

# Norma de emisiones de CO<sub>2</sub> para alcanzar la meta de electrificación de vehículos ligeros de México al 2030

Tanzila Khan, Carlos Jimenez, Leticia Pineda, Zifei Yang, Josh Miller y Arijit Sen

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales mercados de vehículos ligeros (LDV, por su sigla en inglés). En 2023, el país ocupó el puesto no. 12 a nivel mundial en términos de ventas domésticas, con un total de 1.4 millones de vehículos comercializados<sup>1</sup>. Los vehículos en circulación en México son responsables de más del 90% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del sector transporte, representando casi una cuarta parte de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del país<sup>2</sup>. En 2012, para reducir las emisiones de los LDV—que contribuyen aproximadamente el 65% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte por carretera—México implementó las primeras normas de emisiones de CO<sub>2</sub> para vehículos ligeros nuevos<sup>3</sup>. Estas normas establecieron metas anuales en g CO<sub>2</sub>/km hasta 2016, con una extensión posterior hasta 2018<sup>4</sup>.

A finales de 2022, cuando México presentó su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por su sigla en inglés) actualizada como parte de su compromiso bajo el Acuerdo de París, se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 35% en toda la economía y en un 22% en el sector transporte para 2030, en comparación

1 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, “Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros”, consultado el 12 de enero de 2024, [https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Datos_abiertos).

2 “Mexico”, Climate Action Tracker, última modificación el 12 de diciembre de 2022, <https://climateactiontracker.org/countries/mexico/policias-action/>; “Mexico”, Agencia Internacional de Energía, consultado el 8 de agosto de 2024, <https://www.iea.org/countries/mexico/emissions>.

3 Esta estimación de la participación de los vehículos ligeros en las emisiones del transporte se obtuvo del modelo Roadmap del Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT), versión 2.5 (2024), <https://theicct.github.io/roadmap-doc/versions/v2.5/>.

4 NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, Emisiones de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) Provenientes del Escape y Su Equivalencia en Términos de Rendimiento de Combustible, Aplicable a Vehículos Automotores Nuevos de Peso Bruto Vehicular de Hasta 3 857 Kilogramos, 21 de junio de 2023, [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013#gsc.tab=0).

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

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

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

**icct**  
CONSEJO INTERNACIONAL  
DE TRANSPORTE LIMPIO

con el escenario Base<sup>5</sup>. Al mismo tiempo, México anunció el objetivo de que el 50% de las ventas de vehículos ligeros nuevos sean de cero emisiones para 2030<sup>6</sup>. Si bien esto representa un aumento significativo respecto de la participación del 1.3% de ventas de vehículos eléctricos (EV, por su sigla en inglés) para vehículos ligeros en 2023, no es irreal en comparación con los ambiciosos objetivos de ventas de vehículos de cero emisiones (ZEV, por su sigla en inglés) y los requisitos en otros mercados importantes, incluidos Canadá, Europa, el Reino Unido y Estados Unidos<sup>7</sup>. México también es signatario de la Declaración Global de Vehículos de Cero Emisiones y, junto con otras economías en desarrollo, se ha comprometido a alcanzar el 100% de ventas de vehículos de cero emisiones para 2040<sup>8</sup>.

La segunda fase de la norma oficial mexicana de CO<sub>2</sub> se adoptó en enero de 2024, luego de un vacío regulatorio desde 2019<sup>9</sup>. Este informe evalúa el impacto de la Fase 2 de la norma sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> y concluye que, debido a numerosas flexibilidades de cumplimiento, no pondrá a México en el camino correcto para cumplir sus objetivos climáticos y de electrificación. Además, se modelaron los impactos de escenarios de políticas alternativas que podrían ayudar a alcanzar la meta de electrificación de México para 2030.

## CONTEXTO REGULATORIO

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publicó la Fase 2 de la norma federal de emisiones de GEI, NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023 (NOM 163), en enero de 2024. Esta norma se aplica a vehículos ligeros con un peso bruto vehicular de hasta 3,857 kg<sup>10</sup>. La norma establece límites anuales obligatorios de CO<sub>2</sub> para los vehículos ligeros nuevos año-modelo 2025-2027 y fijan límites voluntarios y retrospectivos para los vehículos año-modelo 2019-2024.

La NOM 163 regula las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del tubo de escape y establece límites anuales en g CO<sub>2</sub>/km para los fabricantes. Cada fabricante debe cumplir con un límite promedio ponderado por ventas, calculado a partir del desempeño y la huella de CO<sub>2</sub> de los vehículos vendidos en un año determinado.

5 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional NDC de México 2022* (2024), [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/937518/06\\_2024.ACTUALIZACION\\_DE\\_LA\\_CONTRIBUCION\\_DETERMINADA\\_A\\_NIVEL\\_NACIONAL\\_190624\\_Rev2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/937518/06_2024.ACTUALIZACION_DE_LA_CONTRIBUCION_DETERMINADA_A_NIVEL_NACIONAL_190624_Rev2.pdf). Las NDC son planes y compromisos que los países presentan a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático cada cinco años como parte del Acuerdo de París de 2015.

6 “Mexico, Governments in Emerging Markets and Developing Economies”, Accelerating to Zero Coalition, consultado el 18 de septiembre de 2024, <https://acceleratingtozero.org/signatories/mexico/>.

7 La participación de ventas de vehículos eléctricos incluye tanto los vehículos eléctricos de batería como los vehículos eléctricos híbridos enchufables; estos últimos no son considerados vehículos de cero emisiones, ya que cuentan con un motor de combustión y generan emisiones de escape al quemar combustible. La Casa Blanca, “Fact Sheet: President Biden Announces Steps to Drive American Leadership Forward on Clean Cars and Trucks”, comunicado de prensa, 5 de agosto de 2021, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/>; “Passenger Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Fuel Consumption”, ICCT, actualizado en noviembre de 2024, <https://theicct.org/pv-fuel-economy/>.

8 “Zero Emission Vehicles Declaration”, Accelerating to Zero Coalition, <https://acceleratingtozero.org/the-declaration/>. La Declaración aclara que “un automóvil o furgoneta de cero emisiones es aquel que produce cero emisiones de gases de efecto invernadero por el tubo de escape”.

9 NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023, Emisiones de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) Provenientes del Escape, Aplicable a Vehículos Automotores Nuevos de Peso Bruto Vehicular de Hasta 3 857 Kilogramos”, 3 de enero de 2024, [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5713555&fecha=03/01/2024#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5713555&fecha=03/01/2024#gsc.tab=0).

10 NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023.

La primera fase de la NOM 163 reguló el rendimiento de combustible (km/L) y las emisiones (g CO<sub>2</sub>/km) de los vehículos ligeros para el período de 2012 a 2016, emulando los estándares de economía corporativa promedio de combustible (CAFE, por su sigla en inglés) de Estados Unidos y las primeras normas de CO<sub>2</sub> para vehículos ligeros de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su sigla en inglés)<sup>11</sup>. Con la Fase 1 de la NOM 163 en marcha, se esperaba un promedio de flota de 150 g CO<sub>2</sub>/km al final de 2016.

En 2016, los gobiernos de Canadá, México y Estados Unidos se comprometieron a alinear sus normas de rendimiento de combustible o GEI de vehículos ligeros para 2025<sup>12</sup>. Dado que la norma de México posterior a 2016 no se publicó de inmediato, el objetivo de 2016 se mantuvo sin cambios y se extendió hasta el año-modelo 2018. En septiembre de 2018, SEMARNAT presentó una propuesta para actualizar la norma para los vehículos año-modelo 2019-2025. Sin embargo, el proceso regulatorio se detuvo y no fue hasta 2023 que se reanudaron las discusiones de la Fase 2. La norma modificada, publicada en enero de 2024, regula únicamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, con objetivos anuales que establecen un límite de 89 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y 131 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras para 2027<sup>13</sup>.

Las Figuras 1 y 2 comparan las trayectorias de emisiones de México para automóviles de pasajeros y camionetas ligeras, respectivamente, con las de otros mercados importantes. Todos los valores de emisiones están normalizados al ciclo CAFE de Estados Unidos utilizando los factores de conversión del ciclo de prueba del ICCT y convertidos a g CO<sub>2</sub>/km<sup>14</sup>. Cabe señalar que las metas de emisiones de México son generalmente menos estrictas que los de la mayoría de los demás mercados. Aunque la meta de 2027 para los automóviles de pasajeros se alinea aproximadamente con el objetivo equivalente de g CO<sub>2</sub>/km en Estados Unidos, tan solo 3% más alto, los objetivos de México resultan menos estrictos en la práctica debido a las generosas flexibilidades de cumplimiento y los créditos ofrecidos a los fabricantes, que no se encuentran en la norma estadounidense.

