

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL
**ANTEPROYECTO DE LA REVISIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD PRIMARIA DE
AIRE PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂).**

julio de 2022

Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de normas de calidad y de emisión, así como planes de prevención y/o descontaminación ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (MINSEGPRES, 1994) y en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS N° 38/2012 del MMA), se requiere de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta regulatoria, de tal forma que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental (DEA) del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración del AGIES de una norma, desde el desarrollo del Anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

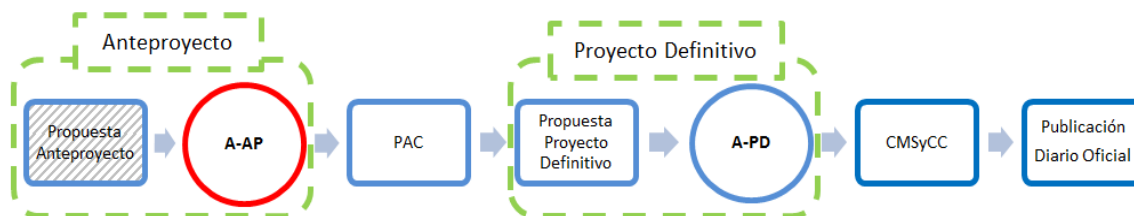
- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana.
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al CMS en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad, y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana (PAC), el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros

antecedentes pueden ser, por ejemplo, geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde al AGIES del Anteproyecto A-AP (en rojo, Figura 1) de la Norma Primaria de Calidad del Aire (NPCA) para Dióxido de Nitrógeno (NO₂), la cual es de carácter nacional.

Figura 1: Etapa Actual del AGIES



Fuente: Elaboración propia

Este análisis evalúa el cumplimiento de la norma propuesta en el Anteproyecto y estima los costos asociados a monitoreo y fiscalización, así como los costos y beneficios de un potencial Plan de Descontaminación Ambiental, en caso que los niveles normados sean superados.

Los resultados presentados corresponden a la evaluación del límite regulatorio con la información base establecida a la fecha de cierre de este informe, la que podrían sufrir modificaciones en etapas posteriores, tales como Participación Ciudadana, Consejos Consultivos y Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

Resumen

En este documento se presentan los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del proceso de Revisión del D.S N° 114 de 2002, que Establece la Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

El Ministerio Secretaría General de la Presidencia estableció mediante el D.S. N° 114 de 2002 la Norma primaria de calidad de aire para Dioxido de Nitrógeno (NO₂). El cuál propone en su artículo N° 3 una concentración anual de 40 µg/m³ y en su artículo N° 4 una concentración horaria de 200 µg/m³.

La revisión de la NPCA NO₂ propone reducir los límites de concentración anual y diaria. Por lo tanto, el AGIES evaluó el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el anteproyecto respecto de los valores de concentración ambiental actuales, con el objeto de mostrar los costos y beneficios asociados a los límites establecidos por el Anteproyecto de Norma.

El AGIES evalúa en un horizonte de 10 años (2024-2034) los beneficios y costos asociados a los límites de concentración anual y diarios definido en el Anteproyecto. Los resultados indican lo siguiente:

- No existen incumplimientos al D.S N° 114 de 2002 a nivel nacional.
- La Implementación de distintas políticas públicas que reducen la emisión de NO₂ y por consiguiente su concentración, produce que la proyección de las concentraciones se reduzca en el tiempo, mejorando año a año las calidad del aire.
- El límite de concentración anual de 40 µg/m³N es sobrepasado durante los primeros 3 años en la comuna de Independencia, de la región Metropolitana. Sin embargo a partir del 4to año se cumplen los límites propuestos por el Anteproyecto, esto debido a la entrada en vigencia de diferentes políticas públicas que reducirán a futuro la concentración de NO₂.¹
- El límite de concentración horario de 200 µg/m³N se cumple para todas las estaciones a nivel nacional.
- Los costos valorizados por la implementación de nuevas estaciones de monitoreo, y el aumento del monitoreo y fiscalización corresponden a USD\$ M 0,141 en valor anualizado².
- Se consideran beneficios cualitativos, como la mayor protección de la salud de la población, el aumento del monitoreo, mejoras en la imagen país, entre otros.
- Debido al cumplimiento de los límites propuestos por el Anteproyecto de norma hacia el final del período proyectado (2034), se asume que la normativa no posee costos y beneficios asociados a un potencial plan de descontaminación.

Este análisis concluye que la NPCA NO₂ es consistente con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente en la reducción de la contaminación y que promueve la equidad entre sus habitantes. A continuación se presentan los principales resultados de la evaluación.

¹ Principalmente medidas asociadas al PPDA de la RM.

² USD MM 0.11 en valor presente.

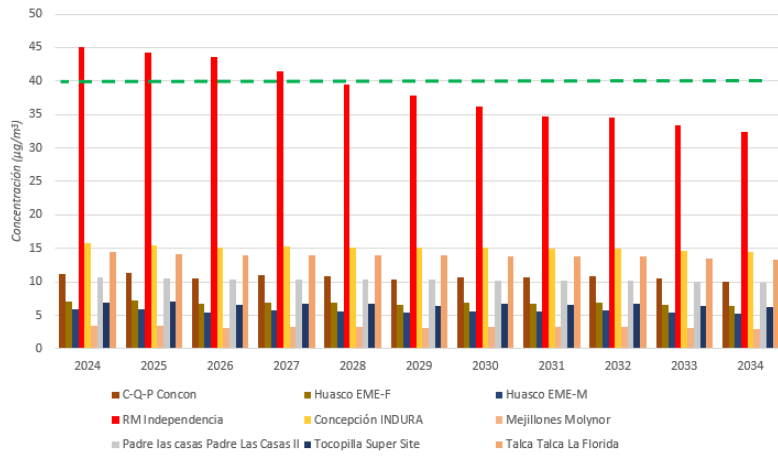


Figura 2: Concentración anual NO₂ respecto de valores de norma.

Se presentan las concentraciones anuales proyectadas de NO₂ respecto de la norma anual de 40 µg/m³N.

El límite de concentración anual es sobrepasado en solo una de las comunas del país, la cual corresponde a Independencia en la Región Metropolitana para el período 2024-2027, para luego dar cumplimiento al límite establecido.

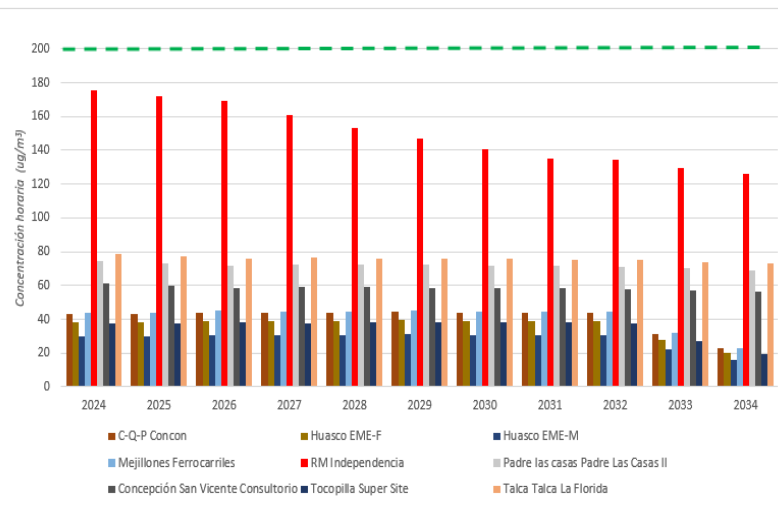


Figura 3: Concentración anual NO₂ respecto de valores de norma.

Se presentan las concentraciones horarias de de NO₂ respecto de la norma anual de 200 µg/m³N.

El límite de concentración se encuentra por sobre el máximo de concentraciones proyectadas, por lo que se da cumplimiento a la normativa propuesta a nivel nacional.

Tipo de costo	Valor Anualizado (MM USD/año)
Inversión equipos de monitoreo	0,078
Operación y Mantenición	0,008
Fiscalización	0,055
Total	0,141

Tabla 1: Costos.

En la tabla se muestra el valor anualizado, relación a costos intrínsecos de la normativa, como el aumento en la capacidad de monitoreo, su operación y mantención y los costos de fiscalización corresponden en un 100% a costos asumidos por el estado.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. ANTECEDENTES	6
1.1 LÍNEA BASE DE CALIDAD DEL AIRE	6
2. METODOLOGÍA DEL AGIES	8
2.1 LÍNEA BASE DE CALIDAD Y PROYECCIÓN	10
2.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO.....	11
2.3 COSTOS Y BENEFICIOS	13
3. RESULTADOS	17
3.1 PROYECCIÓN DE LA LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO	17
3.2 COSTOS.....	19
3.3 BENEFICIOS	21
4. CONCLUSIONES	23
5. BIBLIOGRAFÍA	24
6. ANEXOS	25
6.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENCIÓN	25
6.2 METODOLOGÍA DE BENEFICIOS EN SALUD.....	26
6.2.1 <i>Coefficientes de riesgo unitario</i>	27
6.2.2 <i>Dato de calidad anual y horaria 2018-2020</i>	28
6.2.3 <i>Proyecciones de calidad anual y horaria 2024-2034</i>	31
6.3 TASAS ANUAL DE CAMBIO DE LA PROYECCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES.....	34
6.4 ANEXO 3: FICHA RESUMEN AGIES.....	36

1. ANTECEDENTES

El D.S 114 de 2002, estableció por primera vez un límite de concentración horario y anual para la concentración de Dioxido de Nitrógeno NO₂, esta norma impuso un límite anual de concentración, correspondiente a 100 µg/m³N y un límite de concentración horaria de 400 µg/m³N. Adicionalmente la resolución N° 1307 de 2019, estableció la revisión del D.S N°114 de 2002, proceso que genero el Anteproyecto a evaluar en el presente AGIES.

