



WHITE PAPER

ABRIL 2020

# ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LAS NORMAS EURO VI SOBRE EMISIONES EN VEHÍCULOS PESADOS EN ARGENTINA

Joshua Miller y Caleb Braun

[www.theicct.org](http://www.theicct.org)

[communications@theicct.org](mailto:communications@theicct.org)

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

BEIJING | BERLIN | SAN FRANCISCO | WASHINGTON

  
THE INTERNATIONAL COUNCIL  
ON CLEAN TRANSPORTATION

## RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue patrocinado por la Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes Climáticos de Corta Vida (CCAC) y su Iniciativa para la Reducción de Emisiones en Vehículos Pesados y Combustibles. Agradecemos a varios miembros del ICCT: Kate Blumberg por la revisión de este trabajo, a Leticia Pineda por proporcionar insumos e información y revisar este reporte, y a Francisco Posada, Ray Minjares y Stephanie Searle por proporcionar su opinión como expertos durante diferentes etapas.

### **ACERCA DE LA CCAC**

La Coalición Clima y Aire Limpio es una alianza mundial de carácter voluntario integrada por gobiernos, organizaciones intergubernamentales, empresas, instituciones científicas y la sociedad civil, comprometida con la puesta en marcha de medidas concretas y sustanciales para reducir los contaminantes climáticos de corta vida (entre ellos el metano, el carbono negro y muchos hidrofluorocarburos). La Coalición trabaja a través de iniciativas de colaboración para concienciar, movilizar recursos y encabezar acciones transformadoras en los principales sectores emisores de contaminantes.

### **ACERCA DE LA INICIATIVA PARA VEHÍCULOS PESADOS DE LA CCAC**

La Iniciativa para la Vehículos Pesados y Combustibles de la Coalición se centra en la virtual eliminación de las partículas finas y emisiones de carbono negro provenientes de los vehículos pesados y motores. Esta Iniciativa apoya a sus aliados para que desplieguen e implementen un camino hacia la modernización tecnológica que genere soluciones libres de hollín y bajas en carbono.

Definimos como «libres de hollín» a aquellas tecnologías capaces de cumplir con las normas Euro 6/VI-equivalentes y reducir las emisiones de carbono negro hasta en un 99% si se compara con niveles no controlados. Para recursos sobre transporte libre de hollín visite <https://theicct.org/soot-free-transport-resources>.

International Council on Clean Transportation  
1500 K Street NW, Suite 650,  
Washington, DC 20005

[communications@theicct.org](mailto:communications@theicct.org) | [www.theicct.org](http://www.theicct.org) | [@TheICCT](https://twitter.com/TheICCT)

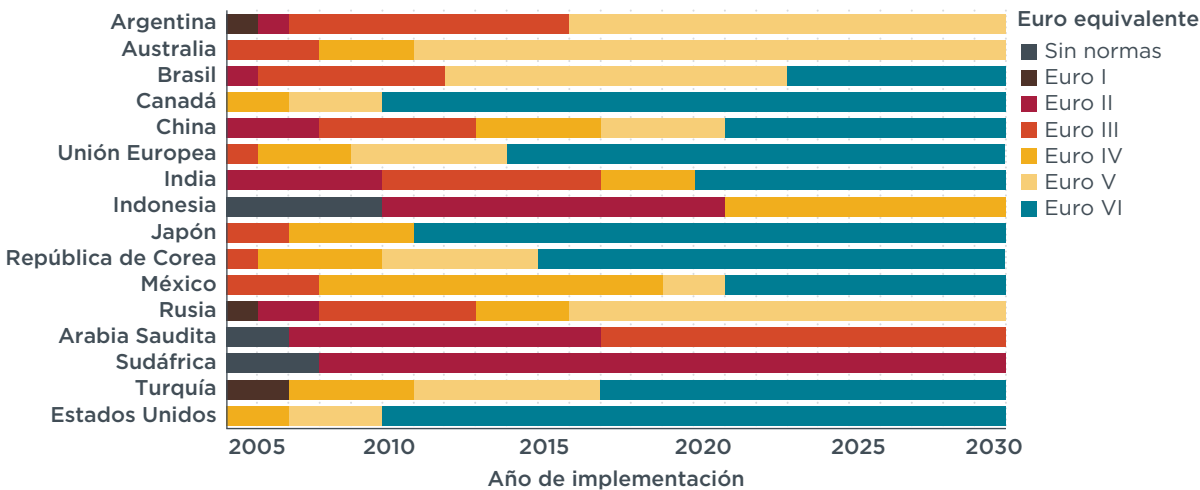
© 2020 International Council on Clean Transportation

## RESUMEN EJECUTIVO

Argentina es el tercer país más poblado de América del Sur y el segundo mercado más grande de vehículos en la región. La población argentina está expuesta a niveles de contaminación ambiental por material particulado fino (PM<sub>2,5</sub>) que en promedio están un 30% por encima de la recomendación anual de la Organización Mundial de la Salud. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos estima que el costo económico anual por la contaminación ambiental por PM<sub>2,5</sub> sobrepasa el 3.7% del producto interno bruto.

El sector del transporte es un contribuyente sustancial a la carga sobre la salud argentina resultante de la contaminación por PM<sub>2,5</sub> y ozono. Se estimó, de manera conservadora, que las emisiones de motores y vehículos podían asociarse a casi 1000 muertes prematuras relacionadas a la contaminación atmosférica durante 2015, además de muchas otras enfermedades y discapacidades por contaminación atmosférica. Los vehículos pesados, incluyendo a camiones y autobuses, contabilizan entre el 3% y 4% de la flota circulante de Argentina, excluyendo las motocicletas, pero contribuyen aproximadamente con el 60% de las emisiones de PM<sub>2,5</sub> y el 70% de las emisiones de óxidos nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Las emisiones de NO<sub>x</sub> son un precursor de PM<sub>2,5</sub> ambiente y ozono.

Para reducir los impactos de los vehículos pesados sobre la salud, el gobierno argentino ha lanzado de manera progresiva normas sobre emisiones más estrictas, hasta llegar a las normas Euro V en 2016. La implementación de la siguiente fase normativa, normas equivalentes a Euro VI o U.S. 2010, colocaría a Argentina a la par de otras economías del Grupo de los 20 (G-20)—incluyendo a la Unión Europea, Estados Unidos, México y Brasil—y reduciría las emisiones de PM<sub>2,5</sub> y NO<sub>x</sub> en los escapes de los vehículos pesados nuevos en casi un 90% si lo comparamos a las normas actuales. En este estudio, utilizamos datos locales de la flota de vehículos pesados en Argentina para comparar los costos y beneficios si se implementaran normas Euro VI equivalentes en el país en los años 2021, 2023 o 2025. Estas fechas reflejan una armonización con Brasil y Colombia en 2023, o la implementación dos años antes o después.



**Figura ES-1.** Año de implementación (todas las ventas y patentamientos/registros) de normas sobre emisiones para vehículos pesados con motor diésel en economías del G-20.

Estimamos que en comparación con el escenario de línea base de Euro V, la implementación de las normas Euro VI en 2023 evitarían un estimado de 1950 (836–2870) muertes prematuras y 51 300 (22 000–75 600) años de vida perdidos entre 2023 y 2050. Estos beneficios en salud son conservadores a la baja, ya que excluyen las muertes prematuras relacionadas al ozono, los efectos sobre la salud

de las emisiones por número de partículas, los impactos del bióxido de nitrógeno sobre la incidencia de asma infantil y visitas por asma a centros de emergencia médicas (Urgencias), el impacto sobre la salud en zonas aledañas a carreteras, y los potenciales impactos de la contaminación atmosférica sobre la incidencia en enfermedad renal crónica, parto prematuro y otras anomalías relacionadas al parto, y el deterioro cognitivo.

Estimamos que, por cada USD\$1 que se invierte para cumplir con las normas Euro VI equivalentes, se generan USD\$3.60 en beneficios en salud resultado de la exposición reducida a PM<sub>2.5</sub> durante los siguientes 30 años. Es importante destacar que, al momento de la aplicación de las normas Euro VI en Argentina, se tendrá un efecto temporal en los costos de producción de los vehículos pesados, pero un efecto a largo plazo en la calidad del aire y la salud de los argentinos. Si en vez de introducir el Euro VI en 2023, se hiciera dos años antes, se sumarían USD\$124 millones, o un 38%, en beneficios netos para los siguientes 15 años. Por el contrario, demorar el Euro VI hasta el 2025 disminuiría los beneficios netos para los próximos 15 años en USD\$108 millones, o un 33%, si lo comparamos con implementarlo en 2023; y a USD\$232 millones, o 51%, si lo comparamos con la implementación al 2021.

**Tabla ES-1.** Beneficios netos acumulados de normas Euro VI de 2021 a 2035 y de 2021 a 2050

**Beneficios netos sobre el periodo 2021 a 2035 (15 años)**

Escenario	Costos acumulados privados (millones USD\$)	Beneficios acumulados en salud (millones USD\$)	Beneficios netos (millones USD\$)
Euro VI en 2021	325	776	451
Euro VI en 2023	267	593	327
Euro VI en 2025	213	433	219

**Beneficios netos sobre el periodo 2021 a 2035 (30 años)**

Escenario	Costos acumulados privados (millones USD\$)	Beneficios acumulados en salud (millones USD\$)	Beneficios netos (millones USD\$)
Euro VI en 2021	620	2202	1583
Euro VI en 2023	559	1990	1432
Euro VI en 2025	502	1787	1285

Además de los beneficios en salud, la implementación de normas Euro VI equivalentes en Argentina reduciría las emisiones de carbono negro en un 97% aproximadamente para el año 2050 si lo comparamos con el escenario inicial, ayudando al cumplimiento con los compromisos de Argentina para la adopción de medidas significativas en cuanto a la reducción de contaminantes climáticos de vida corta como miembro de la CCAC y participante de las iniciativas de vehículos pesados (HDV) y SNAP (Apoyo a las Acciones y Planeación Nacionales en materia de contaminantes climáticos de vida corta).

Estos hallazgos subrayan los beneficios sociales al implementar las normas Euro VI en Argentina en cuanto sea posible. Al considerar que la mayoría los vehículos pesados nuevos en Argentina provienen de Brasil, recomendamos que Argentina se alinee con el plan de Brasil de introducir normas Euro VI equivalentes para nuevos modelos a partir del 1 de enero de 2022, y para todas las ventas de nuevos modelos y nuevos patentamientos (registros) a partir del 1 de enero de 2023.

Existen varias acciones complementarias que merecen consideración en Argentina. Si bien las normas Euro V están vigentes en Argentina desde 2016, la gran mayoría de los vehículos pesados en circulación tienen certificaciones Euro III o anteriores, y casi la mitad de la flota de pesados supera los 10 años. Para acelerar los beneficios de las

normas Euro VI equivalentes, recomendamos que Argentina provea también incentivos por la temprana adopción de vehículos Euro VI y la renovación de las flotas acelerada.

Este estudio supone que todos los vehículos Euro V y VI utilizan combustible ultrabajo en azufre, requerido para el desempeño efectivo de sus tecnologías de control de emisiones. No obstante, los datos de la Secretaría de Energía indican que el diésel ultrabajo en azufre (Grado 3) se vende—en promedio—a casi un 20% más que el diésel Grado 2 de mayor contenido de azufre, lo que podría resultar en una incorrecta carga de combustible en camiones Euro V y Euro VI. Recomendamos reducir los riesgos de carga de combustible incorrecto mediante el ajuste en impuestos al combustible para reducir o eliminar la carga impuesta en el precio del diésel Grado 3, y planificar la migración nacional hacia el suministro de diésel Grado 3 exclusivamente. Estas acciones reducirían también las emisiones de dióxido de azufre y  $PM_{2.5}$  en la flota actualmente en uso.

Por último, notamos que las emisiones  $PM_{2.5}$  del escape de vehículos en zonas urbanas presentan efectos desproporcionados sobre la salud debido a una mayor exposición de la población. En esta línea, las políticas municipales o provinciales como zonas de bajas emisiones y la transición hacia flotas de autobuses urbanos de cero emisiones podrían superar los beneficios en salud, adicionales a los beneficios nacionales de las normas Euro VI equivalentes.

# ÍNDICE

<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>i</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Situación actual y definición de escenarios</b> .....	<b>3</b>
<b>Flota y emisiones de línea base</b> .....	<b>6</b>
Flota vehicular actual .....	6
Proyección de ventas de vehículos .....	8
Metodología para la modelación de emisiones .....	8
Proyección de emisiones por escenario.....	12
<b>Impacto sobre la salud y métodos de evaluación</b> .....	<b>15</b>
<b>Costos y beneficios</b> .....	<b>17</b>
Costos incrementales de la tecnología.....	17
Valores de los beneficios en la salud .....	20
Comparación de costos y beneficios .....	20
<b>Discusión</b> .....	<b>22</b>
<b>Conclusión</b> .....	<b>25</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>26</b>

## INTRODUCCIÓN

Argentina es el tercer país más poblado de América del Sur y el segundo mercado más grande de vehículos en la región (The World Bank, 2020; Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, n.d.) Si bien la población argentina está expuesta a cantidades promedio de material particulado fino ( $PM_{2.5}$ ), lo cual es relativamente bajo si se compara a otros países sudamericanos, los niveles están en promedio un 30% por encima de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud para la concentración anual promedio (Health Effects Institute, 2019). Además, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estima que los costos económicos para la sociedad provenientes de la contaminación ambiental por  $PM_{2.5}$  sobrepasa el 3.7% del producto interno bruto (OECD.Stat, 2020).

El sector del transporte es un contribuyente sustancial a la carga sobre la salud argentina resultante de la contaminación por  $PM_{2.5}$  y ozono. Se estimó, de manera conservadora, que las emisiones de motores y vehículos podían asociarse a casi 1000 muertes prematuras relacionadas a la contaminación atmosférica durante 2015 (Anenberg, Miller, Henze, Minjares, & Achakulwisut, 2019). Entre las fuentes del sector del transporte, los dos subsectores con mayor participación en la contaminación atmosférica en Argentina son los vehículos a diésel en carretera, y otras fuentes móviles que no circulan por carreteras. A pesar de significar entre el 3% y el 4% de la flota en carretera, excluyendo a las motocicletas, los camiones pesados y los autobuses, contribuyen con aproximadamente el 60% de las emisiones de  $PM_{2.5}$  del escape de vehículos, y el 70% de las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ). Las emisiones  $NO_x$  son precursoras del  $PM_{2.5}$  y ozono ambientales.