---

11 NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013.

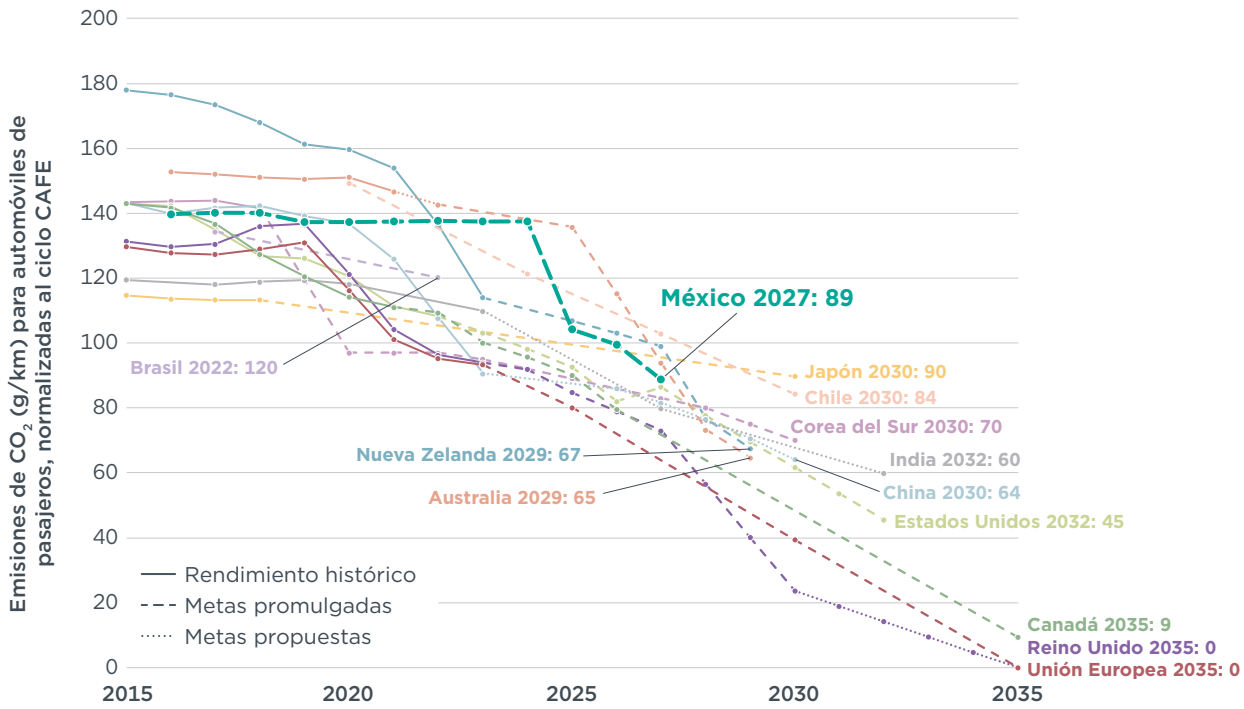
12 La Casa Blanca, "Leaders' Statement on a North American Climate, Clean Energy, and Environment Partnership", comunicado de prensa, 29 de junio de 2016, <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2016/06/29/leaders-statement-north-american-climate-clean-energy-and-environment>.

13 Valores límite definidos según el ciclo CAFE de EE. UU. La prueba de economía de combustible CAFE se realiza según el Procedimiento de Prueba Federal 75 (FTP-75) ponderado con el ciclo de carretera para determinar el cumplimiento. "US: Light-duty: Fuel Economy and GHG", Transportpolicy.net, consultado el 25 de septiembre de 2024, <https://www.transportpolicy.net/standard/us-light-duty-fuel-economy-and-ghg/>.

14 Jörg Kühlwein, John German y Anup Bandivadekar, *Development of Test Cycle Conversion Factors Among Worldwide Light-Duty Vehicle CO<sub>2</sub> Emission Standards* (ICCT, 2014), <https://theicct.org/publication/development-of-test-cycle-conversion-factorsamong-worldwide-light-duty-vehicle-co2-emission-standards/>; Zifei Yang, "Improving the Conversions Between the Various Passenger Vehicle Fuel Economy/CO<sub>2</sub> Emission Standards Around the World", ICCT Staff Blog, 3 de diciembre de 2014, <https://theicct.org/improving-the-conversions-between-the-variouspassenger-vehicle-fuel-economy-co2-emission-standards-around-the-world/>.

**Figura 1**

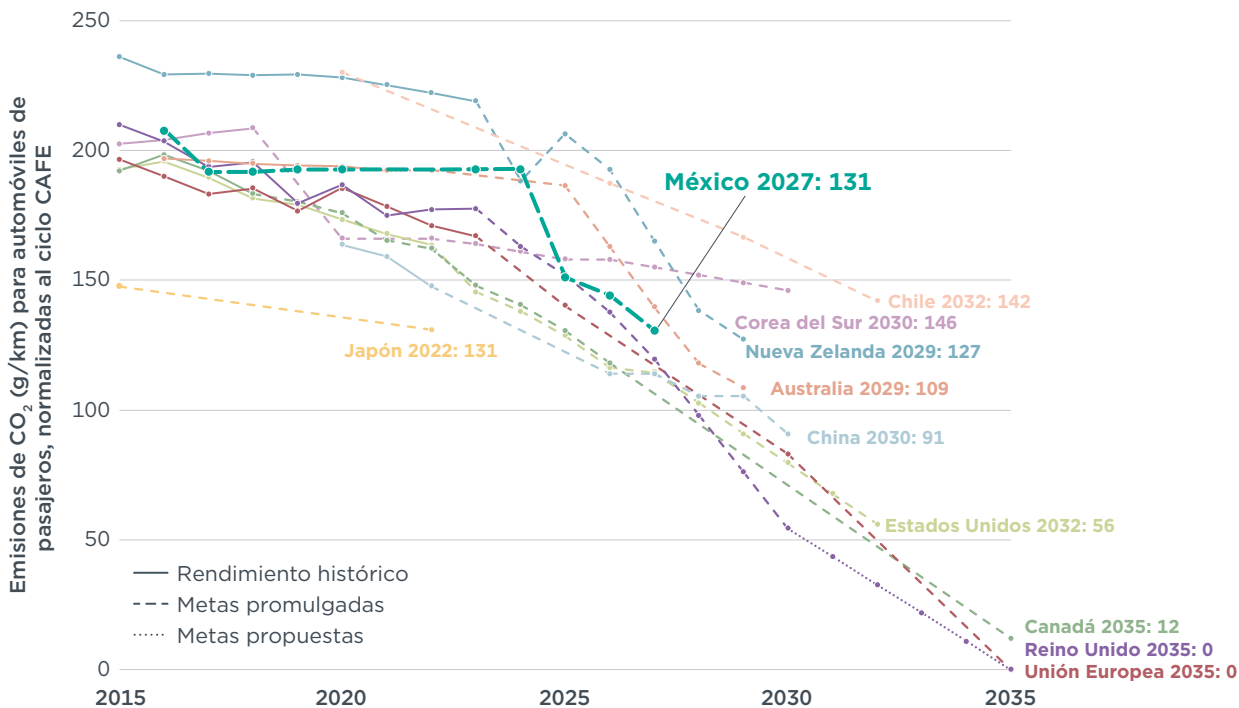
**Emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible de automóviles de pasajeros**



Notas: Los objetivos promedio de la flota del Reino Unido se estiman con base en las las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos no ZEV y el mandato de ZEV. La meta de Canadá se estima con base en el mandato de ZEV de Canadá. La meta de EE. UU. a 2027 y posterior refleja los cambios en los créditos de flexibilidades, incluyendo los de tecnologías fuera de ciclo y los del sistema de aire acondicionado.

**Figura 2**

**Emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible de camionetas ligeras**



Notas: Los objetivos promedio de la flota del Reino Unido se estiman con base en las las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos no ZEV y el mandato de ZEV. La meta de Canadá se estima con base en el mandato de ZEV de Canadá. La meta de EE. UU. a 2027 y posterior refleja los cambios en los créditos de flexibilidades, incluyendo los de tecnologías fuera de ciclo y los del sistema de aire acondicionado.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](http://THEICT.ORG)

Entre los principales mercados globales, la Unión Europea y el Reino Unido tienen las metas de emisiones más ambiciosas y de mayor alcance: un límite de 0 g CO<sub>2</sub>/km, o un requisito de ventas 100% de vehículos cero emisiones, para 2035. Para llegar a este nivel, México tendría que aumentar la exigencia de sus objetivos y establecer metas de más largo plazo, a 2035, lo cual daría a los fabricantes suficiente tiempo para planificar y permitiría continuar con las reducciones de emisiones más allá de 2027. Además, el hecho de que las metas de la Fase 2 se establezcan solo hasta 2027 no se alinea con el objetivo de electrificación de vehículos de México para 2030 ni con la necesidad de certeza regulatoria para respaldar la planificación de los fabricantes en el cumplimiento de dicho objetivo.

**Flexibilidades de cumplimiento en la norma NOM 163 Fase 2**

La Fase 2 de la norma incluye flexibilidades como: (1) créditos para tecnologías “fuera de ciclo” que pueden reducir las emisiones durante la conducción en condiciones reales de manejo y que no se capturan durante las pruebas de certificación; (2) créditos para mejoras en los sistemas de aire acondicionado que pueden reducir las emisiones; y (3) multiplicadores para tecnologías altamente eficientes, mediante los cuales los vehículos con trenes motriz específicos, como los vehículos eléctricos de batería, pueden contarse como más de un vehículo en la flota de un fabricante. Este tipo de créditos y multiplicadores se adoptaron en otros mercados más avanzados cuando se introdujeron las normas de CO<sub>2</sub> hace décadas, para alentar la adopción temprana de tecnologías de bajas o cero emisiones y estimular la innovación en tecnologías fuera de ciclo que reduzcan las emisiones.