El anteproyecto de La Revisión de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Dióxido de Azufre (NO₂) tiene por objetivo proteger la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos generador por la exposición a este conaminante, a través de la disminución de los valores de concentración actualmente fijados por el D.S 114, y los cuales son presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de límites regulatorios anuales y horarios. Concentraciones en (µg/m³).

Concentración límite (µg/m ³)	límite (µg/m ³)
Anual	40
Horaria	200

Fuente: Elaboración propia.

1.1 Línea Base de Calidad del aire

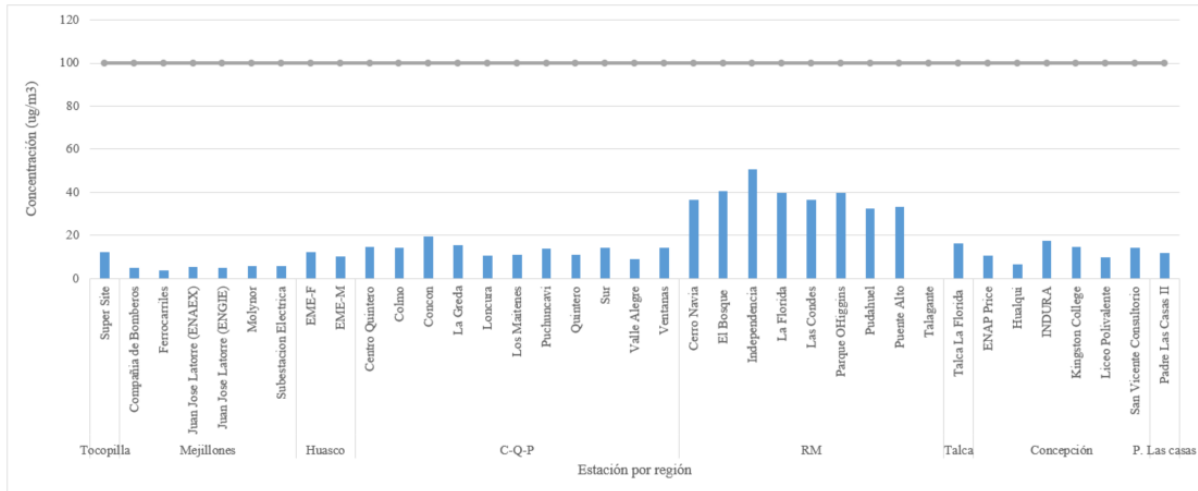
En Chile hay al menos 207 estaciones de monitoreo de calidad de aire, la mayor parte de ellas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Biobío. En 71 de ellas se realiza medición de NO, equivalente a un 34 % del total.

La Figura 4 representa los valores de concentración anual de NO₂ (µg/m³N), calculado como un promedio de los años 2018, 2019 y 2020 . Se puede observar que las concentraciones anuales más altas se presentan en la Región Metropolitana (RM), particularmente en la comuna de Independencia, llegando a valores cercanos a los 50 µg/m³.

La Figura 5 representa los valores de concentración horaria de NO₂ (µg/m³), calculado como el promedio del percentil 99, para los años los años 2018, 2019 y 2020. De manera similar a lo que ocurre con los datos de calidad anual, se puede observar que las concentraciones horarias y anuales más altas se presentan en la Región Metropolitana (RM), particularmente en la comuna de Independencia, llegando a valores cercanos a los 200 µg/m³.

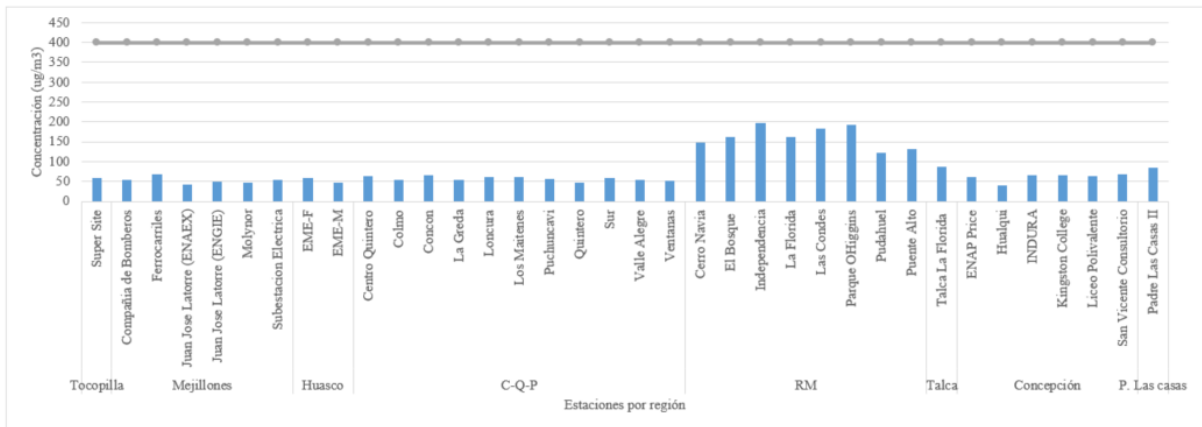
Actualmente en el país ninguna comuna posee un Plan de Descontaminación vigente por NO₂.

Figura 4: Calidad anual por estación, dato promedio de calidad de los años 2018, 2019, y 2020 por estación que indica.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos entregados por División de Calidad del Aire³, MMA

Figura 5. Calidad horaria por estación, dato promedio de calidad de los años 2018, 2019, y 2020 por estación que indica.



Fuente: Elaboración Propia en base a datos entregados por División de Calidad del Aire, MMA.

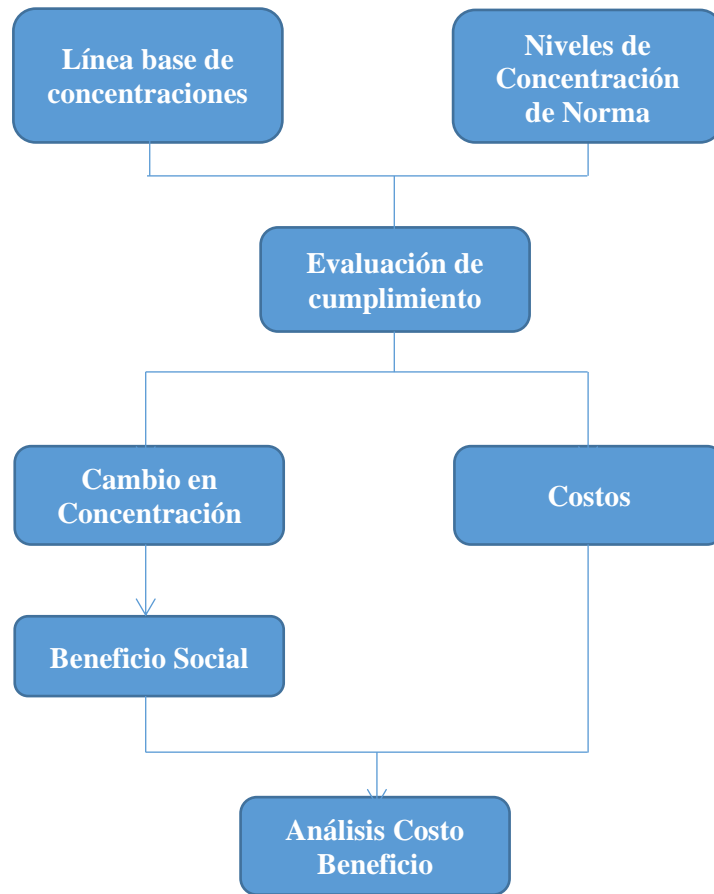
³ La estación de monitoreo Talagante no cuenta con información.

2. METODOLOGÍA DEL AGIES

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, donde se generan diferentes indicadores que den respuesta a los impactos de la implementación de una política pública, aportando antecedentes para el proceso normativo.

Los indicadores son elaborados utilizando una serie de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las concentraciones de calidad del aire producto de un escenario de norma, con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados por la regulación. Para ello, el modelo integra (i) una sección de generación de línea base de calidad del aire, (ii) un modelo que compara la línea base con los niveles normativos con el fin de evaluar potenciales superaciones de la norma denominado “Evaluación de cumplimiento”, (iii) un modelo de concentración-respuesta en efectos en salud basado en la potencial reducción de la concentración generada por la incorporación de la norma⁴ y (iv) un modelo de valorización de beneficios. Respecto de los costos, se integra (v) un modelo de valoración de la reducción de concentraciones. En la Figura 6 se muestra el diagrama que representa la metodología utilizada para la evaluación (MMA, 2013).