Para hacerle frente a la contaminación atmosférica por vehículos en carretera (*on-road*), el Gobierno Nacional argentino ha seguido el camino regulatorio desarrollado por la Unión Europea al implementar progresivamente normas más estrictas para vehículos, motores y combustibles. Argentina puso en vigencia la obligatoriedad de normas Euro V equivalentes para motores pesados nuevos en 2016. La implementación de la próxima fase de normas, equivalentes a Euro VI o U.S. 2010, colocaría a Argentina a la par de la Unión Europea y los Estados Unidos, reduciendo las emisiones de  $PM_{2.5}$  y  $NO_x$  de los escapes de vehículos en casi un 90% en comparación con los niveles de las normas Euro V (Miller & Jin, 2019).

Ya se está realizando la transición hacia normas Euro VI equivalentes «libres de hollín» para vehículos pesados (HDV) en muchos países del G-20 y en América del Sur. México está por convertirse en el primer país latinoamericano en exigir normas de clase mundial sobre emisiones en vehículos pesados en todo su territorio, y éstas aplicarán a todas las ventas de unidades nuevas a partir del 1 de enero de 2021 (Blumberg, 2018). Brasil y Colombia han adoptado normas Euro VI equivalentes que serán aplicables para todas las ventas de vehículos pesados nuevos, y nuevos registros (patentamientos) para el año 2023 (Miller & Jin, 2019). En Santiago, Chile, la normatividad Euro VI es obligatoria desde 2007 para autobuses nuevos, y las negociaciones han comenzado para la aplicación de las normas Euro VI a todo vehículo pesado nuevo en todo el país.

En septiembre de 2018, el gobierno de Argentina convocó a stakeholders de asociaciones nacionales de transporte terrestre y automotores, industria y la academia, además de expertos internacionales y reguladores de otros países sudamericanos para tratar tanto la transición regional hacia el transporte libre de hollín y de cero emisiones, como un mejor cumplimiento y programas de aplicación (Posada, Delgado, Miller, & Minjares, 2019). Estas discusiones identificaron la necesidad de realizar estudios posteriores que comparen los beneficios de los estándares «libres de hollín» en la región con los costos de no cumplimiento o inacción.

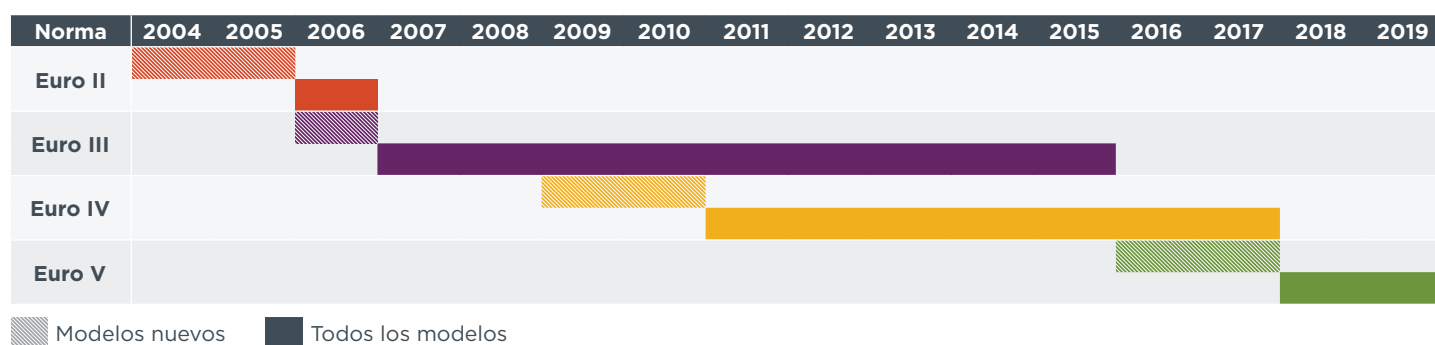
Este estudio analiza dicha necesidad mediante la evaluación de los costos y beneficios potenciales de normas «libres de hollín» para vehículos pesados en Argentina. El estudio sigue la metodología aplicada para México y Brasil en otros estudios, cuyos resultados hallaron que los beneficios sociales de las normas Euro VI equivalentes son superiores a los costos de cumplimiento de la industria por un orden de magnitud o mayor (Miller & Façanha, 2016; Miller, Blumberg, & Sharpe, 2014). Este estudio utiliza datos locales de la flota de vehículos pesados en Argentina para comparar los costos y beneficios de implementar normas Euro VI equivalentes en el país en los años 2021, 2023 o 2025, reflejando la armonización con los tiempos de Brasil y Colombia, o bien la implementación dos años antes o después.

Este documento se organiza como se describe a continuación. Primero, proveemos detalles históricos sobre las normas vehiculares y de combustibles en Argentina, y el estado actual comparado con otros países del G-20 y América del Sur. A continuación, definimos los escenarios evaluados en este estudio, describimos las fuentes de los datos y los métodos utilizados para caracterizar las emisiones del parque vehicular de pesados en Argentina, y presentamos nuestras estimaciones de emisiones para cada escenario. Luego, evaluamos los impactos sobre la salud que se espera resulten de las emisiones del escape de los vehículos pesados bajo cada escenario. Después, realizamos una comparación entre los beneficios de salud por el uso de normas Euro VI equivalentes y los costos proyectados para que los fabricantes de camiones y autobuses cumplan con ellas (estos costos son principalmente los costos incrementales de los controles de emisiones de los vehículos nuevos). Por último, concluimos con una argumentación sobre las implicaciones de estas políticas y las recomendaciones para avanzar en el tema.



## SITUACIÓN ACTUAL Y DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Desde 1995, Argentina ha reforzado paulatinamente las normas sobre emisiones para vehículos y motores nuevos siguiendo el camino trazado por la Unión Europea con sus normas Euro. La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Argentina introdujo, primero, las normas Euro II para los vehículos pesados nuevos en 2004. Ello se refleja en la Figura 1, que también detalla que en 2006 se adoptaron las normas Euro III, en 2009 las Euro IV, y en 2016 las Euro V (Vassallo, 2018). No obstante, estas normas no se aplicaron en todas las ventas de vehículos pesados nuevos y nuevos patentamientos (registros) hasta algo más tarde. Todas las ventas de vehículos pesados debían cumplir con las Euro II para 2006 y las Euro III para 2007. Las certificaciones para los vehículos Euro III estaban programadas para que fueran seguidas por las Euro IV para todos los vehículos pesados en 2011 ([Res. 731/2005](#)), pero el plazo fue extendido hasta fines de 2015 ([Res. 1464/2014](#)). Como resultado, los distribuidores y concesionarios importaron camiones Euro III hasta 2015 y, en 2016, empezaron a importar camiones Euro V.



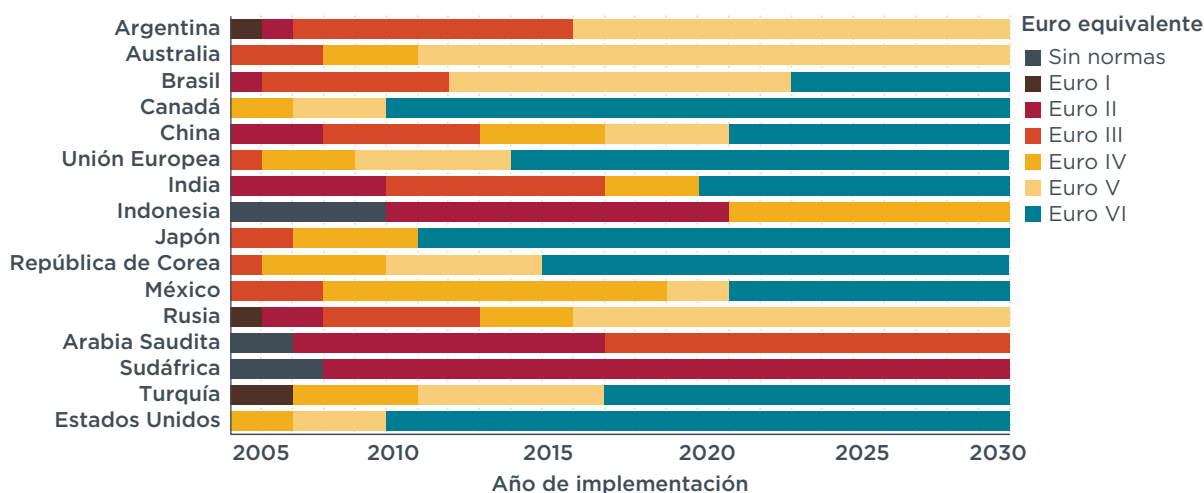
**Figura 1.** Línea de tiempo para la implementación de normas o estándares nacionales de emisiones para vehículos pesados diésel. Las barras corresponden a los años en que cada norma era obligatoria, siendo las barras más claras las que representan solo los nuevos modelos. Nótese que desde 2011 hasta finales de 2015 se aceptaban tanto las certificaciones Euro III como las Euro IV.

La Figura 2 muestra la implementación de las normas de emisiones para motores pesados diésel en economías del G-20. En la práctica, Argentina hizo un salto de normas Euro III a Euro V tal como ocurrió en Brasil, donde un retraso en la implementación de las normas Euro IV también generó el salto directo de normas P-5 (Euro III equivalentes) a normas P-7, generalmente equivalentes a la norma Euro V.<sup>1</sup> El mercado de pesados en Argentina está estrechamente ligado al mercado brasileño: casi un 75% de la flota de vehículos pesados en Argentina es de fabricación brasileña (Promotive SA, 2019).

Dado el interés en las normas «libre de hollín» por parte de los reguladores y los principales actores en el sector, Argentina está posicionada para seguir a sus pares regionales y económicos, y empezar a prepararse para las normas Euro VI. Las normas Euro VI equivalentes están vigentes en los Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea, Japón, Corea del Sur y Turquía. La India ha implementado las normas Euro VI equivalentes desde el 1 de abril de 2020, y China y México lo harán en 2021. Las normas brasileñas P-8 (Euro VI equivalentes) serán aplicables a todos los modelos nuevos a partir del 1 de enero de 2022, y a todas las ventas y patentamientos nuevos de vehículos pesados a partir del 1 de enero de 2023. Los modelos con Euro VI

<sup>1</sup> La norma P-7 incluyó ciertos desvíos importantes de las normas Euro V en cuanto a los requerimientos de sistemas de diagnóstico de a bordo. Ver Cristiano Façanha, *Deficiências in the Brazilian PROCONVE P-7 and the case for P-8 standards*, (ICCT: Washington, DC, 2016), <https://theicct.org/publications/deficiencias-brazilian-proconve-p-7-and-case-p-8-standards>.

podrán certificarse antes de dicho plazo de manera voluntaria (Miller & Posada, 2019). En el resto de Sudamérica, Colombia se ha comprometido a exigir normas Euro VI equivalentes para todos los pesados nuevos en 2023, así como a acelerar el proceso de retiro de los vehículos más viejos (Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia, 2019).



**Figura 2.** Año de implementación (todas las ventas y patentamientos) de normas para emisiones en vehículos pesados diésel en economías del G-20. Adaptación del original por Miller & Jin (2019).

Las tecnologías utilizadas para reducir la emisión de contaminantes atmosféricos a los bajos niveles que requieren las normas Euro V y Euro VI están diseñadas para funcionar con combustible ultra bajo en azufre, con un máximo de entre 10 a 15 partes por millón (ppm) de azufre. En la actualidad, hay dos grados (clases) de diésel autorizados para vehículos en circulación en la Argentina. El diésel Grado 2 contiene un máximo de azufre de 500 ppm en las zonas de alta densidad urbana (AD), y 800 ppm en las zonas de baja densidad urbana (BD). La resolución [Res. 558/2019](#) coloca un máximo de 350 ppm de azufre para el diésel Grado 2 a partir del 1 de enero de 2024. El diésel Grado 3 contiene un máximo de 10 ppm de azufre, y está disponible en todo el territorio nacional.

La Tabla 1 muestra los límites de azufre y las ventas de los grados de diésel mencionados. A medida que más vehículos Euro 5/V o Euro 6/VI entren al mercado, mayor tendrá que ser el suministro y disponibilidad del diésel Grado 3. Los datos provistos por la Secretaría de Energía (Secretaría de Energía, 2017) indican que el diésel Grado 3 se vende aproximadamente un 20% por encima del diésel Grado 2; ello podría generar una incorrecta carga de combustible en camiones Euro V y Euro VI. Ya que este análisis trata los impactos de la aplicación las normas Euro VI comparándolos a la aplicación de las normas Euro V, asumimos que, en todos los escenarios, todos los vehículos pesados Euro V y Euro VI utilizan el combustible diésel Grado 3 adecuado.

**Tabla 1.** Contenido de azufre estimado y ventas de grados de diésel, vehículos circulantes, 2014-2024.

Grado de diésel	Contenido de azufre (ppm)			Ventas de diésel para vehículos en carretera [on road] (%)			
	2014-2019	2020	2024	2014	2019	2020	2024
<b>Grado 2 (BD)</b>	1000	800	350	61%	52%	Sobre la base de la demanda de combustible para camiones pre-Euro V; presume misma división entre zonas de Alta Densidad y Baja Densidad en 2019	
<b>Grado 2 (AD)</b>	500	500	350	18%	14%		
<b>Grade 3</b>	10	10	10	21%	34%	Sobre la base de la demanda de combustible para camiones Euro V-VI	

El diésel Grado 2 vendido en zonas de alta densidad urbana—ciudades con más 90,000 habitantes—está sujeto a un máximo 500 ppm de azufre. En zonas de baja densidad urbana rige un límite de 800 ppm de azufre.

En este análisis, evaluaremos los costos y beneficios de tres escenarios y el plazo de implementación correspondiente para la transición hacia las normas Euro VI equivalentes en Argentina: transición acelerada (2021), transición alineada con las normas P-8 de Brasil (2023), y transición retrasada (2025). Estos tres escenarios se comparan con un escenario de línea base en los que las normas actuales se mantienen sin cambio alguno.

- » Línea base: Asume que las normas Euro V mantienen su vigencia para todos los vehículos pesados nuevos.
- » Euro VI en 2021: Asume una transición acelerada hacia normas Euro VI donde todos los vehículos nuevos cumplan con requisitos Euro VI para el año 2021.
- » Euro VI en 2023: Asume una transición hacia normas Euro VI alineadas con las normas P-8 de Brasil donde todos los vehículos nuevos cumplan con requisitos Euro VI para el año 2023.
- » Euro VI en 2025: Asume una transición retrasada hacia normas Euro VI donde todos los vehículos nuevos cumplan con requisitos Euro VI para el año 2025.