## TECNOLOGÍAS FUERA DE CICLO

Para el período de cumplimiento obligatorio de la Fase 2 de 2025 a 2027, se ofrecen créditos fuera de ciclo para 10 tipos de tecnologías (Tabla 1); los fabricantes pueden acumular créditos integrando una o más de ellas, pero los créditos totales están limitados a 6.25 g CO<sub>2</sub>/km. La norma estadounidense también ofrece créditos fuera de ciclo, pero los reduce de 6.2 g CO<sub>2</sub>/km en 2027 a 3.7 g CO<sub>2</sub>/km en 2032 y se eliminan por completo en 2033<sup>15</sup>.

**Tabla 1**  
**Créditos por tecnologías fuera de ciclo de la NOM 163 Fase 2**

Tecnología fuera de ciclo	Automóviles de pasajeros (g CO <sub>2</sub> /km)	Camionetas ligeras (g CO <sub>2</sub> /km)
Iluminación de alta eficiencia	Hasta 0.91	
Recuperación de calor residual	1.55	
Mejoras aerodinámicas activas	Hasta 1.20	Hasta 2.06
Arranque y parada del motor en ralentí	1.15	2.23
Calentamiento activo del motor	1.10	2.34
Calentamiento activo de la transmisión	1.21	2.58
Control solar/térmico	Hasta 2.70	
Paneles solares para techo (para 75 W, solo carga de batería)	Hasta 2.00	
Control de presión de neumáticos (obligatorio a partir de 2026)	0.60	
Sistema de circulación del calentador	1.92	3.38

## AIRE ACONDICIONADO

La NOM 163 otorga créditos relacionados con los sistemas de aire acondicionado por mejoras en la eficiencia, dependiendo de las tecnologías y la reducción de fugas, con o sin reemplazo de gases refrigerantes<sup>16</sup>. Se conceden créditos para ocho tipos de tecnologías, que suman 10.3 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y 14.67 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras. El crédito relacionado con la reducción de fugas sin cambio de refrigerante es de 4.12 g CO<sub>2</sub>/km, y el crédito con cambio de refrigerante es de 9.04 g CO<sub>2</sub>/km. Por lo tanto, los créditos máximos posibles para tecnologías fuera de ciclo y de aire acondicionado podrían alcanzar 25.59 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y 29.96 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras.

Dado que la mayoría de las tecnologías fuera de ciclo y de aire acondicionado elegibles para créditos en la Fase 2 de la norma ya están ampliamente disponibles en los mercados globales, permitir estos créditos podría sobrevalorar los beneficios y reducir el nivel de exigencia de la norma. La mayoría de los mercados líderes ya han eliminado dichos créditos o están en proceso de eliminarlos gradualmente en los próximos años<sup>17</sup>. Por ejemplo, los créditos máximos posibles de CO<sub>2</sub> permitidos en la NOM 163 Fase 2

<sup>15</sup> Multi-Pollutant Emissions Standards for Model Years 2027 and Later Light-Duty and Medium-Duty Vehicles; Correction, 89 F.R. 115, 13 de junio de 2024, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2024-06-13/pdf/2024-12590.pdf>. Convertimos los créditos estadounidenses de g/mi a unidades equivalentes en g/km para realizar la comparación.

<sup>16</sup> Los gases refrigerantes deben reemplazarse por otros que tengan un potencial de calentamiento global (PCG) menor que el gas de referencia HFC-134a, cuyo PCG es de 1,300.

<sup>17</sup> ICCT, "Passenger Vehicle Greenhouse Gas Emissions".

son sustancialmente más altos que los de las normas estadounidenses para el período 2027-2032. Las normas estadounidenses reducen gradualmente varios créditos de CO<sub>2</sub> y disminuyen los créditos máximos posibles entre 2027 y 2033, de 16 g CO<sub>2</sub>/km a 4 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y de 19 g CO<sub>2</sub>/km a 6 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras (en unidades equivalentes de g/km)<sup>18</sup>.

## TECNOLOGÍAS ALTAMENTE EFICIENTES

La Fase 2 de la NOM 163 considera a los vehículos eléctricos de batería (BEV, por su sigla en inglés), los vehículos eléctricos de celdas de combustible (FCEV), los vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEV) y los vehículos eléctricos híbridos (HEV) como tecnologías “altamente eficientes”. Los fabricantes pueden contar estos vehículos varias veces al calcular los promedios de su flota, pero solo para los vehículos vendidos a nivel nacional. Los multiplicadores son de 13.5 veces para los vehículos eléctricos de batería y de celdas de combustible, 8.3 veces para los vehículos híbridos eléctricos enchufables y 5 veces para los vehículos híbridos regulares.

Estos multiplicadores son significativamente más altos que los de otros países, como se muestra en la Tabla 2<sup>19</sup>. China y Estados Unidos están eliminando gradualmente estos multiplicadores a partir de 2025, y la Unión Europea los eliminó en 2023. Chile tiene el segundo multiplicador más alto después de México, pero sus multiplicadores están limitados a 3 en comparación con los valores de 13.5 y 8.3 de la Fase 2 de México. Corea del Sur es el único mercado principal que todavía ofrece un multiplicador para las ventas de vehículos híbridos; este se ofrece hasta 2026, pero es mucho menor (1.5 en 2025 y 1.25 en 2026) y se eliminará por completo en 2027.

**Tabla 2**  
**Multiplicadores proporcionados en normas de rendimiento de combustible/CO<sub>2</sub> en México y otros mercados globales seleccionados**

País	Año-modelo	Vehículos elegibles	Multiplicador
México	2025-2027	BEV/FCEV	13.5
		PHEV	8.3
		HEV	5
Chile	2024-2030	BEV/FCEV, PHEV	3
Estados Unidos	2023-2024	BEV/FCEV	1.5
		PHEV	1.3
	2025 y posteriores	Todos	1
Unión Europea	2021	CO <sub>2</sub> < 50 g/km (NEDC)	1.67
	2022		1.33
	2023 y posteriores		Todos
China	2024	BEV/FCEV, PHEV (kilometraje ≥ 43 km)	1.3
		Vehículos no eléctricos < 3.2 L/100 km	1.1
	2025 y posteriores	Todos	1

Fuente: ICCT, “Passenger Vehicle Greenhouse Gas”.

18 EPA, “Multi-Pollutant Emissions Standards”.

19 ICCT, “Passenger Vehicle Greenhouse Gas Emissions”.

Dada la magnitud significativamente mayor de estos multiplicadores de la Fase 2 en comparación con los de otros países y su potencial para permitir grandes créditos a los fabricantes de automóviles con ventas de vehículos eléctricos relativamente bajas, su efecto principal podría ser una reducción significativa en la exigencia general de la norma, en lugar de una aceleración en la adopción de vehículos eléctricos<sup>20</sup>.

## MÉTODO DE ANÁLISIS

Desarrollamos seis escenarios de políticas para evaluar el impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub> de diferentes opciones regulatorias para los vehículos ligeros nuevos en México. Utilizamos el modelo Roadmap del ICCT para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> del pozo a la rueda (WTW, por su sigla en inglés) en condiciones reales para los seis escenarios desarrollados<sup>21</sup>. Las estimaciones de emisiones de WTW incluyen las emisiones de operación del vehículo y de la producción, procesamiento, distribución y uso de combustible<sup>22</sup>. Por lo tanto, las emisiones de WTW consideran tanto las emisiones de los vehículos provenientes de la conducción en carretera como las emisiones derivadas de la producción de combustible o electricidad utilizada para alimentar vehículos con motor de combustión interna (ICE, por su sigla en inglés) y vehículos eléctricos.

## PANORAMA GENERAL DE LOS ESCENARIOS

Además de un escenario de referencia, desarrollamos dos escenarios para reflejar diferentes variantes de la Fase 2 y otros tres para reflejar metas de emisiones más ambiciosas. Los escenarios ambiciosos se alinean con el objetivo de electrificación de México para 2030 o con las normas de CO<sub>2</sub> de Estados Unidos para 2027-2032. Cada escenario incluye tanto automóviles de pasajeros como camionetas ligeras, y abarca desde un año base hasta 2050. El año 2016, el año más reciente para el cual hay datos disponibles sobre las emisiones certificadas de CO<sub>2</sub> de los LDV en México, se utiliza como año base<sup>23</sup>. Las proyecciones de ventas totales de vehículos, parque vehicular, actividad vehicular e intensidad de carbono de la red eléctrica de México son las mismas para todos los escenarios<sup>24</sup>. Cada escenario corresponde a una proyección de adopción anual de vehículos eléctricos y reducción de las emisiones de los vehículos de combustión interna; a continuación se presentan detalles adicionales para cada uno.

**Base:** Escenario de continuidad o *business-as-usual* (BAU) sin NOM 163 a partir de 2016.

**NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores:** Refleja el impacto de la Fase 2 adoptada para 2025-2027 y supone que los fabricantes aprovechan al máximo los créditos fuera de ciclo y de aire acondicionado, así como los multiplicadores de vehículos eléctricos.

