_(2020), *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile (NDC)*.
- Hardin, G. (1968), *The Tragedy of the Commons*. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- High-Level Commission on Carbon Prices (2017), *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices*. Carbon Pricing Leadership Coalition. [https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53deccfb4c/t/59b7f2409f8dce5316811916/1505227332748/CarbonPricing\\_FullReport.pdf](https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53deccfb4c/t/59b7f2409f8dce5316811916/1505227332748/CarbonPricing_FullReport.pdf).
- Hope, C. (2013), *Critical issues for the calculation of the social cost of CO<sub>2</sub>: Why the estimates from PAGE09 are higher than those from PAGE2002*. *Climatic Change*, 117(3), 531–543.
- Ibarrarán, M. E. (2010), *Externalidades, Bienes Públicos y Medio Ambiente*. Departamento de Economía, Universidad de las Américas.
- IDB (2021), *Opciones para lograr la carbono-neutralidad en Chile: Una evaluación bajo incertidumbre*. <https://publications.iadb.org/es/opciones-para-lograr-la-carbono-neutralidad-en-chile-una-evaluacion-bajo-incertidumbre>.
- IEA (2020), *Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3f36f587-en>.
- IPCC (2022), *Summary for Policymakers*. In H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. & Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Vol. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf).
- \_\_\_\_\_(2018), *Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development*. In *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Cambridge: Cambridge University Press. [10.1017/9781009157940.004](https://doi.org/10.1017/9781009157940.004).
- Kikstra, J. S., Waidelich, P., Rising, J., Yumashev, D., Hope, C., & Brierley, C. M. (2021), *The social cost of carbon dioxide under climate-economy feedbacks and temperature variability*. *Environmental Research Letters*, 16(9), 094037. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1dob>.
- Leach, N. J., Jenkins, S., Nicholls, Z., Smith, C. J., Lynch, J., Cain, M., Walsh, T., Wu, B., Tsutsui, J., & Allen, M. R. (2021), *FaIRv2.0.0: A generalized impulse response model for climate uncertainty and future scenario exploration*. *Geoscientific Model Development*, 14(5), 3007–3036. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-3007-2021>.
- Ministerio de Desarrollo Social. Gobierno de Chile (2024), *Manual uso planilla corrección precios sociales*. Subsecretaría de Evaluación Social. División de Evaluación Social e Inversiones. Santiago, 2024.
- \_\_\_\_\_(2017). *Estimación del precio social del CO<sub>2</sub>*. Santiago, febrero de 2017.
- Ministerio de Energía (2021), *Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) 2023-2027*. Gobierno de Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2020), *NDC y Plan de Carbono Neutralidad 2050*. 09 de abril 2020.

- Nicholls, Z. R. J., Meinshausen, M., Lewis, J., Gieseke, R., Dommenges, D., Dorheim, K., Fan, C.-S., Fuglestedt, J. S., Gasser, T., Golüke, U., Goodwin, P., Hartin, C., Hope, A. P., Kriegler, E., Leach, N. J., Marchegiani, D., McBride, L. A., Quinçaille, Y., Rogelj, J., ... Xie, Z. (2020), Reduced Complexity Model Intercomparison Project Phase 1: Introduction and evaluation of global-mean temperature response. *Geoscientific Model Development*, 13(11), 5175–5190. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-5175-2020>.
- Nordhaus, W. D. (2017), Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518–1523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>.
- OCDE/IEA, & IRENA (2017), Chapter 2: Energy Sector Investment to Meet Climate Goals. In *Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System*.
- Paavola, J. (2012), Climate Change: The Ultimate Tragedy of the Commons? In D. H. Cole & E. Ostrom (Eds.), *Property in Land and Other Resources* (pp. 417–433). Lincoln Institute of Land Policy. [https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/climate-change\\_o.pdf](https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/climate-change_o.pdf).
- Parry, I., Black, S., & Roaf, J. (2021), Proposal for an International Carbon Price Floor Among Large Emitters (IMF Staff Climate Notes No 2021/001). International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/staff-climate-notes/Issues/2021/06/15/Proposal-for-an-International-Carbon-Price-Floor-Among-Large-Emitters-460468>.
- Pindyck, R. S. (2013), Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? *Journal of Economic Literature*, 51(3), 860–872. <https://doi.org/10.1257/jel.51.3.860>.
- Price, R., Thornton, S., & Nelson, S. (2007), The Social Cost of Carbon. 24.
- Stern, N., Stiglitz, J. E., & Taylor, C. (2021), The Economics of Immense Risk, Urgent Action and Radical Change: Towards New Approaches to the Economics of Climate Change (Working Paper 28472). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w28472>.
- Vicuña, S., Marín, C., Pica, A., & Rivera, A. (2022), Simulaciones del precio social del carbono en el sector de la infraestructura en países seleccionados de América Latina. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/126), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a1c5830e-b3a2-4d5f-8796-f74ba7d6e8da/content>.
- Waldhoff, S. T., Anthoff, D., Rose, S., & Tol, R. S. J. (2014), The Marginal Damage Costs of Different Greenhouse Gases: An Application of Fund (SSRN Scholarly Paper 1974111). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1974111>.
- Yumashev, D. (2020, June 23), PAGE-ICE Integrated Assessment Model. <https://www.semanticscholar.org/paper/PAGE-ICE-Integrated-Assessment-Model-Yumashev/46fc33ede09712c1f7fe4e4b7e5c63cb698b6209#related-papers>.