## FLOTA Y EMISIONES DE LÍNEA BASE

Los vehículos pesados tienen un papel preponderante en los sistemas de transporte de pasajeros y de cargas en Argentina. En 2018, los camiones transportaron el 93% de la carga nacional (interna), y movieron 536 millones de toneladas (Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística, 2019). En zonas densamente pobladas, los autobuses son esenciales para la movilidad urbana; tan solo en el Área Metropolitana Buenos Aires (AMBA) se realizan más de 1500 millones de viajes por año (Dirección General de Estadística y Censos, 2015).

En nuestro análisis, utilizamos datos sobre la flota obtenidos de asociaciones del sector automotor, entidades de gobierno e instituciones académicas en Argentina para caracterizar el parque actual de vehículos pesados en circulación en el país. La consultora automotora Promotive proveyó información sobre más de 400 000 vehículos pesados actualmente en circulación (Promotive SA, 2019). Utilizamos esta base de datos de este parque automotor en combinación con otras fuentes de datos para construir un inventario de emisiones detallado de la flota de pesados de la Argentina, y para poder proyectar cómo estas emisiones evolucionarían bajo diferentes escenarios y diferentes políticas. En esta sección, describiremos nuestros métodos para caracterizar la flota de vehículos pesados en Argentina y cuantificar las emisiones asociadas. Presentamos luego nuestras estimaciones de las emisiones actuales y proyectadas para cada escenario, prestando especial atención a aquellos contaminantes cuyo impacto es mayor para la salud pública.

### FLOTA VEHICULAR ACTUAL

En el año 2018, los vehículos pesados representaban entre el 3% y 4% de los vehículos en carretera, motocicletas excluidas. Se estima que el parque automotor de vehículos pesados en circulación oscila entre las 310 000 (ONDaT, 2016, 2017) y 760 000 (Asociación de Fábricas de Automotores [ADEFA], 2018) unidades. La brecha existente refleja las diferencias entre fuentes de datos, supuestos de la renovación de la flota y clasificaciones de vehículos. Para nuestro análisis, la estimación del parque de vehículos pesados se calculó utilizando categorías y clasificaciones vehiculares internacionales como refleja la Tabla 2, así como la información sobre tipos de vehículos, pesos bruto vehicular y edad provistos por Promotive (Promotive SA, 2019). El conjunto de datos de Promotive está basado en la información recibida de los fabricantes, información de flotas de la Dirección Nacional de Registro del Automotor y Créditos Prendarios (DNRPA), patentamientos, y reclamos ante compañías de seguro.

**Tabla 2.** Definición de categorías vehiculares por tipo y peso bruto.

Categoría	Tipo	Definición
Livianos	Automóviles de pasajeros	Vehículos de pasajeros $\leq$ 3500 kg
	Comerciales livianos (LCV)	Vehículos de carga $\leq$ 3500 kg
Pesados	Autobuses	Automóviles de pasajeros $>$ 3500 kg
	Camiones medianos (MDT)	Vehículos de carga $>$ 3500 kg y $\leq$ 15 000 kg
	Camiones pesados (HDT)	Vehículos de carga $>$ 15 000 kg

Como se muestra en la Tabla 3, la flota de vehículos pesados en Argentina está compuesta aproximadamente por 80 000 autobuses, 100 000 camiones medianos (MDT), y 220 000 camiones pesados (HDT). Si bien los vehículos pesados constituyen una pequeña fracción del total de la flota, recorren mucho mayores distancias que los automóviles de pasajeros o vehículos comerciales livianos (LCV), y acumulan casi el 12% de todo el kilometraje recorrido en la Argentina. Los vehículos pesados, además, consumen más combustible por unidad de medida de distancia comparado a los vehículos livianos. Entre 2006 y 2018, el tamaño del parque de

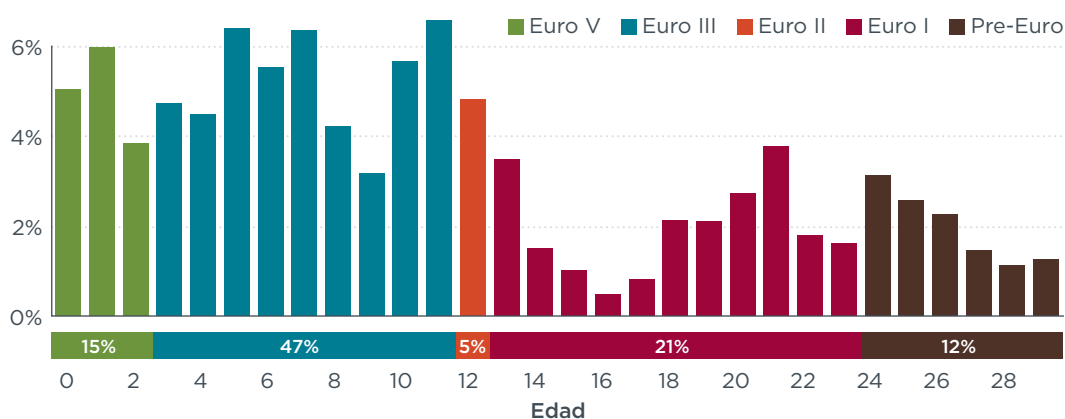
pesados en la Argentina creció en un 60%, habiéndose nivelado dicho crecimiento en los últimos años (ADEFA, 2018).

**Tabla 3.** Parque automotor estimado y porcentaje según su tipo de combustible en Argentina, 2018 (Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes, 2018).

Tipo vehículo	Parque automotor	Porcentaje del parque por tipo de combustible (%)		
	(#)	Diésel (gasoil)	Gasolina (nafta)	GNC
Automóviles de pasajeros	11 900 000	14%	71.7%	14.3%
Comerciales Livianos	1 560 000	66.2%	29.7%	4%
Camiones pesados	219 000	100%	0%	0%
Camiones medianos	102 000	100%	0%	0%
Autobuses	80 000	100%	0%	0%

La Tabla 3 detalla también que todos los vehículos pesados en la base de datos de Promotive utilizan diésel. Las tecnologías alternativas se encuentran en fase piloto; ellas incluyen camiones propulsados por gas natural licuado ([Resolución 42/2019](#)) y autobuses eléctricos ([Resolución 284/2019](#)). Si bien estos programas sugieren que los nuevos combustibles podrían jugar un papel importante en la futura flota de vehículos pesados, no serán evaluados en este análisis pues su alcance es todavía menor.

La Figura 3 muestra el porcentaje de vehículos pesados por edad y norma de emisiones en 2018, como se estima en la base de datos de Promotive (Promotive SA, 2019). Para determinar la proporción de vehículos pesados por norma de emisiones, alineamos la edad de cada modelo de vehículo en la base de datos de Promotive con la línea de tiempo de la aplicación de cada estándar de emisiones a todos los vehículos y patentamientos (registros). La mediana de la edad de la flota de vehículos pesados en Argentina es de aproximadamente 10 años. Las normas Euro V, que rigen desde 2016, se estima que cubren solo un 15% de la flota de pesados en 2018. Un 47% adicional fue certificado Euro III, y el resto de la flota certificó bajo normas anteriores o bajo ninguna norma. Más de la décima parte de la flota pesada argentina en 2018 se consideraba «pre-Euro», lo que significa vehículos sin control de emisiones. El gran porcentaje de vehículos con certificación Euro III o anterior subraya la necesidad de programas complementarios que alienten el reemplazo de unidades viejas, de la mano con normas para vehículos nuevos como las Euro VI.



**Figura 3.** Relación de vehículos pesados por edad y norma Euro equivalente en Argentina, 2018. «Pre-Euro» representa aquellos vehículos sin certificación de norma Euro.

## PROYECCIÓN DE VENTAS DE VEHÍCULOS

Para este análisis, los supuestos de proyección de crecimiento de venta de vehículos pesados fueron realizados sobre la base del Modelo de Movilidad (IEA, 2017) de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). Se asume que las ventas de vehículos pesados crecerán lentamente hasta el 2030, con un ligero aumento en la venta de camiones y una constante para los autobuses (Tabla 4). De 2030 a 2040, se asume que las ventas acelerarán su crecimiento a un ritmo anual de entre 2% y 4%. Para nuestro análisis, que se centra en los costos y beneficios de las normas Euro VI en comparación a las normas Euro V, se estima que las ventas de pesados nuevos continuarán siendo vehículos y motores diésel en todos los escenarios. Aunque no esté dentro del alcance de este estudio, esperamos que cierto tipo de vehículos pesados como los autobuses urbanos puedan migrar a tecnologías de cero emisiones, p. ej. autobuses eléctricos de batería, de la mano de acciones concertadas entre al ámbito nacional y local. Dichas acciones, podrían reducir aun más los impactos sobre la salud relacionados a la contaminación atmosférica que originan en los vehículos pesados en Argentina.

**Tabla 4.** Venta de vehículos pesados y proyección de crecimiento de ventas de vehículos pesados, 2018 - 2040. Las tasas de crecimiento de ventas se basan en información de la IEA (2017).

	Autobuses	Camiones	
		Medianos	Pesados
Ventas de vehículos 2018	2900	4 100	13 400
Crecimiento ventas 2018-2030	0%	1.8%	1.3%
Crecimiento ventas 2030-2040	3.4%	2.8%	3.6%

## METODOLOGÍA PARA LA MODELACIÓN DE EMISIONES

Las emisiones de contaminantes del escape de los vehículos se estimaron utilizando una versión actualizada del modelo del ICCT sobre emisiones mundiales para vehículos en carretera (*on-road*) (Miller & Jin, 2018). Hemos actualizado el modelo con extensos datos históricos sobre la flota argentina, incluso ventas de unidades nuevas, ventas de combustibles, y características del parque automotor. Caracterizamos la flota de 2018 usando la base de datos de Promotive (Promotive SA, 2019) combinándola con estimaciones sobre el kilometraje anual de vehículos, eficiencia de combustible, y cambios en el kilometraje recorrido según la edad vehicular (Miller & Jin, 2018). A continuación, estimamos las curvas para el retiro de vehículos por cada tipo de vehículo de manera tal que las estimaciones (*bottom-up*) de los vehículos existentes basados en las ventas acumuladas y su retiro de circulación se alineen con las cifras de la flota en 2018. Luego, calibramos las estimaciones de kilometraje recorrido para que queden alineados a las estimaciones de consumo de energía en carreteras con datos de venta de combustibles a nivel nacional (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

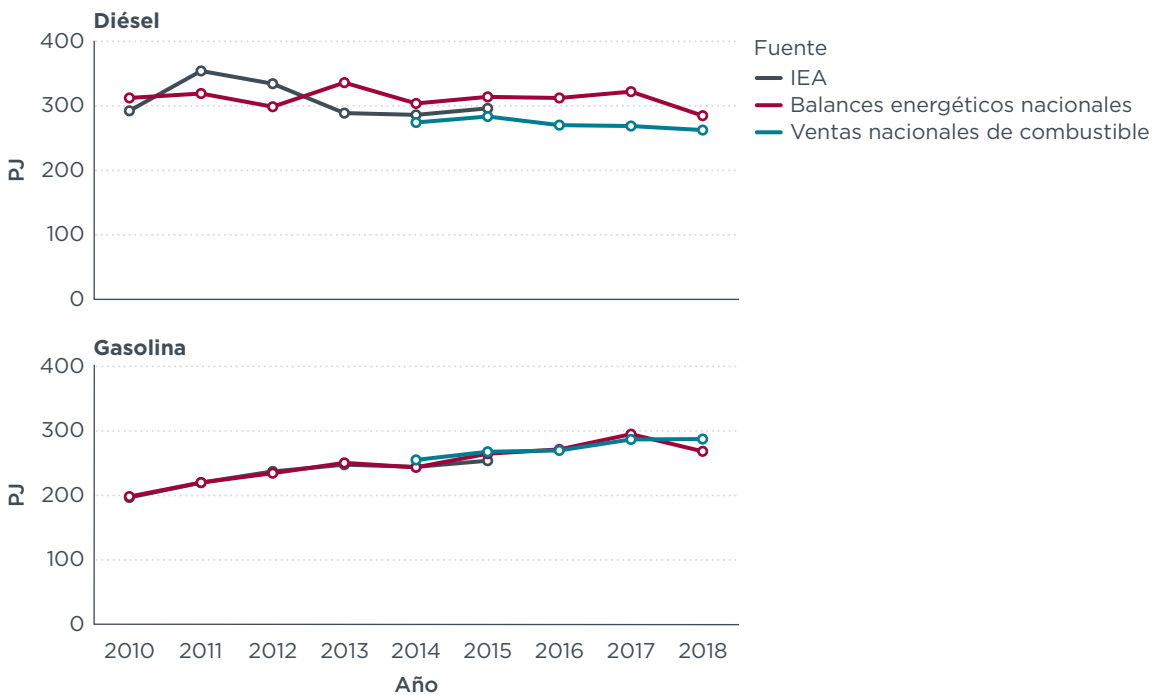
Esta representación detallada (*bottom-up*) de la flota fue combinada con líneas de tiempo históricas y supuestos a futuro de normas de emisiones para vehículos nuevos y mejoras en la calidad de los combustibles. Finalmente, aplicamos factores de emisión para los de contaminantes ambientales locales como material particulado (PM<sub>2.5</sub>) y NO<sub>x</sub> derivados del escape de vehículos por tecnología específica. Estos factores fueron derivados de modelos establecidos, ponderados por las subcategorías de vehículos de la flota argentina y utilizando datos reales (no modelados) de desempeño en emisiones NO<sub>x</sub>. Las emisiones estimadas resultantes fueron comparadas con varios inventarios de emisiones de vehículos en carretera para comprobar su consistencia. Las siguientes subsecciones proveen detalles adicionales sobre algunos de estos componentes metodológicos.

## Cambio de la flota

El cambio del parque automotor en los próximos años fue modelado utilizando curvas de supervivencia específicas para cada tipo de vehículo. Calibramos estas curvas utilizando datos históricos de ventas de vehículos pesados de la Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina (2017). Estos datos de ventas de vehículos pesados fueron escalados a la baja en un 15% para correlacionarlos con los estimados de ventas de pesados en años recientes, implícitos en la base de datos de Promotive (Promotive SA, 2019). La diferencia entre las ventas totales de vehículos pesados muy probablemente se deba a las variaciones en la definición de tipos de vehículos. La edad estimada en la que se retiran las unidades son: 20 años para los camiones medianos (MDT), 16 años para camiones pesados (HDT), y 30 años para los autobuses. La antigüedad promedio, bastante alta, para el retiro de estas unidades de transporte de pasajeros está alineada con las ventas recientes de autobuses, que llegó a ser casi una treintava parte del parque automotor total en 2018.