Figura 6: Diagrama metodológico para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



Fuente: Elaboración propia basado en (MMA, 2013)

Debido a que la metodología presentada en la Figura 6 considera pasos para su evaluación, el análisis costo-beneficio será válido siempre y cuando existan incumplimientos o superaciones de la norma, que desencadenen una potencial reducción de la concentración. De no darse este escenario el análisis acabará en la Evaluación de cumplimiento, asumiendo solo los costos directos que intruye la norma como lo son la fiscalización y el monitoreo.

Es importante recalcar que, los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisión mediante el uso de la metodología aquí planteada, sin embargo, ésta no debe ser considerada como el único criterio para la aprobación de una política pública (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996), ya que se debe tener una visión integral que incorpore otras variables, tales como, el riesgo de la población expuesta, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras.

2.1 Línea base de calidad y proyección

La data de calidad utilizada corresponde a información de las estaciones de la red nacional de monitoreo SINCA, y para el análisis se consideraron los años 2018, 2019 y 2020, para la norma anual se utilizó el promedio aritmético de las concentraciones para el trienio, de esta manera si una estación poseía 2 o menos datos anuales, se consideraba un promedio de esos datos.

Para la norma horaria, se consideró el percentil 99 de los datos, para el peor (valor más alto) dato de calidad del trienio, considerando que es esta el escenario que requerirá un mayor esfuerzo en la reducción de la concentración. La elaboración de la línea base se desarrolló a través del estudio realizado por O2b consultores “*Estudio de Antecedentes para la revisión de la norma de NO₂, D.S. N° 114 del 2002*”⁵. (MMA, 2020).

A través de este estudio, se obtuvieron los valores de concentración proyectados para la línea base de las métricas horaria y anual, considerando un horizonte temporal comprendido entre el año 2024 y el año 2034. La metodología de este estudio considera reducciones de la concentración por la incorporación de distintas políticas públicas que mejorarán la calidad del aire (para NO₂), esta reducción se considera como una tasa anual de cambio (%) de las concentraciones (ver Anexo 6.3, Tabla 8 y Tabla 9). la Ecuación 1 presenta esta tasa anual de cambio.

$$\Delta\%C_{i,t+1} = \frac{C_{LB,i,t+1} - C_{LB,i,t}}{C_{LB,i,t}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

$\Delta\% C_{i,t+1}$: Tasa de cambio (%) en la concentración anual u horario de dióxido de nitrógeno en el año t, para la estación “i”, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

$C_{LB,i,t+1}$: Concentración de línea base de dióxido de nitrógeno para el año t+1 (e.g. 2025, para la estación de monitoreo “i” en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$C_{LB,i,t}$: Concentración de línea base de dióxido de nitrógeno para el año t (e.g. 2024, para la estación de monitoreo “i” en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Existen instrumentos de gestión ambiental que regulan la emisión de NO₂. Los instrumentos considerados en la elaboración de la línea base son los siguientes:

- D.S. 32/2017. “Modifica Decreto Supremo N° 104, de 2000, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que establece la norma de emisión para motocicletas”. Ministerio del Medio Ambiente.

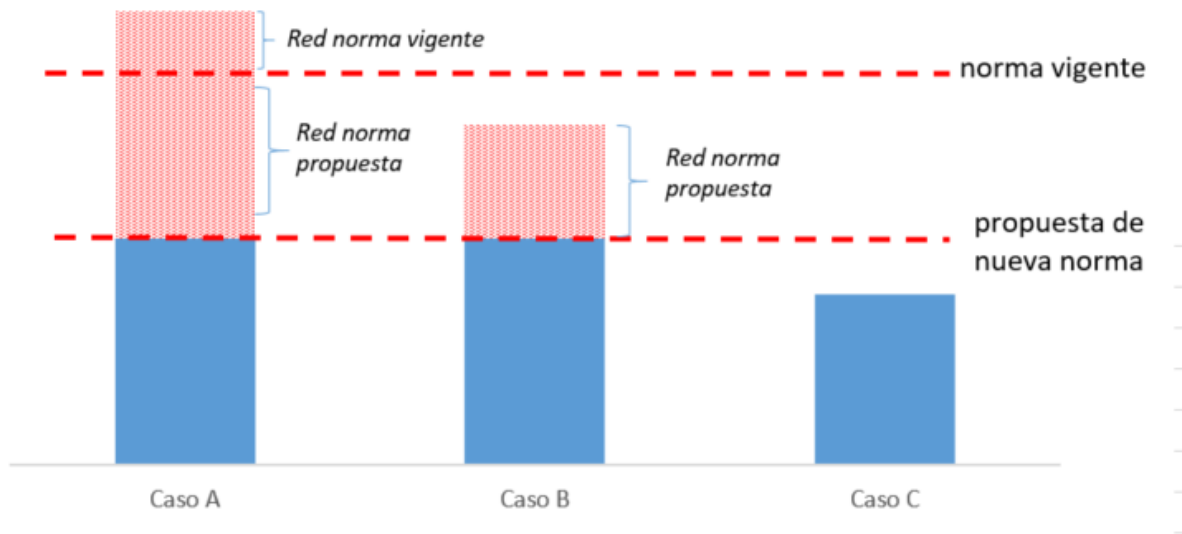
⁵ Estudio realizado por O2b consultores para el MMA (2020)

- D.S. 40/2017. “Modifica Decreto Supremo N° 54, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que establece la norma de emisión para vehículos medianos”. Ministerio del Medio Ambiente.
- D.S. 41/2017. “Modifica Decreto Supremo N° 211, de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que establece la norma de emisión para vehículos livianos”. Ministerio del Medio Ambiente.
- R.E. 459/2017 “Anteproyecto de la norma de emisión para calderas”. Ministerio del Medio Ambiente.
- R.E. 1.671/2019 “Anteproyecto de norma de emisión para grupos electrógenos”. Ministerio del Medio Ambiente.
- R.E. 1.134/2019 “Anteproyecto de norma de emisión para maquinaria móvil fuera de ruta”. Ministerio del Medio Ambiente
- D.S. N°31/2018 MMA. Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago.
 - *Capítulo III. Numeral III.1. Transporte público*
 - *Capítulo III. Numeral III.2. Transporte de carga. Zona baja emisión*
 - *Capítulo III. Numeral III.3. Límites emisión livianos y medianos*
 - *Capítulo III. Numeral III.5. Maquinaria fuera de ruta*
 - *Capítulo VI. Numeral VI.4. Control emisiones NOX fuentes estacionarias.*
 - *Capítulo VI. Numeral VI.6.2. Compensación de emisiones SEIA.*
 - *Capítulo VI. Numeral VI.8. Control emisiones grupos electrógenos.*
- Proyectos del SEIA no iniciados con RCA Aprobada

2.2 Evaluación de cumplimiento

Luego de la construcción de la línea base, se debe evaluar si los valores de esta superan o no superan al valor propuesto por la Norma. Esto se logra al comparar la línea base (calidad actual) versus i) la normativa vigente y ii) los límites normativos propuestos. En este sentido la Figura 7, presenta los posibles escenarios que se pueden generar del análisis de cumplimiento.

Figura 7. Evaluación de cumplimiento Normativo



Fuente: Elaboración propia.

Se observa de la Figura 7 que, existen tres potenciales escenarios, el primero denominado “Caso A” en el cual las concentraciones sobrepasan el límite impuesto por los límites propuestos en la revisión de la NPCA, e incluso sobrepasan los límites establecidos por la NPCA vigente, en este caso, la metodología de AGIES considerará que se deberán evaluar las potenciales reducciones en emisiones para alcanzar los niveles de concentración requeridos, generando con esto costos y beneficios asociados a un potencial Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA), pero separando aquellos costos correspondientes a la normativa vigente y a la nueva normativa. En segundo lugar, el escenario “Caso B” considera que la norma incumple con los límites establecidos por la nueva NPCA, pero cumple con la normativa vigente, por ende, solo existirán costos y beneficios asociados a un PDA por efectos de la actualización de la NPCA, finalmente el “Caso C” cumple con ambas normas, por consiguiente no existen costos y beneficios asociados a reducciones o a un potencial PDA.

Un aspecto relevante en la elaboración y en la evaluación de la normativa, es que, una vez se ha determinado la línea base proyectada y el análisis de cumplimiento, la evaluación se realiza utilizando la estación de peor calidad de cada comuna, considerando como supuesto, que el cumplimiento de la estación con la peor condición implica el cumplimiento de las estaciones con menores niveles de concentración para estas comunas.

Por otra parte, en todos los escenarios se deben considerar como costos propios de la NPCA los costos de monitoreo y fiscalización y los beneficios cualitativos que esta pueda traer a la población.

Se debe tener en consideración que la evaluación de las superaciones deben considerar una concentración estimada cuando existen otros instrumentos de gestión que generen reducciones de la concentración del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) tal como se especificó en el capítulo 2.1 del presente documento.

