




WHITE PAPER

JUNIO DE 2023

HOJA DE RUTA PARA DESCARBONIZAR EL TRANSPORTE DE CARGA EN AMÉRICA LATINA ENTRE 2025 Y 2050

Helmer Acevedo, Samantha Pettigrew, Leticia Pineda, y Oscar Delgado



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

ACKNOWLEDGMENTS

Agradecemos a Carlos Bueno, Carlos Jiménez, Gonzalo García y a Ana Beatriz Rebouças por sus revisiones del contenido. También agradecemos a Gary Gardner y Jorge Gordillo por su edición del contenido, y a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) y el *Climate and Clean Air Coalition* (CCAC) por su generoso financiamiento para este proyecto. Los autores son responsables de cualquier error en este reporte.

Edited by Michael Doerrer

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

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

© 2023 International Council on Clean Transportation

INTRODUCCIÓN

El transporte de carga terrestre es el principal modo de transporte en América Latina. Este sector emitió 215,2 MT CO₂ (47 %) de las 454 MT CO₂ producidas en la región por el total del sector transporte,¹ lo que representa más de 70 % de la carga transportada en la región y alrededor del 6 % del producto interno bruto entre los años 2015 y 2018.² El presente reporte tiene por objetivo funcionar como una hoja de ruta para que los países de América Latina logren la descarbonización del transporte de carga terrestre en vehículos livianos, medianos y pesados.

La región de América Latina y el Caribe se conforma por 33 países y tiene una población aproximada de 650 millones de personas, 8 % de la población mundial.³ Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de efecto local del transporte de carga impactan negativamente al clima y a la salud de los habitantes. Los vehículos diésel de carga son la principal fuente de emisiones de material particulado (PM) y de óxidos de nitrógeno en el mundo (NO_x). En América Latina, el consumo de diésel equivale al 38 % del consumo total de combustibles. Para el año 2019, Colombia y Brasil presentaron un consumo de 133.2 PJ⁴ y 2510.0 PJ,⁵ respectivamente, representando 38 y 70 % del consumo total de combustibles. De igual forma, para 2019, en la región de América Latina y el Caribe, las emisiones de óxidos de nitrógeno ascendieron a 388 300 toneladas métricas equivalentes de CO₂, lideradas por Brasil (182 050 ton CO₂equiv), Argentina (48 350 ton CO₂equiv), México (44 150 ton CO₂equiv) y Colombia (22 860 ton CO₂equiv).⁶

Los vehículos pesados de carga representan menos de 10 % de la flota, pero contribuyen hasta con un 40 % de las emisiones GEI globales del sector transporte.⁷ El sector de carga es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de partículas finas y precursores de ozono.⁸ El material particulado ultrafino (PM_{2,5}) contribuyó a la muerte prematura de 2,9 millones personas a nivel mundial en 2017, así como a enfermedades pulmonares, cardiovasculares e infecciones respiratorias, entre otras. Adicionalmente, las altas concentraciones de ozono atmosférico a nivel del suelo contribuyeron a la muerte prematura de 472 mil personas en el mundo en el mismo año.⁹

1 Walter Vergara, Jorgen Fenhann, y Silvia R. Santos da Silva, "Zero Carbon Latin America and the Caribbean: The opportunity, cost and benefits of the coupled decarbonization of the power and transport sectors in Latin America and the Caribbean" (United Nations Environment Programme, 2019), <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34532>.

2 José A. Barbero, Rodolfo Fiadone, y María Florencia Millán Placci, "El Transporte Automotor de Cargas en América Latina" (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020), <https://repositoria.uca.edu.ar/handle/123456789/10424>.

3 "Population, total - Latin America & Caribbean," The World Bank, consultado el 23 de febrero 2022, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POPTOTL?locations=ZJ>.

4 "Colombia," International Energy Agency, consultado el 23 de febrero 2022, <https://www.iea.org/countries/colombia>.

5 "Brazil," International Energy Agency, consultado el 23 de febrero 2022, <https://www.iea.org/countries/brazil>.

6 "Emisiones de óxido nítrico (miles de toneladas métricas de equivalente de CO₂) - Latin America & Caribbean," Banco Mundial, consultado el 23 de febrero 2022, https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.NOXE.KT.CE?end=2017&locations=ZJ&most_recent_year_desc=false&start=2017&view=map.

7 Marissa Moultaq, Nic Lutsey, y Dale Hall, *Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles*, (Washington, DC: ICCT, 2017), https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Zero-emission-freight-trucks_ICCT-white-paper_26092017_vF.pdf; "How to eliminate pollution from heavy-duty vehicles," Union of Concerned Scientists, consultado el 29 de abril 2022, <https://www.ucsusa.org/resources/heavy-duty-vehicles-and-nox>.

8 Margaret Zawacki, Kirk R. Baker, Sharon Phillips, Kenneth Davidson, y Philip Wolfe, "Mobile source contributions to ambient ozone and particulate matter in 2025." *Atmospheric Environment* 188 (2018): 129-141, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.057>; Nikiforos Zacharof, Sina Kazemi Bakhshmand, Tianlin Niu, Felipe Rodríguez, Sheng Su, Tao Lu, Konstantin Weller, Petri Soderena, y Rasmus Pettinen, "Pollutant emissions from the latest generation of heavy-duty vehicles in Europe and China," (SAE International, Technical Paper 2022-01-1024), <https://doi.org/10.4271/2022-01-1024>.