## Consumo de energía

La Figura 4 compara las diferentes fuentes de datos sobre el consumo histórico de diésel y gasolina en Argentina. Los balances energéticos nacionales (Secretaría de Energía, 2019) incluyen todos los modos de transporte, mientras que las estadísticas de IEA (IEA, 2017) y los datos de ventas nacionales de combustibles (Secretaría de Energía, 2017) incluyen sólo los vehículos en carretera. Hemos calibrado nuestro modelo para alinear los datos de ventas nacionales de combustibles. Para este análisis, evaluamos los cambios futuros en el consumo energético de los vehículos pesados basado en los supuestos de ventas futuras de vehículos pesados y el crecimiento de la flota esperado. No hemos evaluado los cambios potenciales en kilometraje anual recorrido por vehículo o la eficiencia en el consumo de combustible de los vehículos pesados. Si bien no está dentro del alcance de este análisis, las políticas complementarias para mejorar la eficiencia de los vehículos pesados podrían generar potencialmente reducciones en las emisiones de ciertos contaminantes como los  $\text{NO}_x$ .



**Figura 4.** Consumo de diésel y gasolina para sector transporte y vehículos en carretera en Argentina, 2010-2018.

## Factores de emisiones

Los factores de emisión por tecnología específica fueron adaptados de la Guía de inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2019). Este análisis hace diferencia entre dos clases de camiones de carga: los medianos y los pesados, mientras que la Guía mencionada provee factores de emisiones para cuatro clases de camiones: camiones con peso bruto inferior a 7.5 toneladas; camiones entre 7.5 y 16 toneladas; camiones entre 16 y 32 toneladas; y camiones de más de 32 toneladas. Para lograr una correlación de los valores de la Guía con nuestras clasificaciones, aplicamos los factores de emisión para camiones con peso inferior a 16 toneladas a los camiones medianos (MDT), y los valores para los camiones por encima de 16 toneladas a los camiones pesados (HDT). Dentro de estas categorías, los factores de emisión de la Guía fueron ponderados para reflejar el porcentaje de camiones dentro de cada categoría de peso en Argentina (Promotive SA, 2019). De igual manera, la Guía provee factores de emisión para autobuses urbanos y de larga distancia. Al igual que con los camiones, los factores de emisión de la Guía fueron ponderados para reflejar el porcentaje de autobuses urbanos y de larga distancia en Argentina (Promotive SA, 2019). Estos porcentajes se muestran en la Tabla 5. En todos los casos, los factores de emisión resultantes siguen diferenciándose por tipo de vehículo, tipo de combustible, y norma o estándar de emisiones.

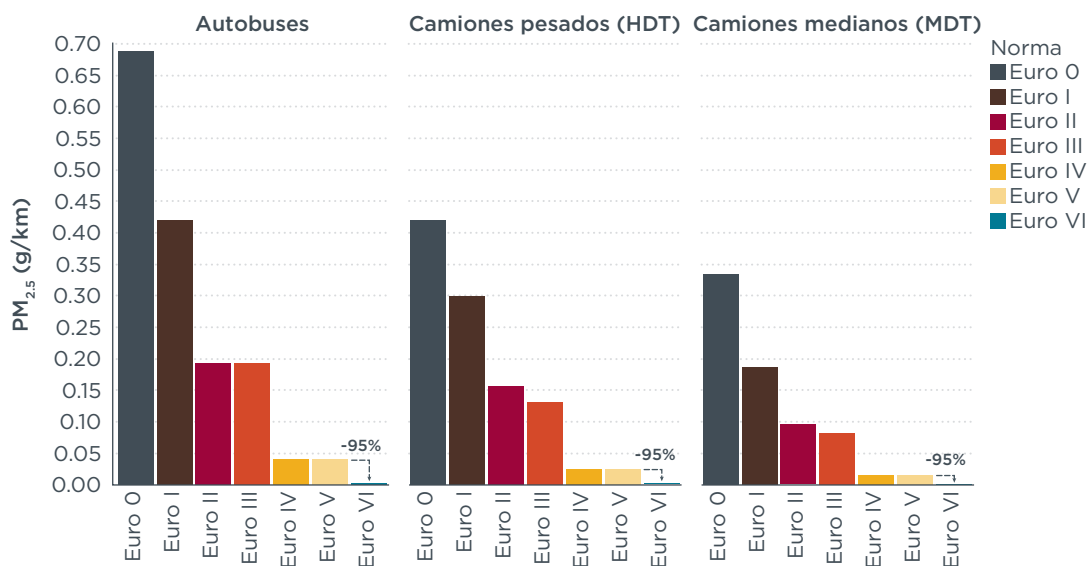
**Tabla 5.** Porcentajes para calcular los factores de emisión ponderados

Tipo de vehículo	Subcategoría vehicular	Porcentaje del tipo de vehículo
<b>Camión mediano (MDT)</b>	Diésel 7.5 - 16 toneladas	79.3%
	Diésel ≤ 7.5 toneladas	20.7%
<b>Camión pesado (HDT)</b>	Diésel 16 - 32 toneladas	97.3%
	Diésel > 32 toneladas	2.7%
<b>Autobus (Transporte de pasajeros)</b>	Autobuses de larga distancia	50.4%
	Autobuses urbanos	49.6%

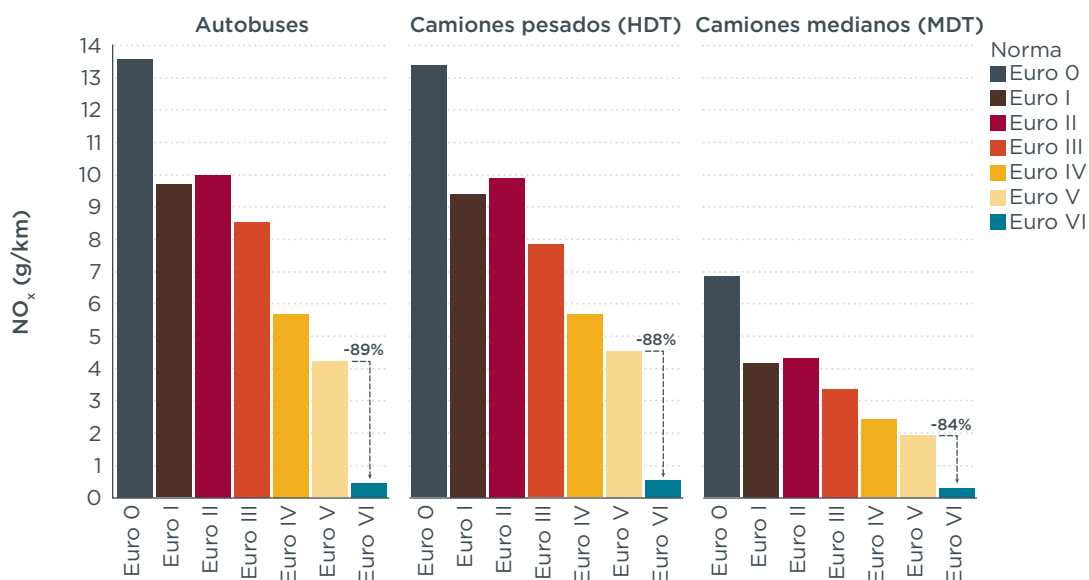
Se aplicaron ajustes posteriores a los factores de emisión de NO<sub>x</sub> para vehículos diésel buscando reflejar mejor la discrepancia observada entre el comportamiento de las emisiones en el mundo real y los límites de certificación. Los camiones medianos (MDT) y los pesados (HDT), y los factores de emisión de NO<sub>x</sub> de los camiones Euro III, Euro IV, Euro V y Euro VI se obtuvieron de Anenberg et al. (2017). Los factores de emisión Pre-Euro III para camiones fueron tomados de la Guía y fueron escalados para mantener la consistencia con los valores Euro III y posteriores. Los factores de emisión de NO<sub>x</sub> para los autobuses fueron derivados del Manual de Factores de Emisión para el Transporte por Carretera (HBEFA), como se describió en Dallmann (2019), se tomaron en cuenta los diferentes tamaños y condiciones de manejo de autobuses urbanos y de larga distancia.

Los factores de emisión distancia-específicos en este análisis se proporcionan para PM<sub>2.5</sub> en la Figura 5 y la Figura 6 para los NO<sub>x</sub>. Como puede verse, es de esperar que los vehículos Euro VI emitan un 95% menos de PM<sub>2.5</sub>, y entre un 84% y 89% menos NO<sub>x</sub> que sus contrapartes Euro V.





**Figura 5.** Factores de emisión de PM<sub>2.5</sub> distancia-específicos para vehículos pesados por tipo de unidad y norma de emisiones



**Figura 6.** Factores de emisión de NO<sub>x</sub> distancia-específicos para vehículos pesados por tipo de unidad y norma de emisiones

El paso final antes de introducir datos al modelo fue el de convertir los factores de emisión distancia-específicos para cada tipo de vehículo, tipo de combustible, y norma de emisiones a factores de emisión combustible-específicos utilizando los valores de consumo energético (MJ/km) en la Tabla 3-27 de la Guía (EEA, 2019). La razón para realizar esta conversión es que los factores de emisión combustible-específicos son mejores para los análisis de inventario de emisiones en los que el kilometraje recorrido (VKT) entre diferentes tipos de vehículos pesados se desconoce, ya que existe una menor variación entre tipos de vehículos pesados que en los factores de emisión distancia-específicos (Miller & Jin, 2018).

El combustible diésel en Argentina contiene, por ley, una mezcla de biodiésel al 10% ([Res. 1283/2006](#)), ligeramente superior a la norma del 7% especificada en la referencia de la Unión Europea para el combustible de referencia para las normas Euro VI. Las pruebas con diferentes mezclas de biodiésel en Brasil han arrojado como resultado

que la utilización de un 10% no presenta efectos significativos sobre las emisiones de contaminantes gaseosos y particulados, ni afecta el adecuado funcionamiento de sistemas avanzados de postratamiento (Dallmann, 2018). Estos hallazgos concuerdan con pruebas y ensayos internacionales que demuestran que las tecnologías de motores Euro VI reducen las emisiones reguladas a niveles tan bajos que cualquier efecto por combustible es inapreciable (IEA-AMF, 2016). En otras palabras, los biocombustibles no deberían considerarse como un sustituto a las normas Euro VI-equivalentes. Los efectos de si mezclas con más biodiésel, 20% o 100% impiden el adecuado funcionamiento de los controles de emisiones o los sistemas avanzados en los vehículos sigue bajo estudio. Este análisis no pretende tomar en cuenta dichos efectos.

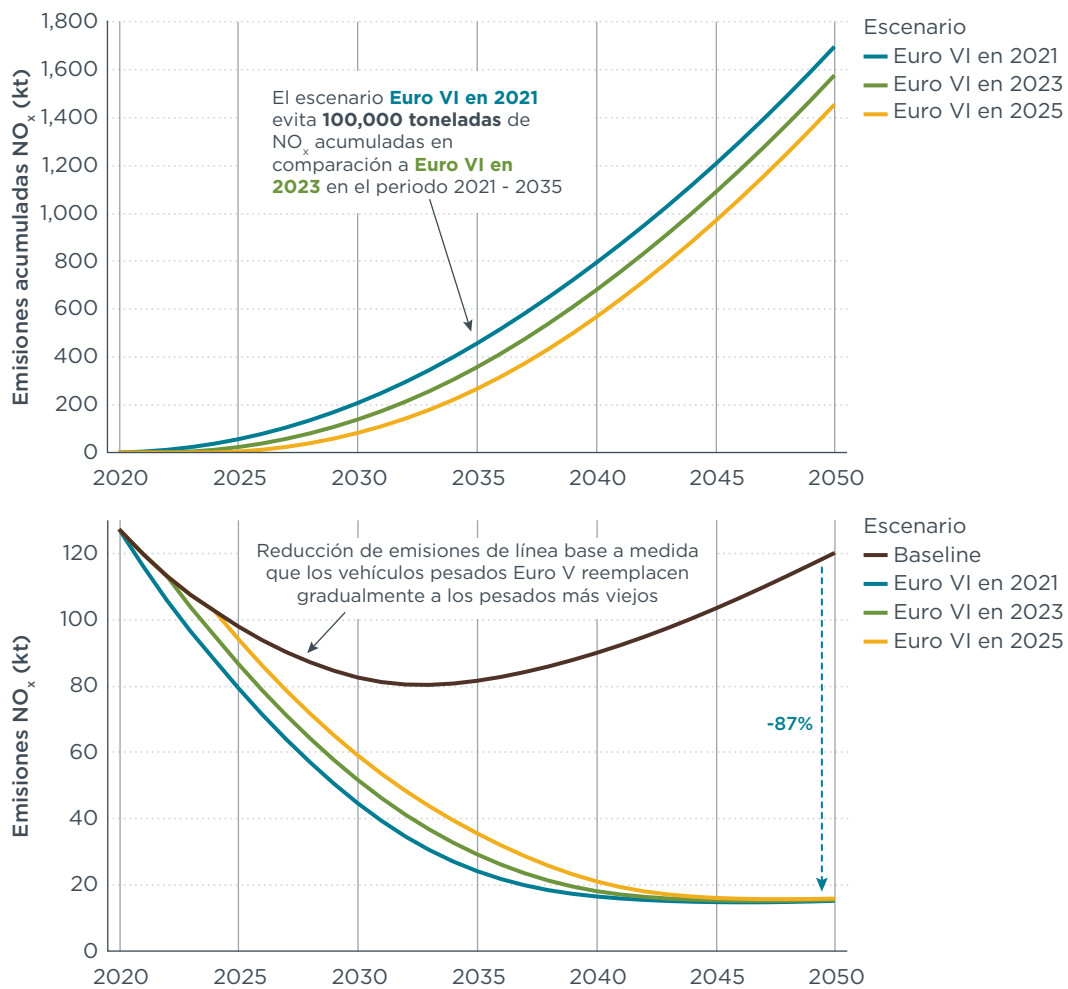
Aunque no sea un factor determinante para analizar la relación costo-beneficio, las emisiones de componentes específicos de materiales particulados ( $PM_{2.5}$ ), como el carbono negro, fueron estimadas utilizando los perfiles de especiación desarrollados por el modelo MOVES2014 (2015) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el cual distingue entre los vehículos a diésel con o sin filtro de partículas diésel (DPF). Los perfiles de especiación para los vehículos a diésel con DPF se aplicaron a partir de Euro VI para vehículos pesados.