En ese contexto, para calcular la reducción de concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) que implicaría cumplir con la norma primaria como concentración anual y diaria se calcula la diferencia de concentración requerida para alcanzar el nivel establecido por la NPCA. Esto se expresa en la Ecuación 2:

$$\Delta C_{NO_2,i} = C_{LB,i} - C_{Norma} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

- $\Delta C_{NO_2,i}$: Reducción de concentración de dióxido de nitrógeno requerida en comuna “i” para cumplir NPCA en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- $C_{LB,i}$: Concentración de línea base de dióxido de nitrógeno para la comuna “i” en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- C_{Norma} : Límite de concentración anual de dióxido de nitrógeno establecido por NPCA en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3 Costos y Beneficios

En el caso de existir superaciones a los nuevos límites propuesto en el Anteproyecto de la NPCA para el Dióxido de Nitrógeno, la metodología a utilizar para la estimación de beneficios considera los efectos en salud asociados a la exposición de las personas al contaminante. Algunos de los efectos evaluados comprenden desde alteraciones de la función pulmonar, efectos cardiovasculares, hasta inflamación y aumento en la susceptibilidad a patógenos virales o bacterianos. Estos efectos se encuentran mediados por el nivel de concentración, es decir, tienden a aparecer frente a aumentos de la concentración del contaminante, independiente de la duración de la exposición.

La metodología general, identifica que se podrán cuantificar estos beneficios siempre y cuando existan superaciones al valor normativo, ya que el beneficio se asocia a la reducción de casos de morbilidad y/o mortalidad por la reducción de la concentración asociada al nivel propuesto por la norma en la concentración de NO₂. Esto se realiza a través de la utilización de funciones dosis-respuesta, asumiendo una relación lineal entre los niveles de concentración y los daños en la salud. Específicamente, en el análisis se valoran los beneficios relacionados a casos evitados

de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida.⁶ Para más detalle respecto de la metodología de beneficios en salud, ver Anexos 6.2 Los coeficientes de riesgo se presentan en anexos 6.2.1. Específicamente, con la información disponible se pueden valorar los casos de morbilidad por causas respiratorias (déficits en el crecimiento de la función pulmonar, incidencia de asma y sibilancias) y cardiovasculares, y los costos de su tratamiento⁷.

A su vez NO₂ se encuentra asociado a otros contaminantes, principalmente en la formación de MP₁₀ y MP_{2,5} considerándose adicionalmente como un contaminante precursores, razón por la cuál sus efectos pueden ser valorizados considerando los efectos del MP₁₀ y del MP_{2,5} de ser necesario. Sin embargo en general se consideran los efectos directos del NO₂ sobre la salud de las personas.

Existen beneficios que no son posibles de valorizar ya que no existen metodologías económicas que permitan monetizarlos, pero que indiscutiblemente son generados por las NPCA, estos son externalidades positivas asociadas a la educación ambiental, cumplimiento de compromisos adquiridos con la OCDE, mayor justicia ambiental para la sociedad y los territorios y protección de la salud de la población.

Respecto a los costos de reducción de Dióxido de Nitrógeno (NO₂), se estiman considerando los costos de inversión, operación y mantención de tecnologías de abatimiento, las cuales se aplican a las fuentes aportantes a la calidad del aire, esto quiere decir que se poseen costos para los siguientes sectores o tipo de fuentes:

- Fuentes fijas: calderas, procesos, grupos electrógenos entre otros.
- Fuentes móviles: fuentes móviles en ruta y fuera de ruta.

En particular, los costos se estiman utilizando costos medios asociados al costo por reducir un microgramo por metro cúbico de concentración de dióxido de nitrógeno (MM USD/μg/m³). Según lo expresa la Ecuación 3 los costos evaluados representan, en la práctica, costos de abatimiento potencial para reducir la concentración de NO₂ en el aire, estos costos de obtuvieron a través del estudio realizado por O2b consultores para el MMA (MMA, 2020).

⁶ Beneficios salud en base a:

- MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <http://sinia.mma.gob.cl/>
- MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <http://sinia.mma.gob.cl/>

⁷ Principalmente costos asociados a la atención de urgencia, hospitalización, y medicamentos asociados.

$$Costos_{NO_2,i} = CMe_{NO_2} \cdot \Delta C_{NO_2,i}$$

Ecuación 3

Donde,

$Costos_{NO_2,i}$:	Costo asociado al valor de concentración de la estación “i” para el cumplimiento de NPCA de Dióxido de Nitrógeno (MMUSD).
CMe_{NO_2} :	Costo medio asociado a la reducción de Dióxido de Nitrógeno (MM USD por $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
$\Delta C_{NO_2,i}$:	Reducción de concentración de Dióxido de Nitrógeno en comuna “i” asociada al cumplimiento de norma anual de Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

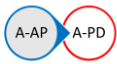
Este costo está considerando la implementación de tecnologías de abatimiento que reduzcan su emisión y junto con ello exista una mejora en la calidad del aire, esto se logra no directamente por la norma, si no que, un incumplimiento de la Norma generará un nuevo instrumento de gestión ambiental el cuál podrá exigir esta reducción de las emisiones, por esta razón se asume que los costos de reducción de la concentración están asociados a potenciales Planes de Prevención y Descontaminación.

El Departamento de Economía Ambiental (DEA) cuenta con resultados de costos medios por reducción derivados del estudio de O2b consultores (MMA, 2020), la cual considera los siguientes paso para su cálculo:

- 1) Identificación de medidas que se dirigen a las fuentes de emisiones de SOX, NOX y CO;
- 2) Selección de un conjunto preferido de medidas utilizando Análisis de Multicriterio (AMC) para seleccionar el escenario de paquete de reducción;
- 3) Estimación de los costos y las reducciones de emisiones para las medidas seleccionadas a través del AMC;
- 4) Cálculo del Valor Presente (PV) de costos por contaminante y jurisdicción para usar el análisis de costo beneficio.

Respecto de los costos asociados a esta NPCA se consideran 3 tipos de costos. El primero considera la inversión en equipos de medición continuos, estos costos suponen la incorporación de nuevos equipos de monitoreo en nuevas estaciones a nivel nacional, con la finalidad de aumentar el alcance del monitoreo de NO₂, a través de la ampliación de la red nacional de medición SINCA.

El segundo, considera los costos de monitoreo (gestión, mantención y operación de equipos) de los equipos de la red SINCA, asociados a las nuevas estaciones que entrarán en funcionamiento descritas anteriormente, estos costos serán asumidos por el MMA.



Finalmente los costos de fiscalización, que corresponden a fiscalizaciones de las estaciones y la revisión y corrección de los datos de estas nuevas estaciones, así como la creación de informes de monitoreo, reportes de calidad entre otros. Los costos de medición y fiscalización, se detallan en el capítulo 6.1 de Anexos del presente documento.

3. Resultados.

En esta sección se presentan resultados para la estimación del cambio de concentraciones requerido por el cumplimiento de los valores de la norma en su concentración anual y horaria, así como los costos y beneficios asociados a la NPCA.

Es importante destacar la particularidad del análisis, el cual se basa en que si bien el mantener los límites normativos de los parámetros existentes no implica, en el margen, costos o beneficios atribuibles a su cumplimiento, se evalúa el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el anteproyecto respecto de los valores actuales proyectados de concentración ambiental anual y horaria. Esto tiene como objeto mostrar el comportamiento de las concentraciones respecto a la norma propuesta, sus costos y sus potenciales beneficios.

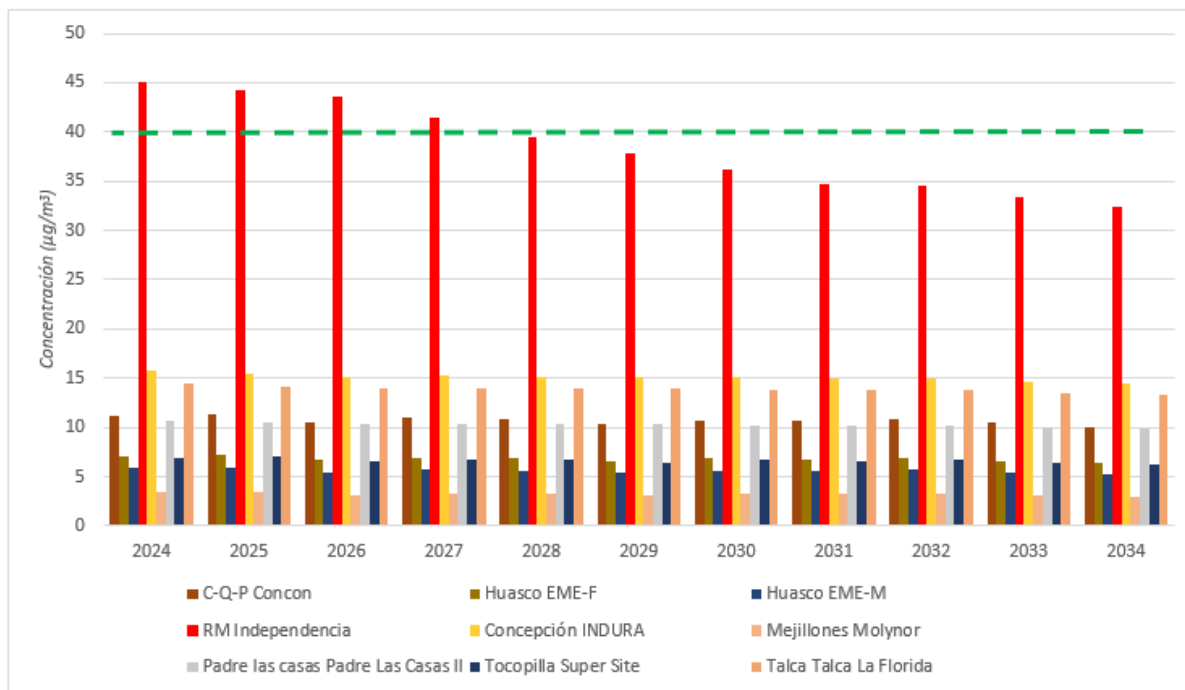
3.1 Proyección de la Línea Base y Análisis de cumplimiento