---

20 Kenneth Gillingham, *Designing Fuel-Economy Standards in Light of Electric Vehicles (Working Paper No. 29067)* (National Bureau of Economic Research, 2021), <https://www.nber.org/papers/w29067>.

21 Modelo Roadmap del ICCT versión 2.3 (2024), <https://theicct.github.io/roadmap-doc/versions/v2.3/>.

22 "Emissions from Electric Vehicles", Departamento de Energía de Estados Unidos, Centro de Datos de Combustibles Alternativos, consultado el 5 de diciembre de 2022, [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_emissions.html#:~:text=Well%2Dto%2Dwheel%20emisiones%20include,and%20burning%20it%20in%20vehicles](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html#:~:text=Well%2Dto%2Dwheel%20emisiones%20include,and%20burning%20it%20in%20vehicles).

23 SEMARNAT, *MIR de Alto Impacto con Análisis de Riesgos y Análisis de Impacto en el Comercio Exterior del Proyecto de Norma Oficial Mexicana* (2024), <https://www.cofemersimir.gob.mx/mirs/55227>.

24 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros"; Secretaría de Energía, "Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037", 29 de mayo de 2023, <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-2023-2037>.



**NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores:** Supone que se mantienen los multiplicadores de vehículos eléctricos, pero no se otorgan créditos fuera de ciclo o de aire acondicionado a los fabricantes. Esto sirve para mostrar el impacto relativo de los créditos fuera de ciclo y de aire acondicionado.

**Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE:** Se alinea con los compromisos de electrificación de México de alcanzar el 50% de ventas de vehículos eléctricos para 2030 y el 100% de ventas de vehículos cero emisiones para 2040, sin mejoras en la tecnología de motores de combustión interna más allá del nivel BAU<sup>25</sup>.

**Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE:** Supone reducciones de emisiones de motores de combustión interna del 3% anual además de cumplir los objetivos de electrificación.

**Alineación con Estados Unidos:** Se alinea con las metas de CO<sub>2</sub> de Estados Unidos para 2027-2032, en su propuesta original, y supone ventas del 100% de vehículos cero emisiones al 2040<sup>26</sup>.

## SUPUESTOS Y ESTIMACIONES DE LOS ESCENARIOS

El escenario Base, que no cuenta con una norma de emisiones, supone un aumento mínimo en las ventas anuales de vehículos eléctricos y una tasa anual conservadora de reducción de emisiones del 1% para vehículos de combustión interna entre 2017 y 2050. El crecimiento anual de la participación de ventas de EV se basa en la adopción anticipada de EV en países en desarrollo con una mejora en los beneficios económicos relativos de los vehículos eléctricos en comparación con los de combustión interna<sup>27</sup>. La mejora anual del 1% en la eficiencia para vehículos de combustión interna se basa en las emisiones certificadas de CO<sub>2</sub> en México entre 2008 y 2012, antes de que se introdujera la norma (véanse los supuestos detallados en la Tabla A1 y Tabla A2 en el Apéndice A).

Para los cinco escenarios adicionales, suponemos que la norma entrará en vigor a partir de 2025. Todas las proyecciones y supuestos antes de 2025 siguen siendo las mismas que en la BAU en todos los escenarios.

Para los escenarios Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE y Alineación con Estados Unidos, suponemos una tasa anual de reducción de emisiones

---

25 Suponemos que el objetivo de electrificación de México para 2030 incorpora flexibilidad al incluir tanto vehículos eléctricos híbridos enchufables como vehículos eléctricos de batería, lo que convierte este objetivo provisional de ventas del 50% en uno para vehículos eléctricos en lugar de estrictamente vehículos de cero emisiones. Esta suposición se alinea con muchos mercados líderes que han adoptado objetivos similares, estableciendo metas intermedias de ventas de vehículos eléctricos que preceden su transición definitiva al 100% de vehículos de cero emisiones o a la eliminación completa de los motores de combustión interna.

26 Proposed Rule: Multi-Pollutant Emissions Standards for Model Years 2027 and Later Light-Duty and Medium-Duty Vehicles, 88 F.R. 29184 (propuesto el 5 de mayo de 2023), <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/proposed-rule-multi-pollutant-emissions-standards-model>. Los objetivos propuestos por Estados Unidos fueron ligeramente más ambiciosos que los objetivos finales, excepto para 2032, para el cual los objetivos finales son los mismos que los propuestos. La participación de vehículos eléctricos que estimamos utilizando los objetivos propuestos en la ecuación del promedio de la flota no difieren significativamente de aquellas basadas en los objetivos finales. Por lo tanto, mantenemos el nivel de rigurosidad de los objetivos propuestos y las respectivas participaciones de vehículos eléctricos para este escenario.

27 El supuesto de una participación mínima de vehículos eléctricos está en línea con un escenario de referencia para las participaciones mínimas de ventas de vehículos eléctricos en los mercados mundiales, basado en el estudio de Arijit Sen y Josh Miller, *Emissions Reduction Benefits of a Faster, Global Transition to Zero-emission Vehicles* (ICCT, 2022), <https://theicct.org/publication/zevs-global-transition-benefits-mar22/>.

en motores de combustión interna del 3% para el período normativo. La tasa del 3% se basa en un estudio previo del ICCT y es consistente con las tasas de reducción para los vehículos de pasajeros europeos de combustión interna de 2021–2025<sup>28</sup>. Esta tasa también coincide con las tasas observadas en las pruebas de certificación (*type-approval*) en Francia (3.9%), Alemania (2.3%) y el Reino Unido (3.3%) en el período 2019–2022. Suponemos además que las emisiones de los motores de combustión interna disminuirán un 1% anualmente, como en el escenario Base, después de que finalice el período normativo y hasta que la participación de las ventas de vehículos eléctricos de batería alcance el 100%.

Para los escenarios NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores y Alineación con Estados Unidos, calculamos la proporción de ventas anuales de vehículos eléctricos necesarias para cumplir con las metas promedio de la flota, considerando el desempeño proyectado de los nuevos vehículos ICE durante los años de vigencia de la norma. En el escenario NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores, las metas son tan laxas que llevarían las ventas de vehículos eléctricos a niveles inferiores al BAU. Por lo tanto, para este escenario, fijamos la proporción de vehículos eléctricos en los niveles BAU y estimamos las mejoras de rendimiento de los nuevos vehículos ICE necesarias para cumplir con la norma. En este caso, debido a que las ventas mínimas de vehículos eléctricos en el BAU ya serían suficientes para cumplir con las metas de la Fase 2 sin ninguna mejora en los vehículos ICE, el rendimiento de estos últimos podría incluso ser inferior al del BAU y aun así cumplir con la NOM 163 Fase 2.

Para el escenario NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores, el nivel de exigencia de la meta para 2027 podría resultar en una proporción de ventas de vehículos eléctricos ligeramente mayor que en el escenario Base. Por lo tanto, se proyecta que las ventas de vehículos eléctricos posteriores a 2027 crecerán a un ritmo ligeramente más rápido que el nivel BAU.

Para los dos escenarios Meta de Electrificación al 2030 (con Emisiones BAU para Vehículos ICE y con Mejoras para Vehículos ICE), definimos la trayectoria de ventas de vehículos eléctricos necesarias para alcanzar dicho objetivo y especificamos por separado los supuestos para el desempeño de los nuevos vehículos ICE.

Para todos los escenarios, también suponemos una mejora en la eficiencia de los PHEV hasta 2035, cuando los BEV se convertirán en la tecnología dominante. Las tasas anuales de reducción de CO<sub>2</sub> de los PHEV son del 2% entre 2020 y 2025, del 1% entre 2026 y 2035 y del 0% después de 2035. Estos supuestos coinciden con las estimaciones anteriores del ICCT para el mercado de autos en la Unión Europea y son consistentes en todos los escenarios<sup>29</sup>.

Nuestra modelación no considera a los HEV como una tecnología separada de los vehículos de combustión interna, por lo que el análisis no considera el efecto de los multiplicadores de HEV en la Fase 2. Si se consideraran los multiplicadores para vehículos híbridos, se reduciría aún más la tasa de adopción de vehículos eléctricos y la mejora de los vehículos de combustión interna necesaria para cumplir la Fase 2.

Además, la proporción de los vehículos eléctricos de batería en las ventas de EV crece sustancialmente más rápido que la de los PHEV hasta alcanzar el objetivo del 100%

---

28 Peter Mock y Sonsoles Díaz, *Pathways to Decarbonization: The European Passenger Car Market in the Years 2021–2035* (ICCT, 2021), <https://theicct.org/publication/pathways-to-decarbonization-the-european-passenger-car-market-2021-2035/>.