Las normas Euro VI incluyen un límite en las emisiones de número de partículas suspendidas (PN), lo que hace necesario los filtros de partículas. Se ha demostrado la reducción del número de partículas suspendidas (PN) en vehículos pesados diésel por arriba del 99.5% si se compara con vehículos que carecen de dichos filtros (Giechaskiel, 2018). Se cree que las partículas ultrafinas son más dañinas para la salud humana que las de mayor tamaño; no obstante, el impacto específico sigue siendo incierto, y no se ha incluido en nuestra evaluación (Ohlwein et al., 2019).

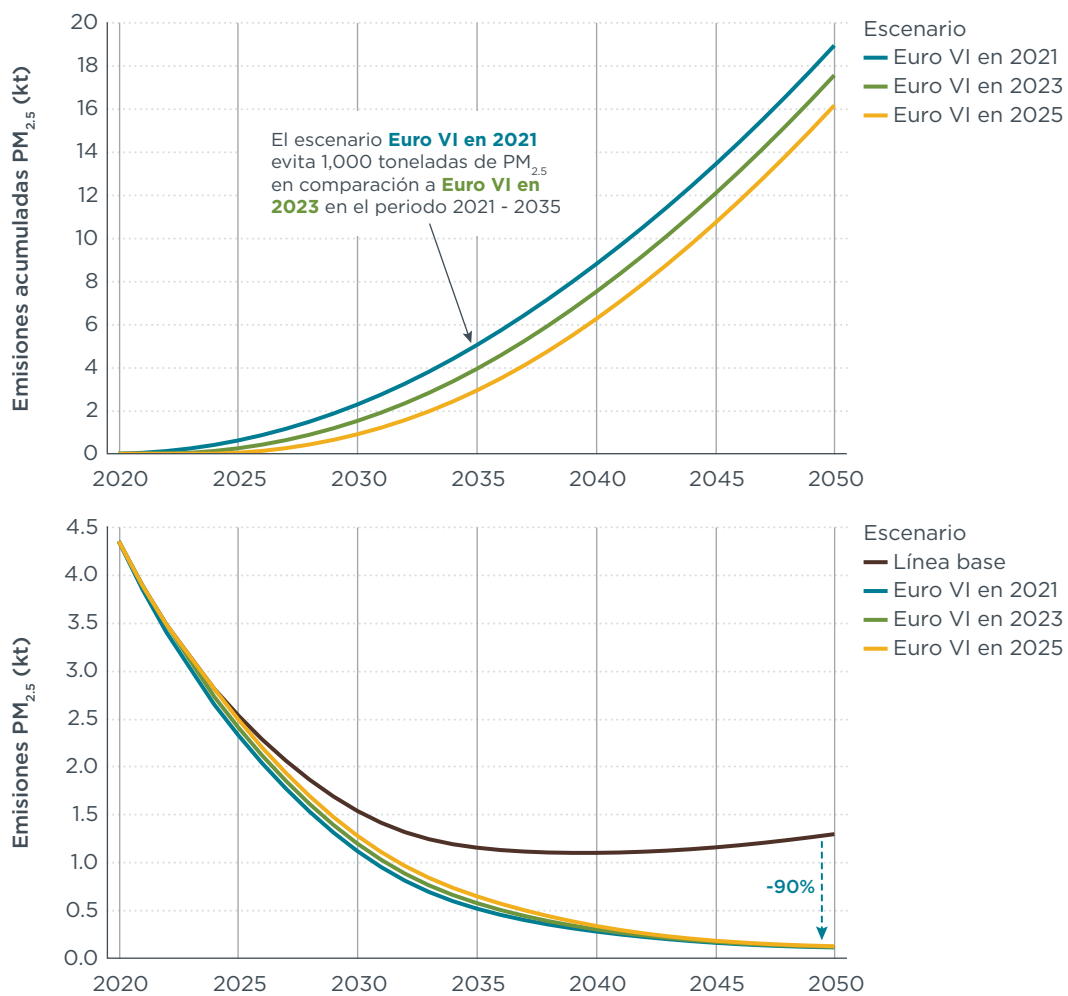
## PROYECCIÓN DE EMISIONES POR ESCENARIO

La Figura 7 y la Figura 8 muestran las emisiones provenientes del escape de vehículos pesados proyectadas de  $PM_{2.5}$  y  $NO_x$  para cada escenario dentro del periodo 2020-2050. En el escenario de línea base, las emisiones de  $PM_{2.5}$  y  $NO_x$  se estima que desciendan durante los próximos 10 a 15 años a medida que los vehículos Euro V continúen reemplazando a los vehículos Euro III y pre-Euro. Sin embargo, en el largo plazo, las emisiones de  $PM_{2.5}$  y  $NO_x$  empezarían a aumentar a medida que la demanda en transporte de pasajeros y carga aumente, compensando las reducciones de emisiones logradas por los vehículos Euro V. En contraste, bajo los escenarios de Euro VI, las emisiones  $PM_{2.5}$  y  $NO_x$  se reducirían a tasas sustancialmente más rápidas dentro de los próximos 10 a 15 años. Si se compara a las emisiones de línea base proyectadas para el 2050, las normas Euro VI equivalentes bajo todos los escenarios reducirían las emisiones anuales del escape de vehículos de  $PM_{2.5}$  en ~90%, las de  $NO_x$  en ~87%, y de carbono negro (BC) en ~97%.

Los impactos en el tiempo de implementación de las normas Euro VI equivalentes es particularmente evidente cuando se comparan los beneficios de emisiones acumuladas. Si se considera el periodo entre los años 2021 y 2035, la introducción de Euro VI en 2021 en lugar de en 2023, significaría evitar emisiones de ~100 000 toneladas de  $NO_x$  y ~1000 toneladas de  $PM_{2.5}$ . Por el contrario, si se introducen las normas Euro VI en 2025 y no en 2023, ello aumentaría las emisiones acumuladas en las mismas cantidades. Como se discutirá más adelante, estas diferencias en emisiones tienen efectos sustanciales sobre los beneficios netos de cada escenario Euro VI.



**Figura 7.** Panel superior: Emisiones acumuladas proyectadas de NO<sub>x</sub> evitadas para vehículos pesados en comparación con la línea base. Panel inferior: Emisiones anuales de NO<sub>x</sub> para vehículos pesados por escenario, 2020-2050



**Figura 8.** Panel superior: Emisiones acumuladas proyectadas de  $PM_{2.5}$  evitadas por escenarios de Euro VI comparados con la línea base. Panel inferior: Emisiones anuales de  $PM_{2.5}$  para vehículos pesados por escenario, 2020-2050

## IMPACTO SOBRE LA SALUD Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

La contaminación atmosférica es el principal factor de riesgo medio ambiental en el mundo (Stanaway y otros, 2018). El transporte contribuye a la contaminación atmosférica mediante la emisión directa de  $PM_{2.5}$  y dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), y vía las emisiones de precursores de  $PM_{2.5}$  secundario y ozono, lo que incluye  $NO_x$ , dióxido de azufre ( $SO_2$ ), y compuestos orgánicos volátiles. A nivel mundial, las emisiones de escape en el sector transporte podían asociarse a casi 400 000 muertes prematuras por  $PM_{2.5}$  y ozono en el año 2015 (Anenberg et al., 2019). El mismo estudio estimó conservadoramente que las emisiones de escape del transporte en Argentina eran responsables de casi 1000 muertes prematuras y USD\$2100 millones en daños a la salud durante 2015, estando el 38% asociado a los vehículos diésel en carretera.

Los impactos sobre la salud humana de las emisiones vehiculares están influenciados por muchos factores, como la composición de las emisiones—su contribución a la contaminación atmosférica primaria y secundaria—y la proximidad y características de la población expuesta. En este estudio, evaluamos los beneficios en salud en Argentina asociadas con la reducción de emisiones vehiculares de  $PM_{2.5}$  primario y precursores para  $PM_{2.5}$  secundario. Utilizamos estimaciones derivadas de la literatura disponible de fracciones de inhalación (intake fraction) y factores de efecto (Tabla 6). Las fracciones de inhalación indican la cantidad de material particulado  $PM_{2.5}$  en miligramos inhalados por cada kilogramo de emisiones de  $PM_{2.5}$  primario o contaminantes precursores como  $SO_2$ ,  $NO_x$  o  $NH_3$ . Estas fracciones de inhalación son medidas en partes por millón (ppm). Los factores efecto indican los años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD o DALY por sus siglas en inglés) asociados a cada kilogramo de  $PM_{2.5}$  inhalado.

Las fracciones de inhalación aplicadas para el  $PM_{2.5}$  primario tienen en cuenta los datos sobre población, superficie, densidad lineal de población, concentraciones ambientales ponderadas de  $PM_{2.5}$ , y la meteorología para 28 ciudades argentinas con población superior a 100 000 habitantes. En el mismo tenor, los factores efecto aplicados toman en cuenta los datos poblacionales ponderados para las mismas ciudades y consideran la exposición a  $PM_{2.5}$ , las concentraciones de  $PM_{2.5}$  ambiental, y las tasas de mortalidad por enfermedades relacionadas a la contaminación atmosférica. Las fracciones de inhalación aplicadas para el  $PM_{2.5}$  secundario no son específicas para Argentina, y están sujetas a un alto nivel de incertidumbre.

Las fracciones de inhalación y factores efecto pueden combinarse con las estimaciones de emisiones para calcular los impactos sobre la salud asociados, medidos en años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) según esta fórmula:

$$AVAD = Emisiones \times Fracción \ de \ inhalación \times Factor \ efecto$$

Las emisiones están en kilogramos (kg); las fracciones de inhalación en miligramos (mg) de material particulado ( $PM_{2.5}$ ) inhalado por kg de  $PM_{2.5}$  o precursor; y los factores efecto en AVAD por kg of  $PM_{2.5}$  inhalado (Humbert et al., 2011).

Aplicamos esta ecuación para determinar los años de vida asociados a discapacidad (AVAD o DALY) que podrían evitarse con reducciones potenciales de emisiones vehiculares en Argentina. Además, calculamos la cantidad de muertes prematuras asociadas que podrían evitarse al dividir los AVAD por el factor de severidad promedio como fuera utilizado en Fantke et al. (2019), o 26.3 AVAD por muerte.

El valor para los daños a la salud que se evitaron lo calculamos al multiplicar el número de muertes prematuras por el valor de una vida estadística (VVE o VSL por sus siglas en inglés). Asignamos un valor monetario a una vida estadística de USD 2.1 millones para la Argentina en 2015, calculado utilizando el enfoque de beneficio-transferencia

(Anenberg, Miller, Henze, y Minjares, 2019). Para monetizar los beneficios en salud en años venideros, asumimos una tasa de crecimiento anualizado en el ingreso per cápita de 1.87%, del 2015 al 2050 (UN Population Division, 2019; OECD, 2018) y una tasa social de descuento del 5% (Miller y Façanha, 2016).

En cuanto a la aplicación de fracciones de inhalación para el PM<sub>2.5</sub> primario y precursores de PM<sub>2.5</sub> secundarios emitidos en zonas rurales y urbanas, asignamos nuestras estimaciones de emisiones vehiculares nacionales para dichas zonas. Asumimos que el 36.5% de las emisiones de vehículos pesados se realizan en zonas urbanas, y el resto en zonas rurales. Ver la sección Discusión para entender las implicaciones de las incertidumbres en cuanto a este supuesto. Este porcentaje toma en cuenta las emisiones de NO<sub>x</sub> de los vehículos como proxy de todas las emisiones de contaminantes, y se basa en los resultados de un inventario de emisiones de transporte por carretera de alta resolución para la Argentina (Puliafito et al, 2017). Asumimos que no hay cambios en la distribución espacial desde que se presentó el inventario en 2014.

Aplicamos las mismas fracciones de inhalación y factores efecto en todos los años del modelo sin tratar de ajustar los cambios potenciales de población, demográficos, de densidad poblacional o línea base en las enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica. Por ello, consideramos que los beneficios en salud estimados en este modelo son conservadoramente bajos.

**Tabla 6.** Fracciones de inhalación y factores efecto aplicados en este estudio

Parámetro	Zonas geográficas	Valor	Fuente
<b>Fracciones de inhalación de PM<sub>2.5</sub> primario emitido en exteriores a nivel del piso en zonas urbanas y rurales</b> <sup>(a)</sup>	Urbanas	PM <sub>2.5</sub> : 26.4 ppm	Valores ponderados de población en ciudades argentinas en Fantke et al. (2017)
	Rurales	PM <sub>2.5</sub> : 0.24 ppm	
<b>Fracciones de inhalación de PM<sub>2.5</sub> secundario derivadas de emisiones de precursores en zonas urbanas y rurales</b> <sup>(b)</sup>	Urbanas	SO <sub>2</sub> : 0.99 ppm NO <sub>x</sub> : 0.2 ppm NH <sub>3</sub> : 1.7 ppm	Fracciones de inhalación recomendadas en la Tabla 3 en Humbert et al. (2011)
	Rurales	SO <sub>2</sub> : 0.79 ppm NO <sub>x</sub> : 0.17 ppm NH <sub>3</sub> : 1.7 ppm	
<b>Factores efecto por exposición de PM<sub>2.5</sub></b> <sup>(c)</sup>	Ciudades en la Argentina+	112 (48 a 165)	Efecto pendiente/gradiente promedio para ciudades en la Argentina+ en Tabla 1 de Fantke et al. (2019)

Notas

<sup>a</sup> Fracciones de inhalación de PM<sub>2.5</sub> primario, calculadas en partes por millón (ppm), indican miligramos de PM<sub>2.5</sub> inhalado por kilogramo de PM<sub>2.5</sub> emitido.

<sup>b</sup> Fracciones de inhalación de PM<sub>2.5</sub> secundario, calculadas en ppm, indican miligramos de PM<sub>2.5</sub> inhalado por kilogramo de precursor (p. ej. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, o NH<sub>3</sub>) emitido.

<sup>c</sup> Factores efecto indican la cantidad de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) por kilo de PM<sub>2.5</sub> inhalado.