En la Figura 8 se muestra la proyección temporal de la calidad anual para las estaciones indicadas en la figura, desde el año 2024 al año 2034, además de la norma anual para dicho horizonte temporal (línea punteada verde). Se observa que la gran mayoría de las estaciones de monitoreo allí representadas, mantendrían concentraciones anuales menores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en todo el horizonte temporal considerado. Esta concentración, además, iría disminuyendo paulatinamente a lo largo del tiempo, dada la implementación de instrumentos de gestión ambiental presentados en la sección 2.1. Además, se observa que la comuna de Independencia es la que presentaría mayores niveles de concentración anual de NO₂ en todo el país. Sobrepasando la norma durante el período 2024 – 2027. Sin embargo, la proyección de la concentración genera cumplimientos para esta estación a partir del año 2028, por lo tanto, se generará un cumplimiento de la norma anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, esto debido a la puesta en marcha de diferentes medidas de reducción de NO₂ asociadas a otros instrumentos de gestión ambiental. En el caso de Independencia que es la estación con mayores concentraciones el PPDA de la RM y en específico aquellas medidas asociadas al sector transporte⁸ son las que generan rásticas reducciones de la concentración, llegando esta estación a alcanzar un nivel $32,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en año 2034.

Considerando los antecedentes anteriormente expuestos, se desprende que **existirá un cumplimiento a nivel nacional de la norma anual a implementar**, cumpliendo así los requisitos establecidos en el artículo N°3 del Anteproyecto que considera que se sobrepasará la norma cuando el promedio anual sea mayor al límite normativo propuesto por la NPCA de Dióxido de Nitrógeno.

⁸ Ver estudio O’b consultores (MMA 2020)

Figura 8. Proyección de calidad anual para un horizonte de 10 años para las estaciones que indica.



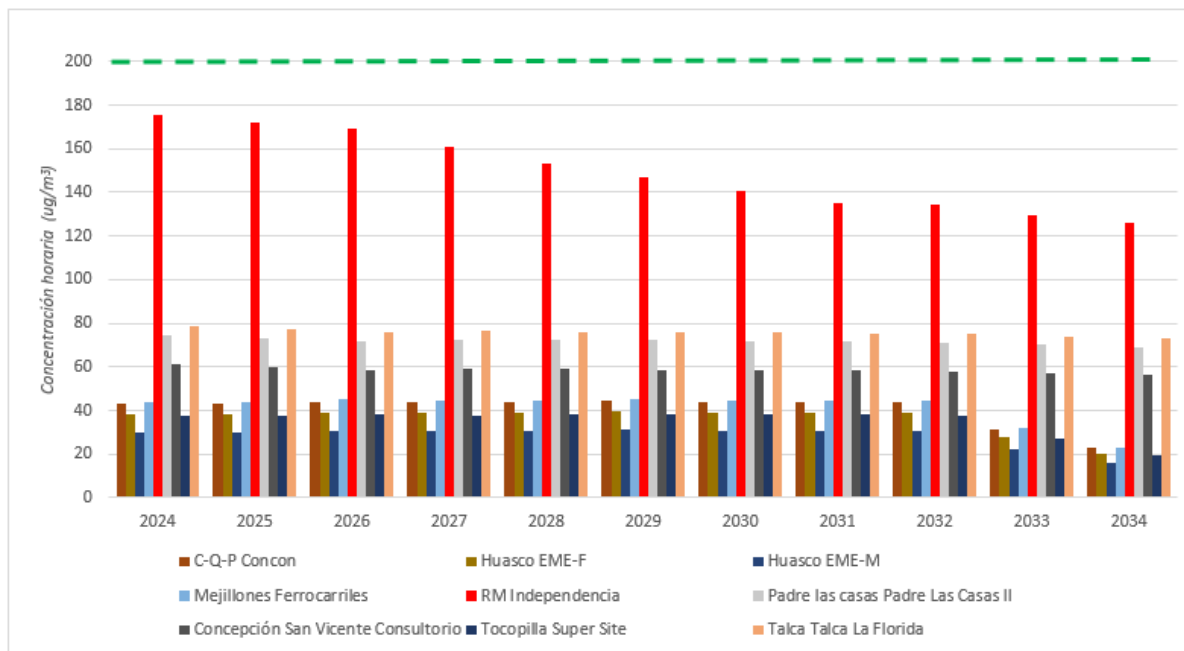
Fuente: Elaboración propia.

En Figura 9 se observa la proyección temporal de la calidad horaria [percentil 99] para las estaciones indicadas en la figura, desde el año 2024 al año 2034, además de la norma horaria para dicho horizonte temporal (línea punteada verde). Se puede observar que los valores proyectados arrojan valores bajo los límites propuestos para la norma horaria de 200 µg/m³ para todas las estaciones a nivel nacional.

La implementación de distintas políticas públicas a nivel nacional como son las señaladas en el Capítulo 2.1 reducen las concentraciones para todas las comunas evaluadas, sin embargo las concentraciones están muy por debajo del valor impuesto por la norma horaria.

Considerando los antecedentes anteriormente expuestos, se desprende que **no existen superaciones en los promedios de las concentraciones horarias**, razón por lo cual se cumplen los requisitos establecidos en el artículo N°3 del Anteproyecto que considera que se sobrepasará la norma cuando el promedio horario anual sea mayor al límite normativo propuesto por la NPCA de Dióxido de Nitrógeno.

Figura 9. Proyección de calidad horaria [percentil 99] para un horizonte de 10 años para las estaciones que indica.



Fuente: Elaboración propia

3.2 Costos

Debido a los resultados presentados en el capítulo 3.1, del presente documento, y considerando la metodología presentada en el capítulo 2, el cumplimiento de los límites de calidad propuestos por el anteproyecto no generarán superaciones, razón por la cuál no existen costos ni beneficios impulsados por una reducción de la concentración, puesto que en el escenario evaluado no se generaría un Plan de Descontaminación Ambiental.

Sin embargo la NPCA si trae consigo costos para el estado, dentro de estos se consideraran los costos de inversión en nuevas estaciones de monitores, costos de operación y mantención de las nuevas estaciones y costos de fiscalización. Adicionalmente se consideran potenciales beneficios cualitativos que la NPCA aporta a la sociedad.

Se estimaron costos de inversión para la incorporación de 19 equipos de monitoreo a la red de monitoreo del Estado a cargo del Ministerio del Medio Ambiente, conjuntamente con la incorporación de costos de fiscalizaciones de la implementación de la NPCA a realizarse por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Los costos de inversión se estiman a través de la metodología señalada en Anexos 6.1, en CLP\$ 14 millones por equipo de monitoreo⁹, considerando un total de CLP\$ 196 millones para la implementación de 14 equipos de monitoreo a nivel nacional, más CLP\$ 70 millones 5 equipos luego del 5° año de implementada la NPCA. Los costos de operación y mantención de las estaciones corresponden a CLP\$ 5 millones por estación de monitoreo en un período de 5 años¹⁰.

Los costos de fiscalización han sido obtenidos a través de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA, 2021). Para la fiscalización de la NPCA, este valor corresponde a CLP 44 millones por año.

Los costos anualizados considerando una vida útil del equipo de 5 años, aplicando una tasa de descuento de un 6% (MIDESO 2018). US\$ millones¹¹ por año se presentan en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3 Costos de inversión, monitoreo y fiscalización de la NPCA, en US\$ millones al año.

Tipo de costo	Valor Anualizado (MM USD/año)
Inversión equipos de monitoreo	0,078
Operación y Mantención	0,008
Fiscalización	0,055
Total	0,141

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la mayor parte de los costos anuales (56%) corresponden a la compra (inversión) de equipos de monitoreo, a su vez un 5% de estos costos corresponden a operación y mantención, mientras que un 39% corresponden a costos de fiscalización.

El 100% de los costos corresponden al Estado, de estos un 61% corresponden a costos asociados al MMA y un 39% a costos asociados a la SMA.

⁹ Cada equipo de monitoreo esta asociado a una estación de monitoreo.

¹⁰ Corresponden a valores promedios de operación y mantención de la red de monitoreo SINCA.

¹¹ Valor del dólar 805 (CLP/USD) y corresponden a un promedio móvil entre Junio de 2021 a Junio de 2022.

3.3 Beneficios

El NO₂ produce efectos sobre la salud de las personas. Antecedentes epidemiológicos y toxicológicos demuestran una relación causal entre la exposición a altos niveles de NO₂ y efectos crónicos y agudos asociados a enfermedades respiratorias. Para enfermedades cardiovasculares sólo se tiene información sugerente, pero no suficiente para inferir una relación de causalidad (EPA, 2016).