29 Mock y Díaz, *Pathways to Decarbonization*.

de BEV al 2040 (véanse los supuestos detallados en la Tabla A5 del Apéndice A). Las proporciones de ventas de BEV y PHEV de 2019 a 2022 se basan en datos de ventas reales de esos años<sup>30</sup>.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> históricas y proyectadas en cada escenario se calculan utilizando el modelo Roadmap del ICCT. Las emisiones históricas se calculan con base en datos sobre ventas de vehículos, importaciones de vehículos usados, parque vehicular, actividad vehicular, intensidad energética y contenido de carbono de combustibles. Los datos históricos de ventas se obtuvieron del Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros de México<sup>31</sup>. La proporción de ventas de vehículos usados importados se modelaron utilizando una combinación de datos de la EPA y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente<sup>32</sup>. Los datos históricos de actividad y parque vehicular provienen de la Agencia Internacional de Energía (IEA)<sup>33</sup>. Las emisiones proyectadas se calcularon con base en la renovación del parque vehicular, las proyecciones de actividad vehicular de la IEA y los insumos de los escenarios, que incluyen las proporciones de ventas anuales de EV y la reducción anual de las emisiones de vehículos ICE en relación con las emisiones de CO<sub>2</sub> de 2016. El modelo estima la renovación del parque vehicular utilizando curvas de supervivencia derivadas de los datos históricos de la IEA sobre ventas e inventario de vehículos en México<sup>34</sup>.

Dado que la fuente de energía de la red eléctrica determina las emisiones de WTW de los vehículos eléctricos, los datos de entrada del modelo para los factores de emisión de la red eléctrica de México se tomaron del *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037* de la Secretaría de Energía<sup>35</sup>.

## RESULTADOS

La Figura 3 muestra elementos clave de cada escenario para automóviles de pasajeros y camionetas ligeras e ilustra las trayectorias en el tiempo para diferentes niveles de exigencia en cada escenario. Los datos fuente se proporcionan en las Tablas A3 y A4 del Apéndice A.

Cabe señalar que, si bien las cifras reflejan las posibles opciones tecnológicas para cumplir con la norma en este análisis, en la práctica, los fabricantes pueden alcanzar las metas de flota promedio mediante varias combinaciones de tecnologías mejoradas para motores de combustión interna así como un aumento en las ventas de vehículos eléctricos.

---

30 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros".

31 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros".

32 EPA, "Official Release of the MOVES3 Motor Vehicle Emissions Model for SIPs and Transportation Conformity", FRL-10016-84-OAR, <https://www.federalregister.gov/documents/2021/01/07/2021-00023/official-release-of-the-moves3-motor-vehicle-emissions-model-for-sips-and-transportation-conformity>; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Used Vehicles and the Environment: Progress and Updates 2021* (2021), <https://www.unep.org/resources/report/used-vehicles-and-environment-progress-and-updates-2021>.

33 IEA, *World Energy Outlook 2020* (2020), <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.

34 IEA, *World Energy Outlook 2020*.

35 Secretaría de Energía, "Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037" (2023), <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-2023-2037>.

**Figura 3**

**Emissiones y proporción de ventas de vehículos eléctricos de pasajeros y camionetas ligeras en los seis escenarios**



Nota: En las gráficas que muestran las emisiones de vehículos ICE y la proporción de ventas de vehículos eléctricos, algunas líneas de escenarios se superponen (y, por lo tanto, no son visibles) debido a los supuestos compartidos.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](http://THEICT.ORG)

El escenario Base, que supone una participación del 3% de ventas de vehículos eléctricos y una reducción de emisiones del 13% en los vehículos ICE para 2030 en comparación con los niveles en 2016, da como resultado emisiones de flota promedio de 118 g CO<sub>2</sub>/km para los automóviles de pasajeros y 175 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras; estos valores están solo un 15% por debajo de los niveles del escenario Base 2016.

No se proyecta que el escenario NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores impulse ningún aumento en la adopción de vehículos eléctricos ni reducción en las emisiones de vehículos ICE con respecto al escenario Base. En cambio, este escenario permite emisiones de vehículos ICE 10% más altas para automóviles de pasajeros y 8% más altas para camionetas ligeras en 2025 en comparación con los niveles de 2016.

El escenario NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores lleva a reducciones en las emisiones promedio de flota del 12% para automóviles de pasajeros y del 10% para camionetas ligeras en 2025 en comparación con los niveles de 2016. Sin embargo, estas reducciones son solo marginalmente mejores que las del escenario Base. Ninguno de los escenarios de NOM 163 Fase 2 alcanzaría el objetivo del 50% de ventas de vehículos eléctricos para 2030; incluso si los fabricantes no aprovecharan al máximo los créditos fuera de ciclo y de aire acondicionado, aún podrían cumplir en 2030 con ventas de vehículos eléctricos de pasajeros y camionetas ligeras muy por debajo del 10%.

Para alcanzar la meta de ventas del 50% de EV para 2030, y suponiendo que no haya una mejora en los vehículos ICE más allá de la tasa BAU del 1% anual, la meta de emisiones de CO<sub>2</sub> promedio en g/km de la flota debería reducirse en más del 50% para 2030 en comparación con los niveles de 2016.

Además, alcanzar el objetivo de ventas del 50% de EV para 2030 y mejorar la eficiencia de los motores de combustión interna a un ritmo del 3% anual requeriría establecer una meta promedio de flota con una exigencia similar a las metas propuestas originalmente en Estados Unidos: una reducción de emisiones promedio de flota del 56% para automóviles de pasajeros (en comparación con el 60% en el escenario Alineación con Estados Unidos) y del 61% para camionetas ligeras (en comparación con el 67% en el escenario Alineación con Estados Unidos) en comparación con los niveles de 2016.

## IMPACTOS EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

La Figura 4 ilustra los impactos proyectados en las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> WTW para el parque de vehículos ligeros en México en cada escenario de 2024 a 2050. Las etiquetas muestran las emisiones acumuladas estimadas desde 2024 hasta 2050 y la diferencia porcentual en las emisiones acumuladas de cada escenario con relación al escenario Base. Las emisiones anuales y acumuladas para cada escenario se pueden consultar en la Tabla B1 del Apéndice B.

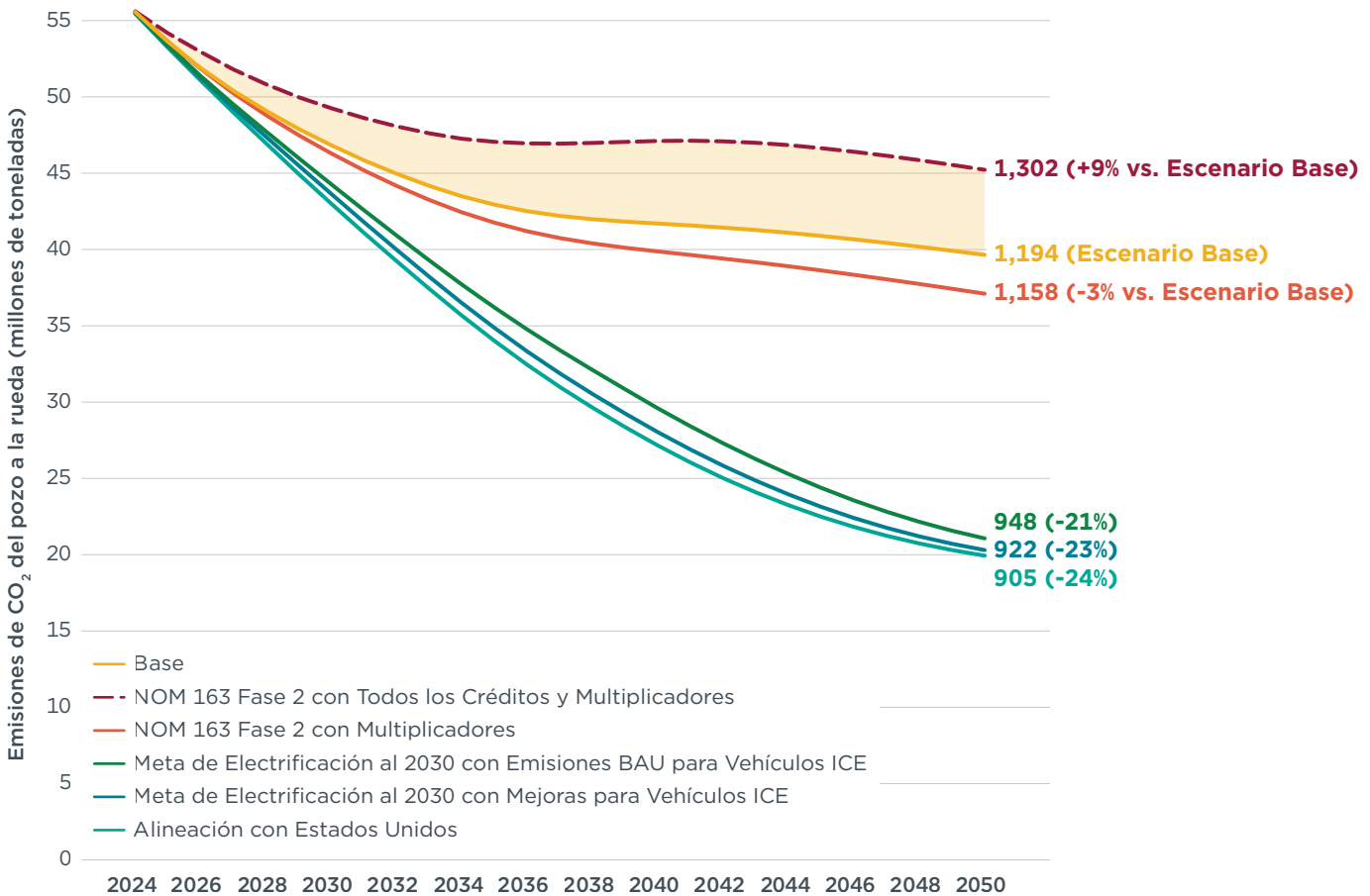
En el escenario Base, las emisiones se reducen en un 29% en 2050, a 40 millones de toneladas, en comparación con el nivel anterior a la norma de 2024, de 56 millones de toneladas. Se proyecta que las emisiones acumuladas entre 2024 y 2050 serán de 1,194 millones de toneladas.