## Anexos

## Anexo A1

### Experiencias internacionales de definición de un precio social del carbono

Esta sección presenta un compilado de experiencias de determinación de precio social del carbono por parte de distintos países. El cuadro A1.1 muestra las metodologías utilizadas en distintos países, los valores de precio social del carbono según el año objetivo para el que se realizó el cálculo, las tasas sociales de descuento y los sectores a los que aplica el valor. Todos los valores fueron transformados a USD 2021.

**Cuadro A1.1**  
**Experiencias internacionales de definición de un precio social del carbono**

País	Metodología	Valor (En dólares 2021) <sup>a</sup>	Año <sup>b</sup>	Tasa de descuento (En porcentajes)	Sector económico	Referencia
Perú	Costo Social del Carbono	7,02	2016	9	Energía	Centro de investigación de la Universidad del Pacífico (2016). Estimación del Precio Social del Carbono para la evaluación social de proyectos en el Perú. Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas. Perú.
Reino Unido	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	350,69	2021	3,5	Nacional	BEIS (2021). Policy Paper: Valuing of greenhouse gas emissions: for policy appraisal and evaluation. Government of the United Kingdom.
Reino Unido	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	100,14	2009	3,5	Sectores no cubiertos por el EU-ETS	DECC (2009). Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: A revised Approach. Department of Energy and Climate Change. Government of the United Kingdom.
Reino Unido	Costo Social del Carbono	50,78	2007	2	Nacional	Pricem R., Thornton, S. & Nelson, S. (2007). The Social Cost of Carbon and the Shadow Price of Carbon: what they are, and how to use them in economic appraisal in the UK. DEFRA. London. Government of the United Kingdom.
Francia	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	65,96	2019	4,5	Nacional	Quinet, A. (2019). The Value for Climate Action: A shadow price of carbon for evaluation of investments and public policies. France Stratégie.
Francia	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	43,24	2008	4,5	Nacional	Quinet, A. (2008). La valeur tutélaire du carbone. Centre d'analyse stratégique. République Française.

País	Metodología	Valor (En dólares 2021) <sup>a</sup>	Año <sup>b</sup>	Tasa de descuento (En porcentajes)	Sector económico	Referencia
Estados Unidos	Costo Social del Carbono	54,15 <sup>c</sup>	2021	3	Nacional	Interagency Working Group (2016). Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost for Regulatory Impact Analysis - Under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency. Gobierno de Estados Unidos. Interagency Working Group (2021). Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane and Nitrous Oxide - Interim Estimates under Executive Order 13990. Environmental Protection Agency. Gobierno de Estados Unidos.
Estados Unidos	Costo Social del Carbono	44,72	2013	3	Nacional	EPA/IWG (2013). Technical Support Document: - Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis - Under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency, Interagency Working Group. Gobierno de Estados Unidos.
Estados Unidos	Costo Social del Carbono	27,34	2010	3	Nacional	EPA/IWG (2010). Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis under Executive Order 12866. Environmental Protection Agency, Interagency Working Group. Gobierno de Estados Unidos.
Alemania	Costo Social del Carbono	237,88	2020	3 próximos 20 años 1,5 más de 20 años	Nacional	Matthey A. and Bünger B. (2020). Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. German Environment Agency (UBA). Alemania.
Alemania	Costo Social del Carbono	237,58	2019	3 próximos 20 años 1,5 más de 20 años	Nacional	Matthey A. and Bünger B. (2019), Methodological Convention 3.0 for the Assessment of Environmental Costs: Costs Rates. German Environment Agency (UBA). Alemania.
Alemania	Costo Social del Carbono	124,36	2013	3 próximos 20 años 1,5 más de 20 años	Nacional	Matthey A. and Bünger B. (2013). Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Alemania.
Noruega	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	58,56	2020	4 próximos 40 años 3 entre 40-75 años 2 más de 75 años	Transporte	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Noruega	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	30,00	2012	4 próximos 40 años 3 entre 40-75 años 2 más de 75 años	Transporte	Hagen, K.P. et al. (2012). Cost-Benefit Analysis. Official Norwegian Reports NOU 2012: 16. Ministry of Finance.
Finlandia	Costo Social del Carbono	94,32	2019	S/I	Transporte	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.