La exposición a NO₂ ha sido relacionada con distintos efectos en la salud de la población tanto crónico (largo plazo) como agudos (corto plazo). La actual evidencia científica, indica que, los efectos sobre la salud de la población están mediados por la concentración más que por la exposición temporal. Esto quiere decir que los efectos se verán exacerbados en altas exposiciones por sobre exposiciones bajas pero constantes en el tiempo (MMA, 2020).

Los principales efectos asociados a la exposición a NO₂ según (MMA, 2020). Corresponden “*a alteraciones en el metabolismo pulmonar, la estructura traqueo, bronquial y alveolar, alteraciones de la función pulmonar, inflamación, aumento de la susceptibilidad a patógenos virales o bacterianos, debido a disminución de la capacidad de defensa del individuo expuesto.*”

Dado que el análisis de cumplimiento de la regulación arrojó que independientemente de que existe un incumplimiento en la norma anual para los primeros años de la evaluación, se considera que esta regulación no contendrá beneficios asociados a esas superaciones, esto debido a que existen otros instrumentos de gestión, específicamente el PPDA de la RM, el cuál ya considera los beneficios de estas reducciones. Por lo la evaluación del Anteproyecto de la NPCA no implica costos y beneficios en su implementación.

Sin embargo, es importante señalar que existe una variada gama de beneficios que no pueden ser cuantificados económicamente y que son atribuibles a la implementación de esta NPCA, estos beneficios son identificados y listados a continuación:

- Establecimiento de un límite regulatorio en niveles que permiten asegurar la protección de la salud de la población, acorde con los niveles propuestos por la Comunidad Europea (límites normativos idénticos a normativas internacionales).
- Implementación de monitoreos continuos y ampliación de la red de monitoreos discretos a nivel nacional, esto permitirá un mayor nivel de monitoreo de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diversas ciudades del país que no poseen actualmente mediciones continuas y permitirá a la autoridad ambiental una mayor obtención de datos de concentraciones para futuras revisiones de la NPCA.

- Regulación de un contaminante con efectos tanto en la salud de las personas como en la biodiversidad y medio ambiente, ya que la reacción del Dióxido de Nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de Ácido Nítrico, el cual corresponde al principal constituyente de la lluvia ácida. Así también, el Dióxido de Nitrógeno, al reaccionar con luz solar, provoca formación de Ozono y material particulado en el aire que la población directamente consume.
- Mayor Justicia Social y Ambiental para la población y los territorios (equidad ambiental) debido a la implementación de normativas ambientales con estandares más estrictos, respecto a los que actualmente existes, acorde a las necesidades del estado de asegurar la protección de la salud de la población.

4. Conclusiones

La implementación de la norma implica costos de monitoreo y fiscalización los cuales han sido estimados en US\$ 0,142 millones en anuales¹², los cuales corresponden en un 100% al Estado. Estos costos permitirán aumentar la red de vigilancia implementando estaciones de monitoreo permanente en las principales ciudades del país.

Respecto de las proyecciones de la calidad anual del aire, se obtiene que los valores de la norma de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **no son superados** hacia el término de la evaluación; de manera similar las proyecciones de la calidad horaria del aire, se obtiene que los valores de la norma de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **no son superados**. Razón por la cuál se asume un cumplimiento total de los niveles establecidos por la NPCA.

Si bien esta norma no cuenta con beneficios cuantificables debido a que no existen reducciones de la calidad del aire, se reconocen beneficios cualitativos. Los beneficios identificados, corresponden a la implementación de un estándar de calidad ambiental mas estricto que el actualmente vigente, incorporación de monitoreos continuos y discretos, y la protección de la salud de la población en todo el territorio.

Por consiguiente, este análisis concluye que la NPCA de NO₂ es consistente con los compromisos del MMA de reducir la contaminación.

¹² Se considera un horizonte de evaluación de 5 años y una tasa social de descuento del 6%, el valor del dólar corresponde a un promedio móvil de los meses de junio 2021-junio 2022 de 805 CLP.

5. Bibliografía

- Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" *Science* **272**(5259): 221-222.
- Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."
- MMA (2020). Estudio de Antecedentes para la revisión de la norma de NO₂, D.S. N° 114 del 2002, del MINSEFPRES. Santiago, Preparado por O2b Consultores Asociados para Ministerio del Medio Ambiente
- MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2013). Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire, Preparado por GreenLabUC para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente.
- MIDESO, 2018. Precios Sociales 2018.
- SMA 2021. Resolución Exenta N° 2581 "Fija programa de Fiscalización Ambiental de Normas de Calidad Ambiental para el Año 2021" disponible en [RESOL EXENTA N 2581 SMA.PDF](#)

6. Anexos

6.1 Metodología de evaluación de costos de inversión, operación y mantención

Los costos de inversión, operación y mantención asociados a la implementación de estaciones de monitoreo continuas, corresponden a aquellos que se realizan al momento de la adquisición. Por su parte, los costos de operación y mantención consideran el costo que se incurrirá mientras el proyecto opere.

En la evaluación los costos de inversión se anualizan según la vida útil del proyecto. Los costos de operación y mantención son calculados según su requerimiento anual, por lo que se suman al costo de inversión anualizado. Así, se obtiene el costo total por año que deberá ser considerado. En el caso de la evaluación de una NPCA, se realiza una evaluación en un período de 10 años, para lo cuál, la anualización de los costos resulta crucial para poder realizar una evaluación bajo un mismo valor económico.

Los costos de operación y mantención de las estaciones corresponden a costos entregados por la División de Calidad del Aire del MMA, en relación a los montos que se emplean para la operación de toda la red SINCA, detallados para NO₂.

Por su parte, los costos de fiscalización han sido obtenidos a través de la Superintendencia del Medio Ambiente y corresponde a la estimación por fiscalización realizada por la SMA, por la incorporación de de profesionales adicionales a la dotación, quienes apoyaran en las labores adicionales específicas a esta norma.

Finalmente, la totalidad de los costos, inversión, operación y mantención y fiscalización, se procesan para calcular el valor anualizado de la inversión **Ecuación 4**, este valor considera una tasa de descuento del 6% (MIDESO, 2018) en los sucesivos períodos de evaluación.

$$\text{Valor Anualizado} = \sum_{n=0}^n \frac{\text{Inversión}}{(1+r)^n} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde,

Inversión: Costos de adquisición del equipo y/o costo de operación & mantención

r: Tasa de descuento (6%).

n: Numero de períodos del pago (vida útil)¹³.

¹³ Se consideró una vida útil de 10 años.

6.2 Metodología de Beneficios en Salud

Los beneficios en salud derivan de cambios en concentraciones de Dióxido de Nitrógeno y sus efectos en el sistema respiratorio y/o cardiovascular de las personas.

El cambio en concentraciones ambientales se relaciona con el cambio en el número de eventos a través de la utilización de funciones dosis respuesta:

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj}\Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j}$$

Dónde:

- ΔEfecto_{pj} : Cambio en efecto en salud j debido al delta de concentración del contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$]
- β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$]
- ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- P_{ijp} : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]
- y_{0j} : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]

Al linealizar¹⁴ la expresión anterior de obtiene:

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j}$$

Esto implica que para la evaluación se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud.

Finalmente, el beneficio se obtiene multiplicando el número de casos por la valoración asociada de padecer uno de los efectos valorados, tal como se señala a continuación:

$$\text{Beneficio}_p = \sum_j \Delta\text{Efecto}_{pj} \cdot VU_j$$

Dónde:

- Beneficio_p : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso Dióxido de Nitrógeno

¹⁴ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

VU_j: Valoración unitaria de cada efecto *j* evaluado [UF/caso]

El detalle de la metodología utilizada se encuentra en (MMA, 2020) “Estudio de Antecedentes para la revisión de la norma de NO₂, D.S. N° 114 del 2002, del MINSEFPRES”. Santiago, Preparado por O2b Consultores Asociados para Ministerio del Medio Ambiente.

6.2.1 Coeficientes de riesgo unitario

Cabe destacar que, el estudio el Estudio “Antecedentes para la revisión de la norma de NO₂, D.S. N° 114 del 2002, del MINSEFPRES”, preparado por O2b Consultores Asociados para Ministerio del Medio Ambiente, detalla información relevante sobre la actualización de las funciones dosis respuesta más recientes aplicables a casos de morbilidad y mortalidad. El capítulo 4.6 de dicho estudio denominado “Actualización de funciones de dosis-respuesta, propone en un completo análisis nuevos betas para efectos del NO₂ aplicables en el país. .