El escenario NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores podría potencialmente permitir mayores emisiones en 2050 con relación al escenario Base, resultando en emisiones anuales un 12% más altas y emisiones acumuladas un 9%

mayores. El escenario NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores tiene un desempeño marginalmente mejor, con solo un 6% menos de emisiones y un 3% menos de emisiones acumuladas en 2050 con relación al escenario Base.

Los otros tres escenarios podrían resultar en reducciones de emisiones mucho mayores. Los tres podrían llevar a una reducción del 50% de las emisiones en 2050 y a una reducción del 21%–24% de las emisiones acumuladas al 2050 en comparación con el BAU. Además, cada uno de ellos podría reducir las emisiones en más del 60% en 2050 en comparación con el nivel de 2024. El escenario Alineación con Estados Unidos entregaría las emisiones acumuladas más bajas de todos los escenarios, con 905 millones de toneladas al 2050, una reducción de casi 300 millones de toneladas respecto al escenario Base.

**Figura 4**  
**Emisiones anuales proyectadas de CO<sub>2</sub> desde el pozo a la rueda (millones de toneladas) para el parque de vehículos ligeros en México para cada escenario de 2024 a 2050.**



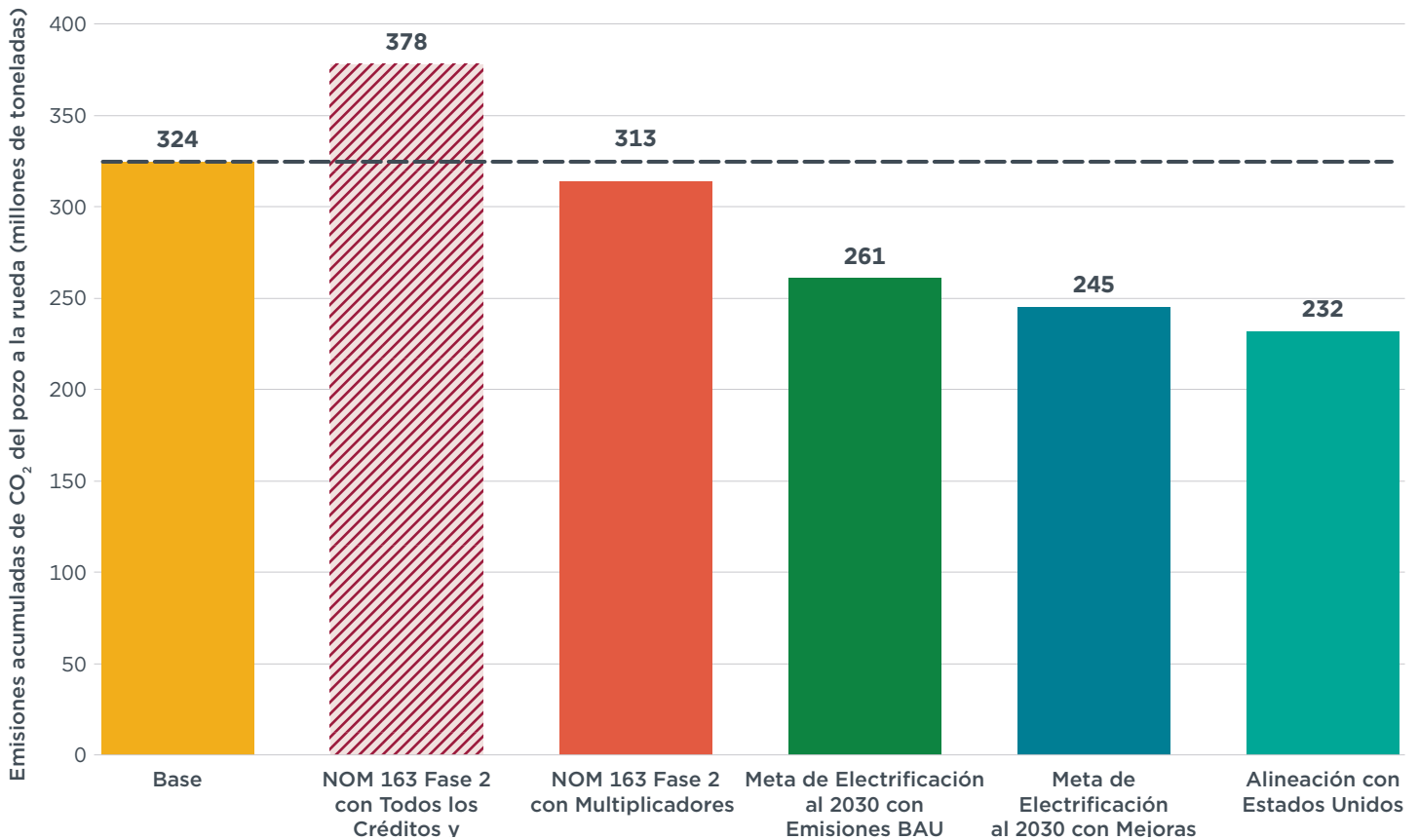
Nota: Las etiquetas de datos muestran las emisiones acumuladas de 2024 a 2050.

CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICTT.ORG](https://www.theicct.org)

Las regulaciones estadounidenses más recientes establecen metas cada vez más estrictas hasta el año-modelo 2032. Para aislar los impactos de las emisiones de las decisiones políticas en México que afectan a los vehículos vendidos entre 2025 y el año-modelo 2032, se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas de pozo a la rueda hasta 2050 de los vehículos vendidos durante este período. Si México mantuviera la norma actual de la Fase 2 sin modificaciones, estimamos que se emitirían 54 millones de toneladas adicionales de CO<sub>2</sub> de los vehículos año-modelo 2025-2032. Por el contrario, alinearse con la exigencia de las metas de Estados Unidos propuestas originalmente evitaría 92 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos año-modelo 2025-2032.

**Figura 5**

**Emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas de pozo a la rueda al 2050 de vehículos ligeros vendidos en México, para los año-modelo 2025-2032**



CONSEJO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPIO [THEICT.ORG](http://THEICT.ORG)



## CONCLUSIONES

Este trabajo evaluó el impacto de normas de emisiones de CO<sub>2</sub> con diferentes niveles de exigencia para vehículos ligeros en México. Modelamos el impacto de la NOM 163 Fase 2 adoptada actualmente para estimar si esta puede impulsar el avance de la tecnología de motores de combustión interna o la adopción de vehículos eléctricos y reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>. También modelamos varios escenarios alternativos que podrían ayudar a México a alcanzar su objetivo de electrificación para 2030. Nuestras conclusiones principales incluyen:

**Las NOM 163 Fase 2 no se alinea con los objetivos climáticos ni de electrificación de México.** Si los fabricantes utilizan los créditos máximos permitidos para tecnologías fuera de ciclo y de aire acondicionado previstos en la norma, no sería necesario reducir las emisiones de los vehículos de combustión interna ni aumentar la adopción de vehículos eléctricos en comparación con un escenario Base para cumplir con la norma. Por el contrario, la Fase 2 podría permitir potencialmente un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ICE en comparación con el escenario Base. Si esto sucediera, la Fase 2 permitiría 108 millones de toneladas adicionales de emisiones acumuladas respecto al escenario Base entre 2024 y 2050. Incluso sin los créditos fuera de ciclo y de aire acondicionado, la norma solo impulsaría un aumento mínimo en la adopción de vehículos eléctricos del 5% para 2030 debido a los multiplicadores otorgados a las ventas de BEV y PHEV. Por lo tanto, tanto el diseño como la exigencia de la Fase 2 deberían revisarse para ayudar a México a alcanzar el 50% de ventas de vehículos eléctricos para 2030 y alinearse con el compromiso de reducción de emisiones de GEI establecido en su Contribución Determinada a Nivel Nacional.

**Para lograr un 50% de ventas de vehículos eléctricos para 2030 y reducciones significativas de CO<sub>2</sub>, la NOM 163 tendría que exigir una reducción de entre el 50% y el 70% en las emisiones promedio de la flota en 2030 en comparación con los niveles de 2016,** dependiendo de si los fabricantes mejoran aún más el rendimiento de los vehículos ICE o se centran únicamente en aumentar la adopción de vehículos eléctricos. Tres de los escenarios (Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE; Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE; y Alineación con Estados Unidos) son suficientes para cumplir con el objetivo de ventas del 50% de EV para 2030 y promoverían reducciones sustanciales de CO<sub>2</sub>. El escenario Alineación con Estados Unidos es el más ambicioso, ya que conduciría a las mayores reducciones de emisiones acumuladas, de casi 300 millones de toneladas al 2050, y a una proporción en las ventas de vehículos eléctricos de más del 50% (56% para automóviles de pasajeros y 58% para camionetas ligeras) en 2030. Las metas de emisiones promedio de la flota en este escenario son de 57 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros (reducción del 60% respecto de 2016) y 68 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras (reducción del 67% respecto de 2016) en 2030.