Estimamos que, en comparación con el escenario con valores iniciales (basales) de las normas Euro V, la implementación de las normas Euro VI en 2023 evitaría unas 1950 (836 – 2870) muertes prematuras, y 51 300 (22 000 – 75 600) años de vida perdidos entre 2023 y 2050. Los números entre paréntesis representan los umbrales superiores e inferiores asociados con los factores efecto de la Tabla 6. La implementación de las normas Euro VI dos años antes evitaría unas 150 (64 - 221) muertes prematuras, y 3950 (1690 – 5820) años de vida perdidos, mientras que un retraso de dos años en su aplicación añadiría 150 (65 – 225) muertes prematuras más y 4020 (1720 – 5920) años de vida perdidos, si se lo compara con el escenario de la aplicación de la norma Euro VI en 2023.

## COSTOS Y BENEFICIOS

### COSTOS INCREMENTALES DE LA TECNOLOGÍA

Las normas Euro VI requieren de la aplicación de controles de emisiones estrictos para motores diésel que demuestren su desempeño efectivo en una amplia gama de condiciones de conducción durante la vida útil de los motores (Williams & Minjares, 2016). Los estrictos límites impuestos para el material particulado (PM) y el número de partículas suspendidas (PN) requieren que los motores diésel Euro VI cuenten con DPF. Las emisiones  $\text{NO}_x$  se controlan principalmente utilizando sistemas de recirculación de gases de escape y sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR). En este análisis, tomamos en cuenta los costos incrementales de mejorar los sistemas SCR de Euro V a Euro VI, la instalación y el mantenimiento de los DPF, y sensores mejorados diseñados para evitar su manipulación o alteración.

Además del costo de la nueva tecnología, los sistemas SCR necesitan urea como reactivo, que ayuda a descomponer los  $\text{NO}_x$  en gases menos nocivos. Aunque el consumo de urea representa una fracción menor comparada al consumo diésel, su costo operativo no es insignificante durante la vida de un vehículo. Para compensar estos costos, los fabricantes han mejorado la eficiencia del combustible en motores Euro VI en comparación con motores Euro V. En Europa, donde la urea es más barata que el diésel, el ahorro en combustible compensa, con creces, el consumo adicional por urea (Posada et al., 2019). En este análisis, asumimos de igual manera que los costos por el incremento en consumo de urea por motores Euro VI en comparación con motores Euro V se equilibran por la eficiencia de combustible en los primeros. Este estudio se concentra solamente en los costos de salud evitados asociados a las normas Euro VI. No obstante, los beneficios sociales serán incluso mayores si el valor económico de reducir los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos de corta vida como el carbono (BC) son tomados en cuenta. La introducción de políticas complementarias tales como normas de eficiencia para los vehículos pesados podrían colaborar en el cumplimiento de objetivos climáticos nacionales, mientras se garantizan mayores ahorros en combustibles que se traducen en ahorros operativos.

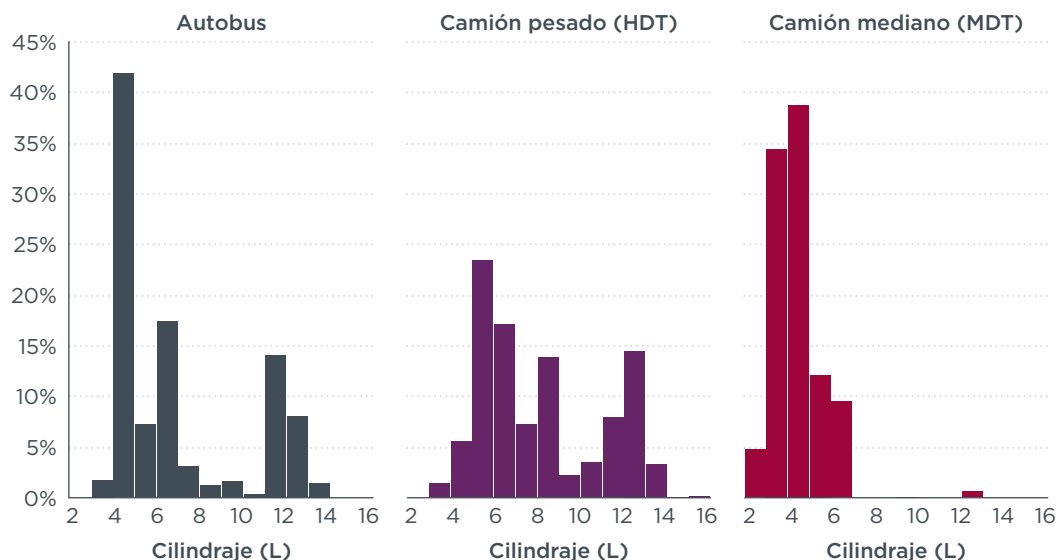
Al igual que otros análisis costo-beneficio para normas Euro VI en otros países (Miller y Façanha, 2016; Miller et al., 2014), hemos aplicado los costos incrementales estimados por tecnología derivados de un análisis de costos de ingeniería *bottom-up*. El ICCT ha realizado dichos análisis para vehículos livianos (Posada et al., 2012), pesados (Posada et al., 2016), y unidades fuera de carretera u off-road (Dallmann et al., 2018). Los costos aplicados en este análisis toman en cuenta los costos directos del fabricante, incluyendo los costos fijos y costos variables por tamaño de motor; también utilizamos un factor multiplicador para costos indirectos.

Los costos indirectos incluyen aquellos por investigación y desarrollo, marketing, transporte, operación de la empresa, operaciones de las instalaciones y garantías. Los multiplicadores para costos indirectos (ICM) se seleccionan generalmente sobre la base de la complejidad tecnológica y tiempos de producción (Rogozhin y otros, 2009). Consideramos la tecnología postratamiento diésel de baja complejidad, ya que la investigación y el desarrollo de sistemas SCR y tecnología de los DPF, así como su integración con los motores, ya han sido solucionados en Europa y otros mercados principales, y no deben desarrollarse nuevos materiales. De manera similar, seleccionamos los ICM sobre la base de costos a largo plazo, ya que las tecnologías Euro VI equivalentes ya han sido fabricadas hace más de una década. El ICM que hemos aplicado es de 1.125 sobre la base del total de garantía, más no garantías a largo plazo para los motores diésel (EPA, 2016).<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Ver Tabla 2-119 de la evaluación sobre el impacto regulatorio.

Este análisis toma en cuenta los recientes cambios en los costos de ciertos componentes desde la publicación de estudios de costos anteriores. En primer lugar, los precios de los metales preciosos (platino y paladio) han sido actualizados para que reflejen los precios promedio durante los últimos seis meses. Los proveedores de sensores NO<sub>x</sub> y de temperatura para el sector automotor han bajado sustancialmente sus precios ya que China e India han empezado a requerir de estas tecnologías en sus últimos modelos. De igual manera, los costos de los DPF han bajado a medida que se ha generalizado su despliegue en los Estados Unidos, Europa y China, resultando en un aumento en la comercialización de los sustratos de los DPF.

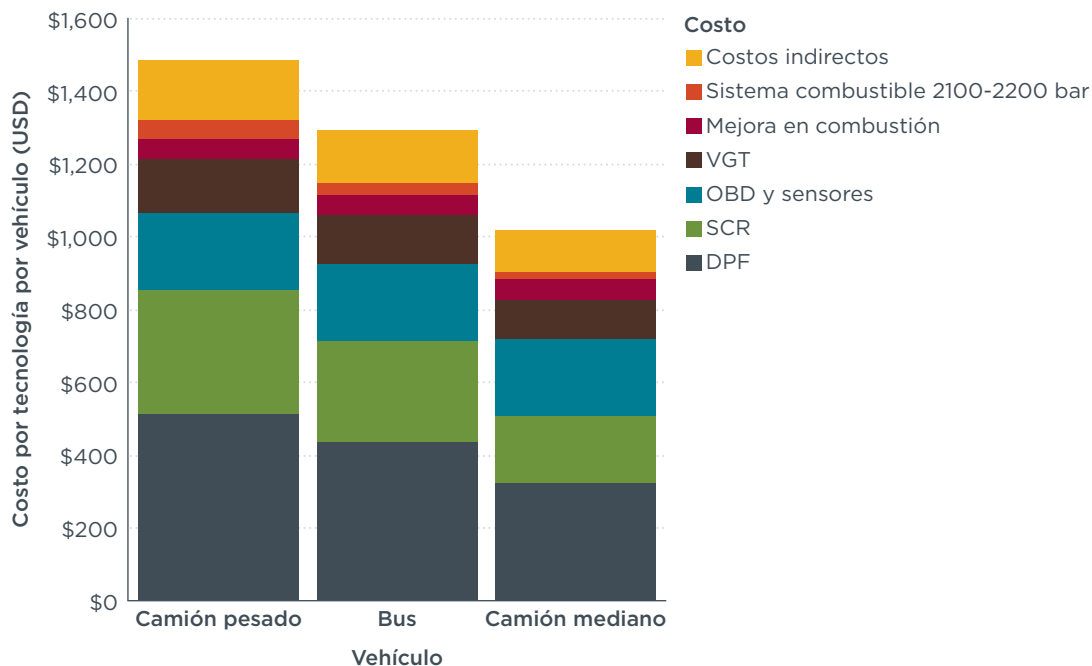
Además de tomar en cuenta los desarrollos internacionales de los mercados, hemos ajustado en este análisis los costos incrementales por tecnología para que reflejen los tamaños promedio de los motores de los vehículos pesados en la Argentina. El desplazamiento del motor es importante para poder determinar los costos de la tecnología, ya que el tamaño de los sistemas postratamiento se ajusta para tratar a los gases que viajan a lo largo del tubo de escape. Hemos agrupado a los vehículos pesados en Argentina en tres segmentos, y luego calculamos el tamaño del motor promedio para cada segmento con los datos de Promotive (Figura 9).



**Figura 9.** Porcentaje de parque vehicular de pesados por tamaño de motor y tipo de vehículo

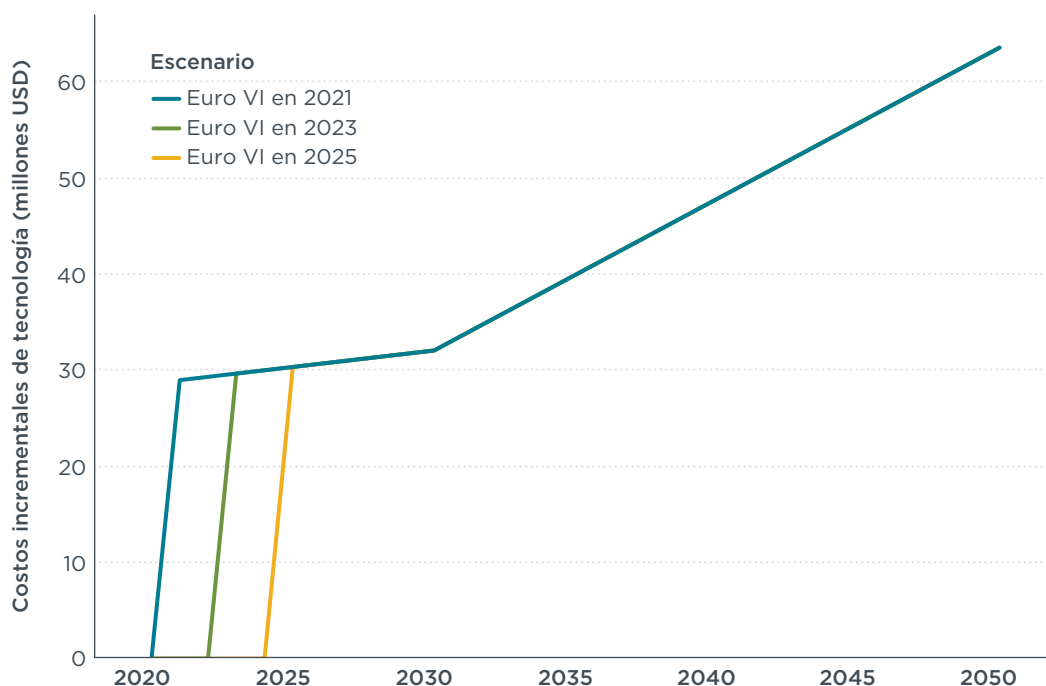
En la Figura 10 podemos ver los costos incrementales por tecnología por vehículo estimados para poder cumplir con las Euro VI. Estimamos que los costos de los fabricantes para cumplir con las normas Euro VI en lugar de las Euro V promedian entre los USD\$1000 - USD\$1500 por vehículo, siendo los costos menores para motores más pequeños y mayores para motores más grandes. Estas estimaciones se presentan en dólares estadounidenses ya que los precios en pesos argentinos dependen del cambio de divisa y lugar de fabricación. Los mayores costos, si lo comparamos a motores Euro V, son la inclusión del DPF y las mejoras en sistemas SCR, lo que corresponde a más de la mitad de todos los costos incrementales. Se incurren en costos adicionales por la inclusión de tecnologías para controlar el porcentaje aire-combustible del motor y para mejorar la combustión. Los equipos de diagnóstico a bordo y sensores de emisiones corresponden a los demás costos de manufactura directos. Adicionalmente, hemos aplicado un ajuste por costos indirectos como se describió anteriormente.





**Figura 10.** Costos de tecnología por vehículo para cumplir con Euro VI en comparación a Euro V. VGT, turbocargador de geometría variable; OBD, diagnóstico de a bordo; SCR, reducción catalítica selectiva; DPF, filtro de partículas diésel.

Los costos incrementales de la tecnología de la flota total fueron calculados multiplicando los costos por vehículo de cada segmento de pesados por el volumen de ventas proyectadas en cada año calendario, siendo el año de partida aquel en el que se presume que las normas Euro VI equivalentes sean aplicables para todas las ventas y patentamientos (registros) de vehículos pesados nuevos en Argentina. Como puede verse en la Figura 11, el total de costos incrementales para los fabricantes de vehículos pesados se estima en USD\$30 millones anuales aproximadamente con base en los niveles actuales de ventas de vehículos pesados. Realizar variaciones a los supuestos de ventas proyectados para vehículos pesados afectaría la magnitud de los beneficios y costos estimados, aunque no se espera que afecte qué escenario entrega con mayores beneficios.