6.2.2 Dato de calidad anual y horaria 2018-2020

Tabla 4: Datos de calidad anual 2018, 2019 y 2020 y su promedio, por estación de monitoreo. Concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estación de monitoreo	Calidad anual 2018, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad anual 2019, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad anual 2020, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad anual (promedio trianual 2018-2020, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Centro Quintero	15,27	14,05	15,19	14,84
Cerro Navia			36,46	36,46
Colmo		16,30	12,48	14,39
Compañía de Bomberos			4,97	4,97
Concón	21,15	20,82	16,56	19,51
El Bosque			40,58	40,58
EME-F			12,37	12,37
EME-M	10,34	10,34	9,70	10,12
ENAP Price	11,62	12,16	7,99	10,59
Ferrocarriles	4,91	2,26	4,54	3,90
Hualqui	6,34	7,09	6,10	6,51
Independencia	54,51		46,55	50,53
INDURA	20,32	18,61	13,67	17,53
Juan Jose Latorre (ENAEX)	6,00		4,34	5,17
Juan Jose Latorre (ENGIE)	5,30	4,78	4,57	4,88
Kingston College	20,34		9,24	14,79
La Florida	50,25		39,79	45,02
La Greda	18,05	14,82	13,93	15,60
Las Condes	44,37	35,24	30,12	36,57
Liceo Polivalente	10,34	10,66	8,49	9,83
Loncura	10,73			10,73
Los Maitenes	14,49	9,61	9,21	11,11
Molynor	4,98	6,78		5,88
Padre Las Casas II	12,97	13,54	9,31	11,94
Parque O'Higgins			39,61	39,61
Puchuncaví	10,43	14,88	16,86	14,06
Pudahuel	40,33	33,57	23,55	32,48
Puente Alto		33,29		33,29
Quintero	6,11	12,78	13,77	10,89
San Vicente Consultorio	16,92	14,22	11,92	14,35
Subestación Eléctrica	5,71	5,68	6,07	5,82
Súper Site	13,36	11,99	10,85	12,07
Sur	16,34	13,97	12,81	14,37

Estación de monitoreo	Calidad anual 2018, µg/m ³	Calidad anual 2019, µg/m ³	Calidad anual 2020, µg/m ³	Calidad anual (promedio trianual 2018- 2020, µg/m ³)
Talagante				
Talca La Florida	19,39	16,61	12,48	16,16
Valle Alegre	10,77	8,01	8,21	9,00
Ventanas	15,13	13,16	14,35	14,22

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Datos de calidad horaria [percentil 99] 2018, 2019 y 2020 y su promedio, por estación de monitoreo.
Concentraciones en µg/m³

Estación de monitoreo	Calidad horaria 2018, µg/m ³	Calidad horaria 2019, µg/m ³	Calidad horaria 2020, µg/m ³	Calidad horaria (promedio trianual 2018- 2020, µg/m ³)
Centro Quintero	87,19	53,36	52,84	64,46
Cerro Navia	158,23		136,58	147,41
Colmo		60,14	46,90	53,52
Compañía de Bomberos	96,58	41,36	24,35	54,09
Concón	72,51	69,07	57,91	66,50
El Bosque		169,28	152,46	160,87
EME-F	68,62		49,59	59,11
EME-M	43,24		49,91	46,58
ENAP Price	72,88	60,40	48,80	60,70
Ferrocarriles	79,37	40,45	83,66	67,83
Hualqui	39,97	39,36	41,40	40,24
Independencia	192,48	224,09	172,67	196,41
INDURA	80,41	66,10	50,67	65,72
Juan Jose Latorre (ENAEX)	44,00	40,28	43,40	42,56
Juan Jose Latorre (ENGIE)	46,11	42,53	56,20	48,28
Kingston College	77,09		54,31	65,70
La Florida	185,71	160,36	142,56	162,88
La Greda	57,42	49,37	55,24	54,01
Las Condes	257,06	172,90	121,10	183,69
Liceo Polivalente	63,17	61,02	67,67	63,96
Loncura	60,16			60,16
Los Maitenes	76,48	51,19	52,85	60,17

Estación de monitoreo	Calidad horaria 2018, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad horaria 2019, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad horaria 2020, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calidad horaria (promedio trianual 2018-2020, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Molynor	38,92	56,21		47,56
Padre Las Casas II	77,71	94,84	77,70	83,41
Parque O'Higgins	232,59		153,03	192,81
Puchuncaví	34,05	69,87	67,60	57,17
Pudahuel	144,37	129,87	90,93	121,72
Puente Alto		131,54		131,54
Quintero	32,91	50,85	54,75	46,17
San Vicente Consultorio	84,95	62,01	56,92	67,96
Subestación Eléctrica	53,69	51,76	57,00	54,15
Súper Site	60,49	50,75	61,63	57,62
Sur	60,37	56,64	59,52	58,84
Talagante		136,11		136,11
Talca La Florida	107,20	66,59	89,82	87,87
Valle Alegre	58,28	48,38	52,49	53,05
Ventanas	54,06	51,70	52,11	52,62

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Proyecciones de calidad anual y horaria 2024-2034

Tabla 6. Proyecciones de calidad anual por estación en el horizonte temporal 2024-2034

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Centro Quintero	8,55	8,58	7,99	8,31	8,20	7,93	8,17	8,16	8,30	7,94	7,59
Cerro Navia	32,55	31,91	31,44	29,90	28,46	27,33	26,09	25,05	24,89	24,11	23,36
Colmo	8,29	8,33	7,75	8,06	7,95	7,69	7,93	7,92	8,05	7,70	7,36
Compañía de Bomberos	2,87	2,88	2,68	2,79	2,75	2,66	2,74	2,74	2,78	2,66	2,54
Concón	11,24	11,29	10,50	10,93	10,78	10,42	10,75	10,74	10,92	10,44	9,98
El Bosque	36,23	35,52	35,00	33,28	31,68	30,42	29,04	27,88	27,70	26,84	26,00
EME-F	7,12	7,16	6,66	6,93	6,84	6,61	6,81	6,81	6,92	6,62	6,33
EME-M	5,83	5,86	5,45	5,67	5,60	5,41	5,58	5,57	5,67	5,42	5,18
ENAP Price	9,48	9,29	9,11	9,19	9,16	9,13	9,09	9,04	9,00	8,88	8,76
Ferrocarriles	2,25	2,26	2,10	2,19	2,16	2,08	2,15	2,15	2,18	2,09	2,00
Hualqui	5,83	5,71	5,60	5,65	5,63	5,61	5,59	5,56	5,53	5,46	5,39
Independencia	45,11	44,23	43,58	41,44	39,45	37,88	36,16	34,72	34,49	33,42	32,37
INDURA	15,70	15,38	15,08	15,22	15,17	15,11	15,05	14,97	14,90	14,71	14,51
Juan Jose Latorre (ENAEX)	2,98	2,99	2,78	2,89	2,86	2,76	2,85	2,84	2,89	2,77	2,64
Juan Jose Latorre (ENGIE)	2,81	2,83	2,63	2,74	2,70	2,61	2,69	2,69	2,73	2,61	2,50
Kingston College	13,24	12,97	12,71	12,84	12,79	12,75	12,70	12,62	12,57	12,40	12,24
La Florida	40,19	39,41	38,83	36,92	35,15	33,75	32,22	30,93	30,73	29,77	28,84
La Greda	8,98	9,02	8,40	8,73	8,62	8,33	8,59	8,58	8,73	8,35	7,98
Las Condes	32,65	32,01	31,54	29,99	28,56	27,41	26,17	25,13	24,97	24,19	23,43
Liceo Polivalente	8,80	8,62	8,45	8,53	8,50	8,47	8,44	8,39	8,36	8,24	8,14
Loncura	6,18	6,21	5,78	6,01	5,93	5,74	5,91	5,91	6,01	5,74	5,49
Los Maitenes	6,40	6,43	5,98	6,22	6,14	5,93	6,12	6,11	6,22	5,94	5,68
Molynor	3,38	3,40	3,16	3,29	3,25	3,14	3,24	3,23	3,29	3,14	3,01
Padre Las Casas II	10,69	10,48	10,27	10,37	10,33	10,29	10,25	10,19	10,15	10,02	9,88
Parque O'Higgins	35,36	34,67	34,16	32,48	30,92	29,69	28,34	27,21	27,04	26,19	25,38

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Puchuncaví	8,10	8,13	7,57	7,87	7,77	7,51	7,75	7,74	7,87	7,52	7,19
Pudahuel	29,00	28,43	28,01	26,64	25,36	24,35	23,25	22,32	22,17	21,48	20,81
Puente Alto	29,72	29,14	28,71	27,30	25,99	24,95	23,82	22,87	22,73	22,02	21,33
Quintero	6,27	6,30	5,86	6,10	6,02	5,82	6,00	5,99	6,09	5,83	5,57
San Vicente Consultorio	12,85	12,59	12,34	12,46	12,42	12,37	12,32	12,25	12,20	12,04	11,88
Subestación Eléctrica	3,35	3,37	3,13	3,26	3,22	3,11	3,21	3,20	3,26	3,12	2,98
Súper Site	6,95	6,98	6,49	6,76	6,67	6,45	6,65	6,64	6,75	6,46	6,17
Sur	8,28	8,32	7,74	8,05	7,94	7,68	7,92	7,91	8,04	7,69	7,35
Talagante											
Talca La Florida	14,47	14,18	13,89	14,03	13,98	13,93	13,87	13,79	13,73	13,55	13,37
Valle Alegre	5,18	5,21	4,84	5,04	4,97	4,81	4,96	4,95	5,04	4,82	4,60
Ventanas	8,19	8,22	7,65	7,96	7,86	7,59	7,83	7,82	7,96	7,61	7,27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Proyecciones de calidad horaria [percentil 99] por estación en el horizonte temporal 2024-2034