País	Metodología	Valor (En dólares 2021) <sup>a</sup>	Año <sup>b</sup>	Tasa de descuento (En porcentajes)	Sector económico	Referencia
Finlandia	Costo Social del Carbono	50,63	2015	S/I	Transporte	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Dinamarca	Definición política basada en evidencia: Precio de mercado	29,20	2021	S/I	Transporte	Thune-Larse, H., Ukkonen, A., Hammes, J.J., Jensen, T.C. (2021). Transport infrastructure investment: Climate and environmental effects in cost benefit analysis in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers.
Canadá	Definición política basada en evidencia: CSC calculado por EEUU	37,80	2016	3	Nacional	Environment and Climate Change Canada (2016). Technical Update to Environment and Climate change Canada's Social Cost of Greenhouse Gas Estimates. Canadá.
Chile	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	30,1	2017	6	Nacional	Ministerio de Desarrollo Social (2017). Estimación del Precio Social del CO <sub>2</sub> . División de Evaluación Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social. Gobierno de Chile.
Chile	Definición política basada en evidencia: Precio de mercado	9,45	2015	6	Nacional	Ministerio de Desarrollo Social (2017). Estimación del Precio Social del CO <sub>2</sub> . División de Evaluación Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social. Gobierno de Chile.
Chile	Definición política basada en evidencia: Precio de mercado	4,71	2013	6	Nacional	Ministerio de Desarrollo Social (2017). Estimación del Precio Social del CO <sub>2</sub> . División de Evaluación Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social. Gobierno de Chile.
Australia	Costo Social del Carbono	48,90	2012	S/I	Transporte	Tan, F., Lloyd, B. & Evans, C. (2012). Guide to Project Evaluation Part 4: Project Evaluation Data. Australia.
Australia	Curvas de abatimiento	39,90	2014	S/I	Transporte	Evans, C., Naude, C., Teh, J., Makwasha, T. & Ai, U. (2014). Updating Environmental externalities Unit Values. Technical Report AP-T285-14. Australia.
Australia	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública y Costo Social del Carbono <sup>d</sup>	46,80	2020	Varía según la agencia del gobierno	Transporte	ATAP (2021). Australian Transport ASsessment and Planning Guidelines. PV5 Environmental Parameter values. Australia.

País	Metodología	Valor (En dólares 2021) <sup>a</sup>	Año <sup>b</sup>	Tasa de descuento (En porcentajes)	Sector económico	Referencia
Países Bajos	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	62,7	2016	3,5	Nacional	Aalbers, R., Renes, G. & Romijn, G. (2016). Valuation of CO <sub>2</sub> emission in CBA: implications of the scenario study Welfare, Prosperity and the human Environment. Background Document. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
Países Bajos	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	111,20	2010	4	Transporte	International Transport Forum (2015). Annex B: Carbon value and discount rates in the Netherlands. En: Transport Policy to Climate Change: Carbon valuation, risk, and uncertainty. OECD Publishing, París.
Japón	Costo Social del Carbono	29,89	2015	4	Transporte	OCDE (2015). Monetary carbon values in policy appraisal: an overview of current practice and key issues - Environment Working Paper No. 92.
Suecia	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	855,4	2020	3,5	Transporte	Trafikverket (2020). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvarden for tranposrtsektorn: ASEK 7.o. English Summary of ASEK Guidelines. Versión 7.o. Suecia.
Suecia	Costo de mitigación para alcanzar objetivo de Política Pública	143,1	2016	3,5	Transporte	Trafikverket (2016). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvarden for tranposrtsektorn: ASEK 6.o. English Summary of ASEK Guidelines. Versión 6.o. Suecia.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Valor del año en el que se calculó el PSC, ajustados por inflación según datos oficiales de cada país.