**Figura 11.** Costos incrementales de tecnología para las normas Euro VI, 2020-2050

## VALORES DE LOS BENEFICIOS EN LA SALUD

La Figura 12 presenta los beneficios en salud estimados de las normas Euro VI equivalentes para el periodo 2020 a 2050. Debido a que estos vehículos permanecerán en circulación durante muchos años, las diferencias en beneficios para la salud pueden observarse durante un plazo mayor a los 20 años, en comparación a los costos asociados a tecnologías que solo se diferencian en un período de cuatro años. En otras palabras, más allá de la decisión de adoptar las normas Euro VI equivalentes, las decisiones sobre políticas a corto plazo acerca de acelerar o no su implementación tendrá un efecto temporal sobre los costos de la tecnología para los vehículos pesados, pero tendrá un efecto a largo plazo sobre la calidad de aire y la salud de los argentinos. La comparación de los costos y beneficios se detallan en la próxima sección.

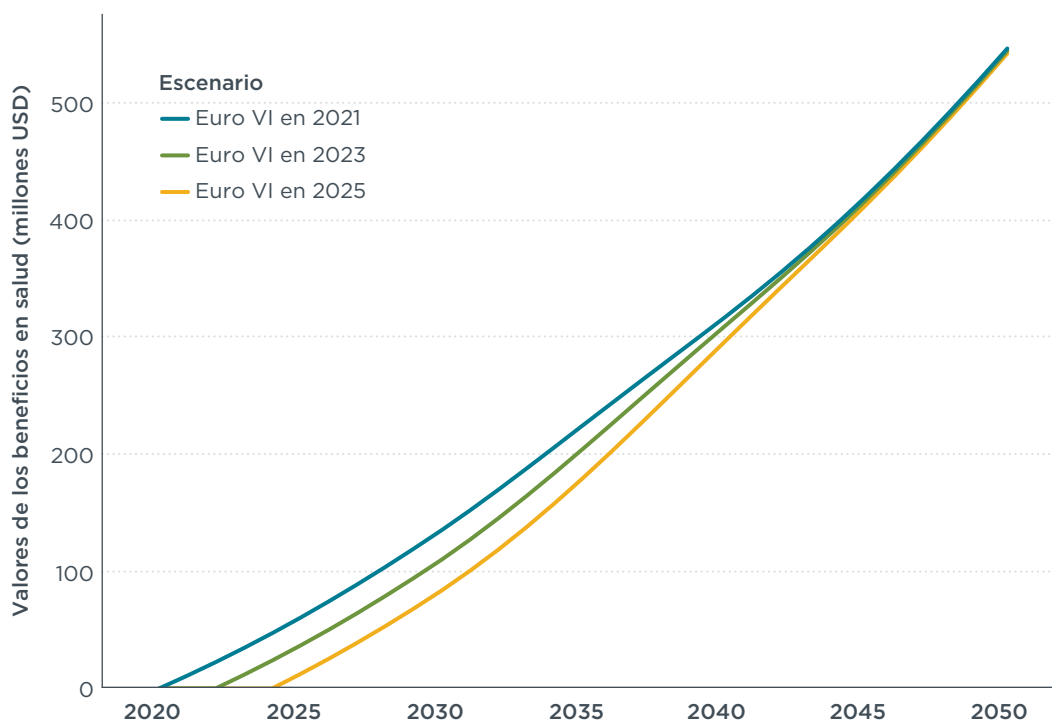


Figura 12. Valor anual de los beneficios en la salud de las normas Euro VI, 2020–2050

## COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS

La Tabla 7 compara los costos acumulados privados, beneficios en salud y beneficios netos de las normas Euro VI para dos periodos: del 2021 al 2035 y del 2021 al 2050. En estos tres escenarios, los beneficios en salud de las normas Euro VI excederían sustancialmente los costos de su cumplimiento en ambos periodos. Si se compara con la introducción de Euro VI en 2023, el hacerlo dos años antes añadiría USD\$124 millones, o un 38%, a los beneficios para los siguientes 15 años. Por el contrario, el retrasar los estándares Euro VI hasta el 2025, en comparación a hacerlo en 2023, disminuiría los beneficios netos durante los siguientes 15 años en USD\$108 millones, un 33%, y en USD\$232 millones, o un 51%, en comparación a realizarlo en 2021.

Comparado con este periodo de 15 años, los beneficios netos de las normas Euro VI son aproximadamente entre tres y seis veces mayores cuando se mira hacia el 2050, quedando reflejada la divergencia continua de las trayectorias de emisiones bajo Euro V en comparación a Euro VI. Si el horizonte fuera de 30 años, en los tres escenarios por cada dólar invertido en cumplir con esta norma se generarían USD\$3.60 en beneficios de salud.

**Tabla 7.** Beneficios netos acumulados para las normas Euro VI entre 2021 y 2035 y entre 2021 y 2050

**Beneficios netos sobre el periodo 2021 a 2035 (15 años)**

Escenario	Costos acumulados privados (millones USD\$)	Beneficios acumulados en salud (millones USD\$)	Beneficios netos (millones USD\$)
Euro VI en 2021	325	776	451
Euro VI en 2023	267	593	327
Euro VI en 2025	213	433	219

**Beneficios netos sobre el periodo 2021 a 2035 (30 años)**

Escenario	Costos acumulados privados (millones USD\$)	Beneficios acumulados en salud (millones USD\$)	Beneficios netos (millones USD\$)
Euro VI en 2021	620	2202	1583
Euro VI en 2023	559	1990	1432
Euro VI en 2025	502	1787	1285

## DISCUSIÓN

Aunque hemos caracterizado las emisiones de la flota actual de vehículos pesados en Argentina utilizando datos que representan más de 400 000 vehículos pesados en carretera, existen todavía incertidumbres respecto de cómo el kilometraje anual y las eficiencias en el consumo de combustibles varían entre tipos, usos y edades de los vehículos pesados. Esfuerzos adicionales para mejorar las bases de datos nacionales de patentamientos (registros) y recopilar información de operadores de flotas ayudaría a mitigar estas incertidumbres. Aunque estos factores podrían tener un efecto significativo sobre las estimaciones actuales de emisiones de vehículos pesados, se espera que estos tengan un efecto menor en la comparación entre las normas Euro V y Euro VI.

Se estimaron factores de emisión asociados a la tecnología de los vehículos pesados en Argentina derivados de fuentes europeas. A pesar de que estos factores de emisión son razonables porque la Argentina ha seguido el camino regulatorio europeo en cuanto a emisiones para vehículos pesados, existen ciertos factores que podrían causar que las emisiones de vehículos pesados en Argentina se desvíen de aquellas de vehículos pesados certificados bajo estándares similares. Es de notar que la mayoría de los vehículos pesados en Argentina tienen su origen en Brasil, donde problemas con el cumplimiento de las normas PROCONVE P-7 (Euro V equivalente) ha dado lugar a un inadecuado uso de la urea y de emisiones  $\text{NO}_x$  por encima de lo esperado (Façanha, 2016). Ya que hay temas parecidos con los camiones Euro V en Argentina, esto reforzaría el argumento de la necesidad de migrar hacia las normas Euro VI con salvaguardas más estrictas respecto del cumplimiento, lo cual es particularmente importante para el control de las emisiones  $\text{NO}_x$  en la vida real (Williams & Minjares, 2016). Todo ello subraya la importancia de reforzar el cumplimiento y los programas de aplicación como componente esencial en la implementación de normas más estrictas.

Este estudio asume que todos los vehículos Euro V y VI utilizan combustibles ultra bajos en azufre, como se requiere para un desempeño efectivo de sus tecnologías para el control de emisiones. Sin embargo, los datos provistos por la Secretaría de Energía indica que el precio de venta (minorista) del diésel Grado 3 (10 ppm de azufre) es, en promedio, casi un 20% más alto que el del diésel Grado 2, lo que fomenta la carga de combustible no adecuado en camiones Euro V y Euro VI. La incorrecta carga de combustible puede causar mayores niveles de  $\text{SO}_2$  y emisiones de sulfatos, e interfiere con la reducción de otros contaminantes como los  $\text{NO}_x$ . Algunas opciones de políticas disponibles podrían reducir o eliminar la carga incorrecta. Una opción sería la introducción de impuestos diferenciados para el combustible que lleven el precio minorista del diésel Grado 3 más cerca, o ligeramente por debajo, del precio del diésel Grado 2. Dichos diferenciales impositivos en surtidores o estaciones de servicio han sido exitosos al momento de acelerar la transición hacia combustibles más limpios en el Reino Unido, Alemania y Hong Kong (He, 2013). Una segunda opción sería el fijar plazos de tiempo para el marco regulatorio con miras a que el suministro de diésel en Argentina cumpla con especificaciones de Grado 3. Este abordaje está alineado con las mejores prácticas internacionales y se aplica en los Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea, Japón, Corea del Sur y otros mercados líderes en temas regulatorios (Miller & Jin, 2019).

Evaluamos los beneficios en salud asociados a las potenciales reducciones en emisiones de escape utilizando estimaciones derivadas de la literatura disponible de fracciones de inhalación (respirables) y factores efecto. Si consideramos que la fracción de inhalación promedio de  $\text{PM}_{2.5}$  del escape es casi 100 veces más alta en zonas urbanas de la Argentina que en zonas rurales, el aumento de tránsito de camiones y autobuses en zonas urbanas podrían sobrepasar los impactos sobre calidad del aire y salud pública urbanos. Nuestro supuesto de que el 36.5% de la actividad ocurre en

zonas urbanas se basa en un inventario de todos los tipos de vehículos, y podría no representar adecuadamente la distribución espacial de la actividad de los vehículos pesados. La estimación para los autobuses es probablemente demasiado baja, ya que esta categoría incluye a los autobuses de largas distancias y a los urbanos, y es incierta para los camiones, lo que subraya la necesidad de inventarios de emisiones mucho más detallados. Debido a la mayor exposición en zonas urbanas, las políticas municipales o provinciales como zonas de bajas emisiones y la transición hacia flotas de autobuses urbanos de cero emisiones podrían superar los beneficios para la salud adicionalmente de los beneficios de las normas Euro VI a nivel nacional.

Argentina ya ha comenzado a explorar las potenciales aplicaciones locales de los autobuses eléctricos. En mayo de 2019, Buenos Aires inició un programa piloto de un año para autobuses eléctricos ([Resolución 284/2019](#)). Si bien la adquisición y operación de las unidades fueron gestionadas por entidades privadas, el Ministerio de Transporte supervisa el experimento, y ha otorgado importantes exenciones impositivas para estos autobuses. En Brasil, un análisis del ICCT del parque de autobuses de São Paulo encontró que los autobuses eléctricos podrían lograr las mayores reducciones en emisiones de contaminantes atmosféricos y dióxido de carbono, y un menor costo de propiedad que las unidades actuales diésel Euro V (Dallmann, 2019). A medida que crece el mercado global para los autobuses eléctricos, la reducción en costos de manufactura se espera que logre convertirlos en una opción más viable para las flotas de autobuses urbanos en el mundo (Miller et al., 2017). Es más, los beneficios en emisiones de bióxido de carbono provenientes del ciclo de vida de los combustibles de vehículos eléctricos a batería pueden mejorarse aun más con acciones complementarias para limpiar la matriz energética, acciones como políticas para energías renovables.

Algunos resultados relacionados con la salud no han sido evaluados en este análisis. Entre los resultados excluidos tenemos a las muertes prematuras relacionadas al ozono, los impactos del NO<sub>2</sub> sobre la incidencia del asma en niños y las visitas a centros de emergencia médicas (Urgencias), los impactos sobre la salud por cercanía a carreteras, los posibles efectos sobre la salud de las emisiones de número de partículas (PN), y el impacto potencial sobre la salud de la contaminación atmosférica sobre la enfermedad renal crónica, nacimientos prematuros y el deterioro cognitivo (Anenberg et al., 2019). Si se consideran estos marcadores sobre salud se podrían incrementar los beneficios netos estimados de las normas Euro VI.

Este análisis ha considerado los costos y beneficios de las normas Euro VI para los vehículos pesados a ciclo diésel, ya que el diésel es el combustible más utilizado para los camiones y autobuses en Argentina. No evaluamos los costos y beneficios de estas normas para motores de encendido positivo (alimentados por gasolina o gas). Adicionalmente, si bien la mayoría de los *feedstocks* o fuentes de diésel de primera generación no otorgan beneficios sustanciales desde la perspectiva de gases de efecto invernadero o la medioambiental cuando se toman en cuenta las emisiones del ciclo de vida de los combustibles (Searle, 2019), tampoco esperamos que las mezclas de biodiesel actuales en Argentina impedirían el funcionamiento de las tecnologías Euro VI (Dallmann, 2018). Por ende, no consideramos las mezclas de biodiesel en este análisis. En el caso de los motores de encendido positivo, las tecnologías costo-efectivas están disponibles para permitir su cumplimiento con los niveles de emisión de las Euro VI (Posada, 2010; Rodríguez, 2019). La introducción de las normas Euro VI equivalentes para motores de encendido positivo, además de los motores de encendido por compresión, o diésel, salvaguardaría los potenciales aumentos en emisiones de metano y PN en caso de que aumentase el porcentaje de vehículos pesados a gas.

Este estudio encontró que aunque las normas Euro V han estado vigentes en la Argentina desde 2016, la mayoría de los vehículos pesados circulantes están

certificados bajo norma Euro III o anterior. También, aproximadamente, la mitad de los vehículos pesados tiene una edad superior a los 10 años. Debido a que las normas para emisiones como la Euro V y Euro VI se aplican generalmente para vehículos nuevos solamente, las acciones complementarias para apoyar la renovación de la flota podrían tener un papel importante para acelerar los beneficios en salud de las normas Euro VI. La renovación de la flota ha sido identificada como un área importante a investigar entre muchas economías del G-20, en especial para países que han introducido recientemente, o están por hacerlo, normas para emisiones más estrictas (Miller, 2020).

## CONCLUSIÓN

Este estudio coincide con el aceleramiento mundial hacia una transición hacia los vehículos libres de hollín y normas para combustibles. Cada vez más países realizan acciones para reducir los efectos sobre la salud que tienen las emisiones de escape de vehículos y mitigar los impactos de contaminantes climáticos de corta vida, incluido el carbono negro (BC) de los motores diésel. Esta tendencia sigue la dirección de estudios similares llevados a cabo por Brasil, México y otros países, todos los cuales hallaron que los beneficios sociales de las normas Euro VI equivalentes son mucho mayores que los costos del sector para cumplir con ellos. Utilizamos datos locales de la flota de pesados en la Argentina para comparar costos y beneficios al implementar las normas Euro VI equivalentes en la Argentina en 2021, 2023 o 2025. Estos plazos están alineados con Brasil y Colombia en 2023, o su implementación, sea dos años antes o después.