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Centro Quintero	41,83	41,76	42,80	42,25	42,43	42,91	42,48	42,50	42,26	30,44	21,93
Cerro Navia	131,60	129,03	127,12	120,88	115,09	110,49	105,49	101,27	100,62	97,48	94,44
Colmo	34,73	34,68	35,54	35,07	35,23	35,62	35,27	35,28	35,08	25,27	18,21
Compañía de Bomberos	35,10	35,05	35,92	35,45	35,61	36,00	35,65	35,66	35,46	25,54	18,40
Concón	43,15	43,08	44,15	43,58	43,77	44,26	43,82	43,84	43,59	31,40	22,62
El Bosque	143,62	140,81	138,73	131,92	125,60	120,58	115,12	110,52	109,81	106,39	103,06
EME-F	38,35	38,29	39,24	38,74	38,91	39,34	38,95	38,96	38,75	27,91	20,11
EME-M	30,22	30,18	30,93	30,52	30,66	31,00	30,69	30,70	30,53	21,99	15,84
ENAP Price	54,46	53,37	52,31	52,81	52,63	52,44	52,23	51,94	51,71	51,03	50,37
Ferrocarriles	44,01	43,94	45,03	44,45	44,65	45,14	44,70	44,71	44,46	32,03	23,07
Hualqui	36,11	35,39	34,68	35,01	34,89	34,77	34,63	34,44	34,29	33,84	33,39
Independencia	175,35	171,92	169,39	161,07	153,35	147,22	140,56	134,94	134,07	129,89	125,84
INDURA	58,97	57,79	56,64	57,19	56,99	56,79	56,56	56,24	56,00	55,26	54,54

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Juan Jose Latorre (ENAEX)	27,62	27,57	28,26	27,89	28,01	28,33	28,05	28,06	27,90	20,10	14,48
Juan Jose Latorre (ENGIE)	31,33	31,28	32,05	31,64	31,78	32,13	31,81	31,83	31,65	22,80	16,42
Kingston College	58,95	57,77	56,62	57,16	56,97	56,77	56,54	56,22	55,98	55,24	54,52
La Florida	145,41	142,57	140,47	133,57	127,16	122,09	116,56	111,90	111,18	107,71	104,35
La Greda	35,05	34,99	35,86	35,40	35,55	35,95	35,59	35,60	35,40	25,50	18,37
Las Condes	163,99	160,78	158,41	150,64	143,41	137,68	131,45	126,19	125,39	121,47	117,68
Liceo Polivalente	57,38	56,24	55,12	55,65	55,45	55,26	55,04	54,73	54,49	53,78	53,07
Loncura	39,04	38,98	39,94	39,43	39,60	40,04	39,64	39,66	39,44	28,41	20,47
Los Maitenes	39,05	38,99	39,95	39,43	39,61	40,05	39,65	39,67	39,44	28,42	20,47
Molynor	30,86	30,82	31,58	31,17	31,31	31,66	31,34	31,36	31,18	22,46	16,18
Padre Las Casas II	74,84	73,35	71,89	72,58	72,33	72,07	71,78	71,38	71,07	70,14	69,22
Parque O'Higgins	172,14	168,77	166,28	158,12	150,54	144,52	137,98	132,46	131,62	127,51	123,53
Puchuncaví	37,10	37,04	37,96	37,47	37,63	38,05	37,68	37,69	37,48	27,00	19,45
Pudahuel	108,67	106,54	104,97	99,82	95,03	91,24	87,11	83,63	83,09	80,50	77,98
Puente Alto	117,44	115,14	113,44	107,88	102,70	98,60	94,14	90,37	89,79	86,99	84,28
Quintero	29,96	29,91	30,65	30,26	30,39	30,73	30,42	30,43	30,26	21,80	15,71
San Vicente Consultorio	60,98	59,76	58,57	59,13	58,93	58,72	58,48	58,15	57,90	57,14	56,39
Subestación Eléctrica	35,14	35,08	35,95	35,49	35,64	36,04	35,68	35,70	35,50	25,57	18,42
Súper Site	37,39	37,33	38,26	37,76	37,93	38,35	37,97	37,99	37,77	27,21	19,60
Sur	38,18	38,12	39,07	38,56	38,73	39,16	38,78	38,79	38,57	27,79	20,02
Talagante	121,52	119,14	117,38	111,62	106,27	102,02	97,41	93,51	92,91	90,01	87,20
Talca La Florida	78,84	77,26	75,73	76,45	76,19	75,92	75,62	75,19	74,86	73,88	72,91
Valle Alegre	34,42	34,37	35,22	34,76	34,92	35,31	34,96	34,97	34,77	25,05	18,05
Ventanas	34,15	34,09	34,94	34,49	34,64	35,02	34,68	34,69	34,50	24,85	17,90

Fuente: Elaboración propia

6.3 Tasas anual de cambio de la proyección de las concentraciones.

Tabla 8: tasa de cambio de la proyección de la concentración anual

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Calama	0,020	-0,043	-0,111	0,078	-0,035	-0,007	-0,045	-0,037	-0,045	-0,035	-0,035	-0,035
La Calera	-0,070	0,043	-0,056	0,010	-0,007	0,019	-0,076	-0,040	-0,048	-0,020	-0,020	-0,020
La Cruz	-0,070	0,043	-0,056	0,010	-0,007	0,019	-0,076	-0,040	-0,048	-0,020	-0,020	-0,020
San Pedro	-0,070	0,043	-0,056	0,010	-0,007	0,019	-0,076	-0,040	-0,048	-0,020	-0,020	-0,020
Colmo	-0,051	0,004	-0,070	0,040	-0,013	-0,033	0,031	-0,001	0,017	-0,044	-0,044	-0,044
Concon	-0,051	0,004	-0,070	0,040	-0,013	-0,033	0,031	-0,001	0,017	-0,044	-0,044	-0,044
Puchincavi	-0,051	0,004	-0,070	0,040	-0,013	-0,033	0,031	-0,001	0,017	-0,044	-0,044	-0,044
Ventanas	-0,051	0,004	-0,070	0,040	-0,013	-0,033	0,031	-0,001	0,017	-0,044	-0,044	-0,044
Liceo Polivalente Talcachuanos	-0,009	-0,020	-0,020	0,010	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Enap_Hualquén	-0,009	-0,020	-0,020	0,010	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Kingstone_College	-0,009	-0,020	-0,020	0,010	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Hualqui	-0,009	-0,020	-0,020	0,009	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Las Condes	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
P_Hogiggins	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Pudahuel	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Punte Alto	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Talagante	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031

Fuente: elaboración en base a MMA, 2020

Tabla 9: tasa de cambio de la proyección de la concentración Horaria

Estación	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Calama	0,020	-0,043	-0,111	0,078	-0,035	-0,007	-0,045	-0,037	-0,045	-0,035	-0,035	-0,035
La Calera	-0,066	0,040	-0,053	0,010	-0,006	0,017	-0,072	-0,037	-0,045	-0,019	-0,019	-0,019
La Cruz	-0,098	0,062	-0,080	0,015	-0,010	0,027	-0,111	-0,060	-0,074	-0,029	-0,029	-0,029
San Pedro	-0,108	0,069	-0,088	0,017	-0,011	0,030	-0,123	-0,068	-0,085	-0,033	-0,033	-0,033
Colmo	0,029	-0,002	0,036	-0,019	0,006	0,016	-0,015	0,001	-0,008	0,045	0,045	0,045
Concon	0,010	-0,001	0,013	-0,007	0,002	0,006	-0,005	0,000	-0,003	0,013	0,013	0,013
Puchincavi	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,510	-0,445	-0,445	-0,445
Ventanas	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,934	-0,731	-0,731	-0,731
Liceo Polivalente Talcachuanu	-0,003	-0,008	-0,008	0,004	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002	-0,005	-0,005	-0,005
Enap_Hualquén	-0,014	-0,032	-0,032	0,016	-0,006	-0,006	-0,007	-0,009	-0,007	-0,021	-0,021	-0,021
Kingstone_College	-0,009	-0,020	-0,020	0,010	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Hualqui	-0,009	-0,020	-0,020	0,009	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,013	-0,013	-0,013
Las Condes	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
P_Hogiggins	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Pudahuel	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Punte Alto	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031
Talagante	-0,030	-0,020	-0,015	-0,049	-0,048	-0,040	-0,045	-0,040	-0,006	-0,031	-0,031	-0,031

Fuente: elaboración en base a MMA, 2020

6.4 Anexo 3: Ficha resumen AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Calidad primaria de Aire para Dióxido de Nitrógeno
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	D. S N° 114 de 2002, Anteproyecto Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)
	Tipo de regulación	Norma Primaria de Calidad Ambiental
	Fecha de término del AGIES	29 de Julio de 2022
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Revisión
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, (<u>MMA 2013</u>)
	Normativas consideradas de línea base	Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental de la RM. D.S N° 31 de 2017, Ministerio de Medio Ambiente. Norma de emisión de vehículos motorizados medianos D.S. N° 54 de 1994, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Norma de emisión de vehículos motorizados livianos, D.S. N° 211 de 91, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Norma de emisión para motocicletas D.S. N° 104 de 2000, Ministerio Secretaría General de la República.
	Tasa de descuento	6%
	Años de evaluación	2024-2034
Parámetros	Valor del dólar	805 pesos/dólar
Resultados	Costos estimados en MM USD anuales	0,141 en costos de inversión, monitoreo y fiscalización de la NPCA

Fuente: Elaboración propia