<sup>b</sup> Se refiere al año en el que se estableció el valor. Considera solo los valores más actuales de cada país.

<sup>c</sup> El valor fue actualizado solo por inflación al entrar en vigencia el gobierno de Joe Biden, retomando los valores recomendados por el IWG el año 2016.

<sup>d</sup> Valor medio entre los valores obtenidos aplicados en las metodologías previas. El primer valor se obtuvo el 2012 mediante el cálculo del Costo Social del Carbono, mientras que el segundo valor se obtuvo el 2014 mediante el método Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública.

## Anexo A2

### Implementación del método “Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública”

Como se presentó en la sección anterior, para calcular el precio social del carbono con el método Costo de mitigación para alcanzar un objetivo de política pública es necesario seguir una serie de pasos.

**Cuadro A2.1**  
Costos de abatimiento y reducciones de las medidas en precios privados

<b>Medida</b>	<b>VAC</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2030</b>	<b>VAC</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2050</b>	<b>CAPEX</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2030</b>	<b>CAPEX</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2050</b>	<b>OPEX</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2030</b>	<b>OPEX</b> <i>(Miles de millones de dólares)</i> <b>2020-2050</b>	<b>Reducciones NDC 2030</b> <i>(MMtCO<sub>2</sub>e)</i>	<b>Reducciones Carbono Neutralidad 2050</b> <i>(MMtCO<sub>2</sub>e)</i>	<b>Emisiones 2020-2030</b> <i>(MMtCO<sub>2</sub>e)</i>	<b>Emisiones 2020-2050</b> <i>(MMtCO<sub>2</sub>e)</i>	<b>Costo de abatimiento 2030</b> <i>(En dólares/tCO<sub>2</sub>e)</i>	<b>Costo de abatimiento 2050</b> <i>(En dólares/tCO<sub>2</sub>e)</i>
Cambio modal transporte	-263	-758	147	179	-410	-937	0,1	0,1	0,9	3,7	-277	-207,5
Electromovilidad-taxis	-816	-3 715	552	1 624	-1 368	-5 339	0,5	1,6	3,0	24,4	-276	-152,5
Hidrógeno Verde- Gasoductos	167	475	134	591	33	-116	-0,1	0,3	-0,7	2,5	-241	187,8
Electromovilidad-particular mediano 58%	-297	-2 913	258	3 761	-555	-6 675	-0,0	3,6	1,3	44,3	-226	-65,8
Electrificación motriz-resto minería	-300	-2 381	102	327	-402	-2 708	0,3	1,5	1,4	20,9	-216	-114,1
Generación Distribuida	-191	-1 894	511	711	-702	-2 605	0,2	0,2	0,9	4,9	-204	-384,8
SST Industria y minería	-1 403	-4 178	255	350	-1 658	-4 529	1,3	3,7	7,6	59,8	-185	-69,8
MEPS Motores hasta 100HP	-1 175	-2 318	87	172	-1 263	-2 490	0,7	0,4	6,5	20,8	-181	-111,5
Electrificación motriz-industria	-496	-2 754	158	224	-654	-2 979	0,6	1,8	3,1	28,5	-162	-96,7