**Establecer una norma menos estricta que se alinee con el objetivo del 50% de vehículos eléctricos, pero que considera solo una pequeña mejora en el rendimiento de los motores de combustión interna podría poner en riesgo el cumplimiento de ventas de vehículos eléctricos.** El escenario Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE requeriría metas promedio para la flota de 69 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y 91 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras en 2030. Aunque ese escenario podría alcanzarse con una participación de ventas de vehículos eléctricos del 50% para 2030, los fabricantes también podrían optar por reducir las emisiones de los motores de combustión interna para cumplir con la norma, lo que podría resultar en una menor participación de ventas de vehículos eléctricos.



**Asumir las mismas tasas de mejora en el desempeño de los vehículos ICE observadas en otros mercados líderes podría aumentar la certeza de que México alcance su objetivo de electrificación para 2030 y respaldar la seguridad energética.** El escenario Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE podría lograrse estableciendo objetivos promedio de flota de 62 g CO<sub>2</sub>/km para automóviles de pasajeros y 81 g CO<sub>2</sub>/km para camionetas ligeras en 2030. Estos objetivos conducirían a una reducción del 56% al 61% en las emisiones promedio de la flota en relación con 2016 y se reducirían las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> en 272 millones de toneladas al 2050 en comparación con el escenario Base. Se podrían evitar 17 millones de toneladas adicionales de CO<sub>2</sub> si se alinea con las normas estadounidenses propuestas originalmente. Mejorar la eficiencia de los vehículos de gasolina generaría ahorros para los consumidores y reduciría la necesidad de importar combustibles fósiles.

## APÉNDICE A

**Tabla A1**

### Supuestos de escenarios para automóviles de pasajeros

Escenario	Proporción de ventas de vehículos eléctricos					Reducción anual de las emisiones de CO <sub>2</sub>	
	2025	2030	2035	2040	2050	Vehículos de combustión interna	PHEV <sup>b</sup>
<b>Base</b>	2% <sup>c</sup>	3%	5%	8%	20%	1% (2017-2050) <sup>d</sup>	2% (2020-2025) <sup>e</sup> 1% (2026-2035) 0% después de 2035
<b>NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores<sup>f</sup></b>	2% <sup>g</sup>	3%	5%	8%	20%	1% (2017-2024) Estimación (2025-2027) 1% (2028-2050)	
<b>NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores</b>	2% <sup>i</sup>	5%	8%	13%	28%	1% (2017-2024) Estimación (2025-2026) 3% (2027) 1% (2028-2050)	
<b>Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE</b>	10% <sup>l</sup>	50% <sup>k</sup>	75% <sup>l</sup>	100% <sup>m</sup> (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2050)	
<b>Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE</b>	10%	50%	75%	100% (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2024) 3% (2025-2039) 0% después de 2039 <sup>n</sup>	
<b>Alineación con Estados Unidos</b>	14% <sup>o</sup>	56% <sup>p</sup>	77% <sup>q</sup>	100% (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2024) 3% (2025-2039) 0% después de 2039	

<sup>a</sup> Incluye vehículos eléctricos de batería y vehículos eléctricos híbridos enchufables, a menos que se indique lo contrario

<sup>b</sup> Los supuestos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los PHEV se toman de Mock y Díaz, Pathways to Decarbonization.

<sup>c</sup> Basado en supuestos de ventas de vehículos eléctricos para los principales mercados líderes por Sen y Miller, Emissions Reduction Benefits.

<sup>d</sup> Los datos históricos de los años anteriores a las normas (es decir, 2008-2011) muestran una reducción de emisiones anual de aproximadamente el 2% en promedio; la tasa del 1% es un supuesto conservador para dimensionar la reducción real. Se asume el año 2016 como año base porque es el último año para el que se encuentran disponibles datos de certificación de emisiones de CO<sub>2</sub> para México.

<sup>e</sup> Se consideró que las ventas de PHEV eran cero antes de 2020.

<sup>f</sup> A las metas adoptadas se agregaron los créditos totales de emisiones de CO<sub>2</sub> permitidos en la NOM 163 Fase 2 de 2025 a 2027: créditos de aire acondicionado por reducción de fugas con cambio de refrigerante, un límite para la eficiencia del aire acondicionado y créditos por tecnologías fuera de ciclo, además de considerar los multiplicadores de vehículos eléctricos en la ecuación del promedio de la flota.

<sup>g</sup> Se consideran ventas mínimas de vehículos eléctricos para el escenario Base, ya que teóricamente las proporción de vehículos eléctricos sería cero si se estiman a partir de las metas promedio de la flota sumadas con todos los créditos y multiplicadores. En cambio, estimamos las emisiones de los vehículos de combustión interna para 2025-2027 como una función de la proporción de vehículos eléctricos base y las metas promedio de la flota con todos los créditos y multiplicadores.

<sup>h</sup> Multiplicadores de vehículos eléctricos: 13.5 para vehículos eléctricos de batería, 8.3 para PHEV.

<sup>i</sup> Suponemos ventas de vehículos eléctricos base para 2025-2026, con una proporción de vehículos eléctricos ligeramente mayor estimada para 2027, a fin de limitar la necesidad de una mejora anual de la eficiencia de los motores de combustión interna al 3% para cumplir con el objetivo de 2027. Las emisiones de vehículos ICE para 2025-2026 y la proporción de vehículos eléctricos para 2027 se estimaron utilizando únicamente los multiplicadores de vehículos eléctricos en la ecuación del promedio de la flota. Se asumió que las ventas de vehículos eléctricos posteriores a 2027 crecerían a un ritmo ligeramente más rápido que en el escenario Base.

<sup>j</sup> Las ventas de vehículos eléctricos en 2025 fueron interpoladas para la proporción de ventas entre 2024 y 2030.

<sup>k</sup> La meta de electrificación de México para 2030.

<sup>l</sup> Proporción de ventas de vehículos eléctricos en 2035 interpolada para la proporción de ventas entre 2030 y 2040.

<sup>m</sup> Compromiso de México en la COP26 como país emergente signatario de la Declaración Global de Vehículos de Cero Emisiones.

<sup>n</sup> Se asume que la norma seguirá reduciendo las emisiones de los vehículos ICE en un 3% anual hasta 2039, antes de eliminarlos gradualmente en 2040.

<sup>o</sup> Proporción de ventas de vehículos eléctricos en 2025 interpolada para la proporción de ventas entre 2024 y 2026.

<sup>p</sup> Derivado: la proporción de las ventas de vehículos eléctricos para 2026-2032 se calculó utilizando las metas propuestas de Estados Unidos y la mejora estimada en la eficiencia de los vehículos ICE en la ecuación del promedio de la flota.

<sup>q</sup> Proporción de ventas de vehículos eléctricos en 2035 para el escenario Alineado con Estados Unidos interpolada para la proporción de ventas entre 2032 y 2040.

**Tabla A2**

**Supuestos de escenarios para camionetas ligeras**

Escenario	Proporción de las ventas de vehículos eléctricos					Reducción anual de las emisiones de CO <sub>2</sub>	
	2025	2030	2035	2040	2050	Vehículos de combustión interna	PHEV
<b>Base</b>	2%	3%	5%	8%	20%	1% (2017-2050)	2% (2020-2025) 1% (2026-2035) 0% después de 2035
<b>NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores</b>	2%	3%	5%	8%	20%	1% (2017-2024) Estimación (2025-2027) 1% (2028-2050)	
<b>NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores</b>	2%	5%	8%	13%	28%	1% (2017-2024) Estimación (2025-2026) 3% (2027) 1% (2028-2050)	
<b>Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE</b>	10%	50%	75%	100% (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2050)	
<b>Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE</b>	10%	50%	75%	100% (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2024) 3% (2025-2039) 0% después de 2039	
<b>Alineación con Estados Unidos</b>	15%	58%	77%	100% (BEV)	100% (BEV)	1% (2017-2024) 3% (2025-2039) 0% después de 2039	

**Tabla A3**

**Resumen de elementos clave en los escenarios: automóviles de pasajeros**

Escenario	Elementos del escenario <sup>a</sup>	2016	2025	2030	2035	2040	2050
Base	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	125	118	110	101	79
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	1.2%	1.4%	1.7%	2.4%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.1%	1.8%	4.0%	8.0%	20.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.9%	1.2%	1.0%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	3.0%	5.0%	8.0%	20.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	128	121	115	110	99
NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	154	135	125	115	90
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	2.6%	1.4%	1.7%	2.4%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.1%	1.8%	4.0%	8.0%	20.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.9%	1.2%	1.0%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	3.0%	5.0%	8.0%	20.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	156	138	131	125	113
NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	123	109	101	90	67
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	2.3%	1.7%	2.2%	2.9%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.1%	3.0%	6.5%	13.0%	28.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.9%	2.0%	1.5%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	5.0%	8.0%	13.0%	28.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	125	114	109	103	93
Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	117	69	33	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	10%	14%	100%	—
	Proporción de ventas de BEV	-0%	5.9%	30.4%	65.2%	100.0%	100.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	4.0%	19.6%	9.8%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	9.9%	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	128	121	115	111	111
Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	114	62	27	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	11.5%	15.3%	100.0%	—
	Proporción de ventas de BEV	-0%	5.9%	30.4%	65.2%	100.0%	100.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	4.0%	19.6%	9.8%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	9.9%	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	125	107	92	82	82
Alineación con Estados Unidos	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	140	110	57	26	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	13%	14%	100%	—
	Proporción de ventas de BEV	-0%	8.0%	34.0%	64.6%	100%	100%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	6.1%	21.9%	12.3%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	14.1%	55.9%	77.0%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	140	125	107	92	82	82

<sup>a</sup> Todas las estimaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> se basan en los ciclos CAFE de Estados Unidos.