Estimamos que por cada dólar invertido para cumplir con normas Euro VI equivalentes se generarían USD\$3.60 dólares en beneficios en salud durante los próximos 30 años. Destacamos que los resultados también muestran que, aunque las decisiones sobre cuándo implementar las normas Euro VI equivalentes en la Argentina tendrían solo un impacto temporal sobre los costos de fabricación de los vehículos pesados, los efectos positivos sobre la calidad del aire y resultados sobre la salud de los argentinos permanecería a largo plazo. La introducción de la Euro VI en 2023, en comparación a realizarlo dos años antes, añadiría USD\$124 millones, 38%, en beneficios netos en los siguientes 15 años. Por lo contrario, demorar la Euro VI hasta el 2025 disminuiría los beneficios netos para los siguientes 15 años en USD\$108 millones, o un 33%, si lo comparamos a hacerlo en 2023, o a USD\$232 millones, un 51%, si se hace para el 2021.

Estos hallazgos subrayan los beneficios sociales de implementar, en cuanto sea posible, las normas Euro VI en Argentina. Al considerar que la mayoría los vehículos pesados nuevos en Argentina se originan en Brasil, recomendamos que Argentina considere alinearse con el plan brasileño de introducir normas Euro VI equivalentes, efectivas para nuevos modelos desde el 1 de enero de 2022, y para todas las nuevas ventas y nuevos patentamientos o registros desde el 1 de enero de 2023. Si tenemos en cuenta los grandes beneficios netos que mencionamos anteriormente por una temprana introducción, Argentina debería considerar la creación de incentivos en aquellos casos de temprana adopción, o por renovación de flotas con vehículos Euro VI.

Además de los beneficios locales para la salud pública, la implementación de las normas Euro VI equivalentes en la Argentina reducirían las emisiones de BC en un estimado 97% en comparación con el escenario de línea base al 2050, colaborando con los compromisos de Argentina respecto de llevar a cabo medidas pertinentes respecto de la acción para la reducción de contaminantes climáticos al ser miembro del CCAC y participante en las iniciativas de vehículos pesados (HDV) y SNAP (Apoyo a la Planificación Nacional para la Acción en materia de CCVC).

Por último, como se expuso anteriormente, existen ciertas acciones complementarias que merecen una consideración especial en el caso argentino. Esto incluye evitar la carga errónea de combustibles mediante el ajuste de los impuestos al combustible para reducir o eliminar la penalidad en precios sobre el diésel Grado 3; planificar que, a nivel nacional, el único diésel disponible sea Grado 3; evaluar las opciones de políticas para acelerar la renovación de la flota; y considerar políticas locales como zonas de emisión cero y una migración hacia autobuses eléctricos.

## REFERENCIAS

- Anenberg, S. C., Miller, J., Henze, D. K., Minjares, R., & Achakulwisut, P. (2019). The global burden of transportation tailpipe emissions on air pollution-related mortality in 2010 and 2015. *Environmental Research Letters*, 14(9), 094012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab35fc>
- Anenberg, S. C., Miller, J., Minjares, R., Du, L., Henze, D. K., Lacey, F., ... Heyes, C. (2017). Impacts and mitigation of excess diesel-related NO<sub>x</sub> emissions in 11 major vehicle markets. *Nature*, 545(7655), 467–471. <https://doi.org/10.1038/nature22086>
- Anenberg, S., Miller, J., Henze, D., & Minjares, R. (2019). *A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation. <https://www.theicct.org/publications/health-impacts-transport-emissions-2010-2015>
- Asociación de Concesionarios de Automotores de la República Argentina. (2017). Trabajos de análisis del sector automotor. [http://www.acara.org.ar/estudios\\_economicos/trabajos.php](http://www.acara.org.ar/estudios_economicos/trabajos.php)
- Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes. (2018). Flota circulante en Argentina. Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes. [http://www.automotrix.com.ar/adm/enviosmasivos/Plantillas/COMUNICADOS%20DE%20PRENSA/FLOTA\\_CIRCULANTE2018.pdf](http://www.automotrix.com.ar/adm/enviosmasivos/Plantillas/COMUNICADOS%20DE%20PRENSA/FLOTA_CIRCULANTE2018.pdf)
- Asociación de Fábricas de Automotores. (2018). Parque automotor. <http://www.adeffa.org.ar/upload/anuarios/anuario2018/6.pdf>
- Blumberg, K. (2018). *Mexico heavy-duty vehicle emission standards*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation. <https://www.theicct.org/publications/mexico-heavy-duty-vehicle-emission-standards>
- Dallmann, T. (2018, August 1). *To B10 or not to B10: Reference fuel debates should not delay adoption of world-class heavy-duty vehicle emission standards in Brazil* | International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/blog/staff/brazil-p8-reference-fuel-qs-20180801>
- Dallmann, T. (2019). *Climate and air pollutant emissions benefits of bus technology options in São Paulo*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, <https://theicct.org/publications/climate-and-air-pollutant-emissions-benefits-bus-technology-options-sao-paulo>
- Dallmann, T., Posada, F., & Bandivadekar, A. (2018). *Costs of emission reduction technologies for diesel engines used in non-road vehicles and equipment* (p. 26). Retrieved from the International Council on Clean Transportation, <https://www.theicct.org/publications/emission-reduction-tech-cost-non-road-diesel>
- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2019a). 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles. In *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/view>
- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2019b). 1.A.3.b.i-iv Road transport 2019. In *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i>
- Façanha, C. (2016). *Deficiencies in the Brazilian PROCONVE P-7 and the case for P-8 standards*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Brazil%20P-7%20Briefing%20Paper%20Final\\_revised.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Brazil%20P-7%20Briefing%20Paper%20Final_revised.pdf)
- Fantke, P., Jolliet, O., Apte, J. S., Hodas, N., Evans, J., Weschler, C. J., ... McKone, T. E. (2017). Characterizing aggregated exposure to primary particulate matter: Recommended intake fractions for indoor and outdoor sources. *Environmental Science & Technology*, 51(16), 9089–9100. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02589>
- Fantke, P., McKone, T. E., Tainio, M., Jolliet, O., Apte, J. S., Stylianou, K. S., ... Evans, J. S. (2019). Correction to “Global effect factors for exposure to fine particulate matter.” *Environmental Science & Technology*, 53(17), 10534–10534. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04486>
- Dirección General de Estadística y Censos. (2015). *Lines, passengers transported, kilometers traveled and collection (thousands of pesos) by fare group and category of urban automotive passenger transport. Metropolitan Region of Buenos Aires. Years 1995/2016*. <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=29194>
- Giechaskiel, B. (2018). Solid particle number emission factors of Euro VI heavy-duty vehicles on the road and in the laboratory. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 304. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020304>
- He, H. (2013). *Policy measures to finance the transition to lower sulfur motor fuels*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_LSF-fiscalpolicy\\_June2013.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LSF-fiscalpolicy_June2013.pdf)
- Health Effects Institute. (2019). *State of global air 2019*. <https://www.stateofglobalair.org/data/#/air/map>
- Humbert, S., Marshall, J. D., Shaked, S., Spadaro, J. V., Nishioka, Y., Preiss, P., ... Jolliet, O. (2011). Intake fraction for particulate matter: Recommendations for life cycle impact assessment. *Environmental Science & Technology*, 45(11), 4808–4816. <https://doi.org/10.1021/es103563z>



- IEA. (2017). *World energy balances (2017 edition)*. OECD/IEA. <http://wds.iea.org/WDS/tableviewer/document.aspx?FileId=1574>. Licence: [www.iea.org/t&c](http://www.iea.org/t&c); as modified by ICCT.
- IEA, & AIE. (2017). *Energy technology perspectives 2017: Catalysing energy technology transformations*. IEA; AIE.
- IEA-AMF. (2016, October). *Annex 49: "COMVEC": Fuel and technology alternatives for commercial vehicles*. [https://www.iea-amf.org/app/webroot/files/file/Annex%20Reports/AMF\\_Annex\\_49\\_KeyMessages.pdf](https://www.iea-amf.org/app/webroot/files/file/Annex%20Reports/AMF_Annex_49_KeyMessages.pdf)
- Miller, J. (2020). *Workshop report: 2019 meeting of the G-20 Transport Task Group*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [https://theicct.org/sites/default/files/publications/TTGworkshop\\_Dec2019\\_report\\_0.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/TTGworkshop_Dec2019_report_0.pdf)
- Miller, J., Blumberg, K., & Sharpe, B. (2014). *Cost-benefit analysis of Mexico's heavy-duty emission standards (NOM 044)*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_MexicoNOM-044\\_CBA\\_20140811.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_MexicoNOM-044_CBA_20140811.pdf)
- Miller, J. D., & Jin, L. (2018). *Global progress toward soot-free diesel vehicles in 2018*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, <https://www.theicct.org/publications/global-progress-toward-soot-free-diesel-vehicles-2018>
- Miller, J., & Façanha, C. (2016). *Cost-benefit analysis of Brazil's heavy-duty emission standards (P-8)*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/P-8%20White%20Paper\\_final.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/P-8%20White%20Paper_final.pdf)
- Miller, J., & Lingzhi Jin. (2019). *Global progress toward soot-free diesel vehicles in 2019*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, <https://theicct.org/publications/global-progress-toward-soot-free-diesel-vehicles-2019>
- Miller, J., Minjares, R., Dallmann, T., & Jin, L. (2017). *Financing the transition to soot-free urban bus fleets in 20 megacities*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [http://theicct.org/sites/default/files/publications/Soot-Free-Bus-Financing\\_ICCT-Report\\_11102017\\_vF.pdf](http://theicct.org/sites/default/files/publications/Soot-Free-Bus-Financing_ICCT-Report_11102017_vF.pdf)
- Miller, J., & Posada, F. (2019). *Brazil PROCONVE P-8 emission standards* (p. 8). Retrieved from the International Council on Clean Transportation, <https://theicct.org/publications/brazil-proconve-p-8-emission-standards>
- Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia. (2019). *Law 1972 of 2019*. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Ley%201972%20de%202019.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Ley%201972%20de%202019.pdf)
- Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística. (2019). *Cargas domésticas*. <https://www.argentina.gob.ar/transporte/cargas-y-logistica/estudio-nacional-de-cargas/estimacion-particion-modal-cargas-domesticas>
- National Observatory of Transport Data (ONDaT). (2016). *Parque móvil de los servicios públicos de transporte de pasajeros por ómnibus*. <http://ondat.fra.utn.edu.ar/?p=859>
- Observatorio Nacional de Datos de Transporte (ONDaT). (2017). *Parque automotor de vehículos de carga*.
- OCDE.Stat. (2020). *Mortality, morbidity and welfare cost from exposure to environment-related risks*. [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EXP\\_MORSC](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EXP_MORSC)
- Ohlwein, S., Kappeler, R., Kutlar Joss, M., Künzli, N., & Hoffmann, B. (2019). Health effects of ultrafine particles: A systematic literature review update of epidemiological evidence. *International Journal of Public Health*, 64(4), 547-559. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01202-7>
- Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles [International Organization of Automobile Manufacturers]. (n.d.). *2005-2018 sales statistics*. <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>
- Posada, F. (2010). *CNG bus emissions roadmap*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publications/cng-bus-emissions-roadmap>
- Posada, F., Chambliss, S., & Blumberg, K. (2016). Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles. *ICCT White Paper*. [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_costs-emission-reduction-tech-HDV\\_20160229.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_costs-emission-reduction-tech-HDV_20160229.pdf)
- Posada, F., Miller, J., Delgado, O., & Minjares, R. (2019). *2018 South America summit on vehicle emissions control* (p. 19). International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publications/2018-South-America-Summit-vehicle-emissions-report>
- Posada Sanchez, F., Bandivadekar, A., & German, J. (2012). *Estimated cost of emission reduction technologies for light-duty vehicles* (p. 136). The International Council on Clean Transportation. [http://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_LDVCostsreport\\_2012.pdf](http://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LDVCostsreport_2012.pdf)
- Promotive SA. (2019). *Argentina heavy-duty vehicle fleet database [dataset]*.
- Puliafito, S. E., Allende, D. G., Castesana, P. S., & Ruggeri, M. F. (2017). High-resolution atmospheric emission inventory of the Argentine energy sector. Comparison with edgar global emission database. *Heliyon*, 3(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00489>

- Rodríguez, F. (2019). *Comments to the European Commission on the update to the HDV rule on emissions type approval testing: Euro VI, Step E*. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/news/comments-european-commission-update-hdv-rule-emissions-type-approval>
- Rogozhin, A., Gallaher, M., & McManus, W. (2009). *Automobile industry retail price equivalent and indirect cost multipliers* (No. EPA-420-R-09-003). United States Environmental Protection Agency. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100AGJ1.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRes=trict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5Cindex%20Data%5C06thru10%5Ctxt%5C00000025%5CP100AGJ1.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL#>
- Searle, S. (2019, December 13). *Will someone please tell me if biofuels are good or bad for the environment?* <https://theicct.org/blog/staff/will-someone-please-tell-me-if-biofuels-are-good-or-bad-environment>
- Secretaría de Energía. (2017). *Precios y volúmenes EEES - Resolución 1104/04*. <http://datos.minem.gob.ar/dataset/precios-eess---resolucion-1104-04>
- Secretaría de Energía. (2019). *Balances energéticos*. <http://datos.minem.gob.ar/dataset/balances-energeticos>
- Stanaway, J. D., Afshin, A., Gakidou, E., Lim, S. S., Abate, D., Abate, K. H., ... Murray, C. J. L. (2018). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1923–1994. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)
- The World Bank. (2020). *Population, total*. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2015). *Speciation of total organic gas and particulate matter emissions from on-road vehicles in MOVES2014* (MOVES2014 Technical Documentation). US EPA. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100NOJG.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (2016). *Greenhouse gas emissions and fuel efficiency standards for medium- and heavy-duty engines and vehicles—Phase 2—Regulatory impact analysis* (EPA-420-R-16-900). United States Environmental Protection Agency.
- Vassallo, J. E. (2018). Status of emission control science and technology in Argentina. *Emission Control Science and Technology*, 4(2), 73–77. <https://doi.org/10.1007/s40825-018-0091-9>
- Williams, M., & Minjares, R. (2016). *A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards*. Retrieved from the International Council on Clean Transportation, [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Euro6-VI\\_briefing\\_jun2016.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Euro6-VI_briefing_jun2016.pdf)