<b>Medida</b>	<b>VAC</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2030</b>	<b>VAC</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2050</b>	<b>CAPEX</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2030</b>	<b>CAPEX</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2050</b>	<b>OPEX</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2030</b>	<b>OPEX</b> (Miles de millones de dólares) <b>2020-2050</b>	<b>Reducciones NDC 2030</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Reducciones Carbono Neutralidad 2050</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Emisiones 2020-2030</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Emisiones 2020-2050</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Costo de abatimiento 2030</b> (En dólares/tCO <sub>2</sub> e)	<b>Costo de abatimiento 2050</b> (En dólares/tCO <sub>2</sub> e)
SST Residencial y público	-496	-2 359	263	489	-760	-2 848	0,7	2,4	3,9	36,2	-128	-65,1
Fertilizantes	-27	-221	0	0	-27	-221	0,1	0,2	0,3	4,0	-100	-55,8
Electrificación motriz-minería cobre	-448	-2 491	189	406	-638	-2 897	0,7	3,0	4,6	43,3	-96	-57,5
Geotermia	-0	-4	6	20	-7	-25	0,0	0,0	0,0	0,3	-11	-16,9
Fomento a la Renovación Energética de Viviendas	-72	-7 299	2 135	3 130	-2 206	-10 429	1,5	7,5	9,2	93,5	-8	-78,1
Generación biogás	-0	7	11	38	-11	-31	0,3	0,7	2,9	14,2	-0	0,5
Ley de Eficiencia Energética SGE 2,5%	-0	-3 738	0	1 588	-0	-5 327	0,1	2,5	1,3	29,8	-0	-125,6
Antorchas	1	2,3	1	2,0	0	0,2	1,0	2,2	1,0	34,4	1	0,07
Biodigestores	7	23	5	10	2	12	0,2	0,6	1,1	11,9	7	1,9
Retiro de centrales	427	907	597	2 122	-170	-1 215	2,3	7,5	10,7	112,5	40	8,1
Calef eléctrica público comercial	-17	-292	7	241	-24	-533	0,01	0,7	-0,1	5,6	120	-52,1
Compostaje	7	12	3	6	4	6	0,0	0,0	0,1	0,2	120	68,6
Electromovilidad-público Santiago	139	-754	275	1 201	-136	-1 955	0,4	1,1	0,7	20,0	194	-37,6
MEPS nuevos	159	573	265	941	-106	-368	0,1	0,1	0,6	2,0	253	292,2
Electromovilidad-público regiones	636	6 205	951	10 323	-315	-4 118	0,4	3,3	1,9	46,4	330	133,8

<b>Medida</b>	<b>VAC</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2030	<b>VAC</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2050	<b>CAPEX</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2030	<b>CAPEX</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2050	<b>OPEX</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2030	<b>OPEX</b> (Miles de millones de dólares) 2020-2050	<b>Reducciones NDC 2030</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Reducciones Carbono Neutralidad 2050</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Emisiones 2020-2030</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Emisiones 2020-2050</b> (MMtCO <sub>2</sub> e)	<b>Costo de abatimiento 2030</b> (En dólares/tCO <sub>2</sub> e)	<b>Costo de abatimiento 2050</b> (En dólares/tCO <sub>2</sub> e)
Electrificación motriz-comercial	124	-685	172	1 034	-48	-1 719	0,1	2,3	0,3	21,4	453	-32,1
Hidrógeno Verde-Carga	789	-4 172	1 435	3 943	-646	-8 116	1,2	6,1	1,4	83,8	545	-49,8
Electrificación térmica	976	2 352	1 008	2 402	-31	-50	0,4	2,6	1,69	31,2	579	75,3
RT Viviendas vulnerables	550	770	701	1 238	-151	-467	0,1	0,5	0,7	6,2	812	124,1
Calefacción distrital	30	41	28	35	2	6	0,0	0,0	0,0	0,1	1 384	315,4
Hidrógeno Verde-Motriz	871	-5 833	1 438	4 702	-567	-10 535	0,8	9,1	0,1	112,8	11 321	-51,7
Electromovilidad-particular liviano 58%	323	4 789	329	5 999	-6	-1 210	-0,00	2,2	0,0	16,1	12 761	296,9
Dieta Bovina	0	177	0	0	2	177	0,0	0,1	0,0	1,3	0,0	136,6

Fuente: Elaboración propia.

En este documento se presenta la estimación de la actualización del precio social del carbono para Chile, como resultado de la asistencia técnica prestada por la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) a la División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social y Familia. Se incluye un examen de los compromisos que el país planteó en sus contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) y en la Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile a 2050. Se presentan alternativas metodológicas para calcular el precio social del carbono, así como los requerimientos de información para aplicarlas. Considerando la disponibilidad de información en Chile, es posible aplicar las tres metodologías consideradas. Según los resultados obtenidos con la metodología de costo de mitigación, para alcanzar un objetivo de política pública se recomienda utilizar los siguientes valores del precio social del carbono: 63,4 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ ) en 2024, 71,1 dólares por  $tCO_2e$  en 2025 y 109,7 dólares por  $tCO_2e$  en 2030. Se presentan los resultados de cada uno de los métodos y se hacen análisis de sensibilidad para distintas tasas sociales de descuento.