<sup>b</sup> Las reducciones anuales para las metas promedio de la flota se estiman a partir de 2025, ya que la norma comienza en ese año. Por ejemplo, la tasa para 2030 corresponde a la tasa de reducción anual de 2025 a 2030, y la tasa para 2035 es la de 2030 a 2035, y así sucesivamente. Esta fórmula se utilizó para estimar las tasas promedio anuales entre períodos de tiempo:

$$1 - \left[ \frac{\text{emisiones en g/km al final del año}}{\text{emisiones en g/km al inicio del año}} \right]^{1/(\text{año final} - \text{año inicial})}$$

**Tabla A4**

**Resumen de elementos clave en los escenarios: camionetas ligeras**

Escenario	Elementos del escenario <sup>a</sup>	2016	2025	2030	2035	2040	2050
Base	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	186	175	163	150	118
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	1.2%	1.4%	1.6%	2.4%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.9%	2.9%	5.0%	8.0%	20.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	3.0%	5.0%	8.0%	20.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	189	180	171	163	147
NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	224	200	186	171	135
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	2.3%	1.4%	1.6%	2.4%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.9%	2.9%	5.0%	8.0%	20.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	3.0%	5.0%	8.0%	20.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	229	206	196	186	168
NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	187	167	153	138	103
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	2.3%	1.6%	2.1%	2.9%
	Proporción de ventas de BEV	-0%	1.9%	4.8%	7.9%	13.0%	28.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	2.0%	5.0%	8.0%	13.0%	28.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	191	175	167	158	143
Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	172	91	43	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	12%	14%	100%	—
	Proporción de ventas de BEV	-0%	9.1%	48.0%	74.0%	100.0%	100.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.4%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	9.6%	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	189	180	171	165	165
Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	168	81	35	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	13.6%	15.5%	100.0%	—
	Proporción de ventas de BEV	—	9.1%	48.0%	74.0%	100.0%	100.0%
	Proporción de ventas de PHEV	—	0.4%	2.0%	1.0%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	9.6%	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	186	159	137	121	121
Alineación con Estados Unidos	Meta de emisiones de CO <sub>2</sub> promedio de la flota (g/km)	207	158	68	32	0	0
	Reducción media anual de las emisiones promedio de CO <sub>2</sub> de la flota <sup>b</sup>	—	—	16%	14%	100%	—
	Proporción de ventas de BEV	-0%	14.4%	55.6%	76.2%	100.0%	100.0%
	Proporción de ventas de PHEV	-0%	0.9%	2.3%	1.2%	0.0%	0.0%
	Proporción total de EV	-0%	15.3%	58.0%	77.4%	100.0%	100.0%
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de vehículos de combustión interna (g/km)	207	186	159	137	121	121

<sup>a</sup> Todas las estimaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> se basan en los ciclos CAFE de Estados Unidos.

<sup>b</sup> Las reducciones anuales para las metas promedio de la flota se estiman a partir de 2025, ya que la norma comienza en ese año. Por ejemplo, la tasa para 2030 corresponde a la tasa de reducción anual de 2025 a 2030, y la tasa para 2035 es la de 2030 a 2035, y así sucesivamente. Esta fórmula se utilizó para estimar las tasas promedio anuales entre períodos de tiempo:

$$1 - \left[ \frac{\text{emisiones en g/km al final del año}}{\text{emisiones en g/km al inicio del año}} \right]^{1/(\text{año final} - \text{año inicial})}$$

**Tabla A5**

Distribución de BEV y PHEV por tipo de vehículo y año (la proporción de ventas para 2023–2039 es supuesta)

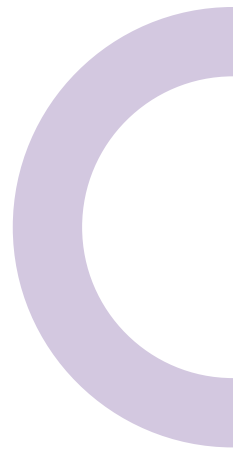
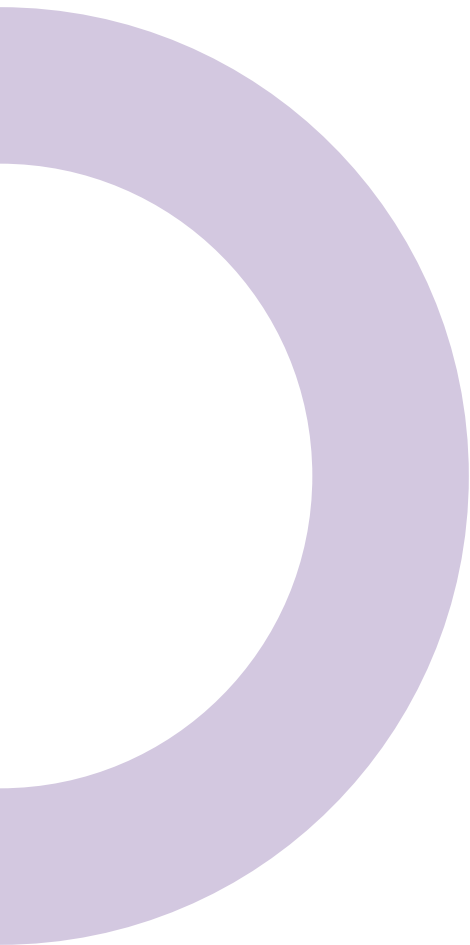
Año	Automóviles de pasajeros		Camionetas ligeras	
	Relación de BEV con EV	Relación de PHEV con EV	Relación de BEV con EV	Relación de PHEV con EV
2019	21%	79%	12%	88%
2020	14%	86%	54%	46%
2021	23%	77%	67%	33%
2022	40%	60%	88%	12%
2023	54%	46%	93%	7%
2024	55%	45%	93%	7%
2025	56%	44%	94%	6%
2026	57%	43%	94%	6%
2027	58%	42%	95%	5%
2028	59%	41%	95%	5%
2029	60%	40%	96%	4%
2030	61%	39%	96%	4%
2031	65%	35%	97%	3%
2032	69%	31%	97%	3%
2033	73%	27%	98%	2%
2034	77%	23%	98%	2%
2035	81%	19%	99%	1%
2036	85%	15%	99%	1%
2037	89%	11%	100%	0%
2038	93%	7%	100%	0%
2039	97%	3%	100%	0%
2040	100%	0%	100%	0%
2041	100%	0%	100%	0%
2042	100%	0%	100%	0%
2043	100%	0%	100%	0%
2044	100%	0%	100%	0%
2045	100%	0%	100%	0%
2046	100%	0%	100%	0%
2047	100%	0%	100%	0%
2048	100%	0%	100%	0%
2049	100%	0%	100%	0%
2050	100%	0%	100%	0%

## APÉNDICE B

**Tabla B1**

**Emissiones anuales y acumuladas de CO<sub>2</sub> para los escenarios modelados de 2024 a 2050 (millones de toneladas)**

Escenario	Frecuencia	Años													Reducción en 2050 vs. escenario Base	
		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2050	Millones de toneladas	%
Base	Anual	56	54	52	50	49	48	47	46	45	44	43	43	40	0	0.0
	Acumulado	56	109	161	212	261	309	355	401	446	490	534	577	1194	0	0.0
NOM 163 Fase 2 con Todos los Créditos y Multiplicadores	Anual	56	54	53	52	51	50	49	49	48	48	47	47	45	6	14.1
	Acumulado	56	110	163	215	265	315	365	413	461	509	556	603	1302	108	9.0
NOM 163 Fase 2 con Multiplicadores	Anual	56	54	52	50	49	48	46	45	44	43	42	42	37	(3)	(6.4)
	Acumulado	56	109	161	211	260	308	354	399	443	487	529	571	1158	(37)	(3.1)
Meta de Electrificación al 2030 con Emisiones BAU para Vehículos ICE	Anual	56	53	51	50	48	46	44	43	41	39	38	36	21	(19)	(46.8)
	Acumulado	56	109	160	210	258	304	348	390	431	471	508	545	948	(246)	(20.6)
Meta de Electrificación al 2030 con Mejoras para Vehículos ICE	Anual	56	53	51	49	47	46	44	42	40	38	37	35	20	(19)	(48.8)
	Acumulado	56	109	160	209	257	302	346	388	428	466	503	537	922	(273)	(2.8)
Alineación con Estados Unidos	Anual	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	36	34	20	(20)	(49.7)
	Acumulado	55	109	160	209	256	301	344	385	424	462	497	531	905	(289)	(24.2)



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

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

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

**icct**  
CONSEJO INTERNACIONAL  
DE TRANSPORTE LIMPIO