9 Susan Anenberg, Joshua Miller, Daven Henze, y Ray Minjares, *A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015*, (Washington, DC: ICCT, 2019), https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Global_health_impacts_transport_emissions_2010-2015_20190226.pdf.

Respecto a los países de América Latina, la figura 1 muestra el número de muertes atribuibles al sector transporte por todas las fuentes, las muertes atribuibles a las emisiones de PM2.5 y ozono troposférico y el porcentaje de participación de vehículos diésel para el año 2015. Como referencia, para las dos economías más grandes de América Latina, México y Brasil, son atribuibles 36 000 y 52 000 muertes a todas las fuentes, y con 8100 y 5700 muertes, respectivamente, debidas específicamente al material particulado y ozono troposférico. México cuenta con 39 % de participación de vehículos diésel en su movilidad de carga, mientras que Brasil alcanza 50 % de participación de vehículos diésel en su flota.

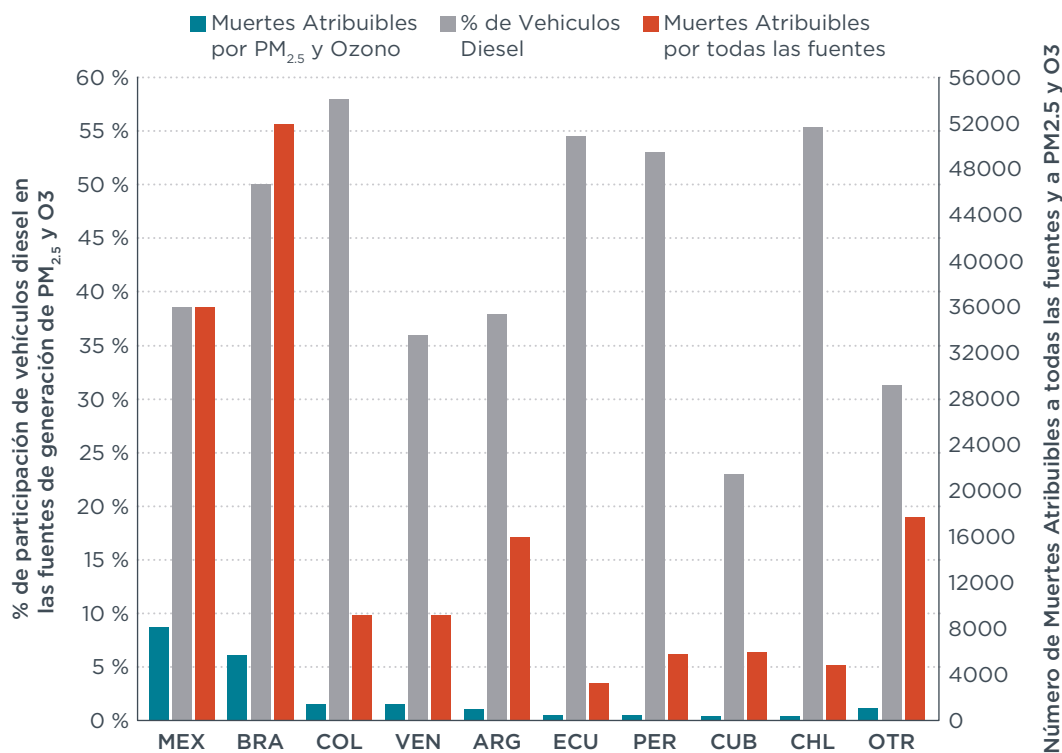


Figura 1. Porcentaje de muertes por PM2.5 y ozono atribuibles al sector transporte con relación a todos los sectores en algunos países de América Latina. Fuente: Anenberg et al.¹⁰

América Latina presenta un sector de transporte de carga altamente informal. Dentro de las características de este sector se encuentran: (i) dependencia del sector de carga a los combustibles fósiles y la prevalencia de tecnologías contaminantes, (ii) el rezago regulatorio sobre tecnologías vehiculares y combustibles limpios, (iii) la atomización del sector de carga en pequeños transportistas o personas-camión, que no cuentan con acceso a financiamiento para la renovación de flotas (la edad media de los vehículos en los países de la región se sitúa entre los 14 y 17 años),¹¹ y (iv) la falta de metas de descarbonización para los distintos segmentos vehiculares de carga e incentivos para la adopción de vehículos cero emisiones.

Por otro lado, los países de la región se han adherido progresivamente a los compromisos climáticos a nivel internacional, como el Acuerdo de París. En esta línea, se han tomado algunas acciones y políticas públicas para acelerar la adopción de vehículos cero emisiones. Más aún, algunos países de la región ya están implementándolas.

¹⁰ Anenberg, Miller, Henze, y Minjares, *A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015 et al.*, 2019.

¹¹ José A. Barbero, Rodolfo Fiadone, y María Florencia Millán Placci, "El Transporte Automotor de Cargas en América Latina." (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020), <https://repositoria.uca.edu.ar/handle/123456789/10424>

La descarbonización del sector transporte tendrá un impacto positivo en la región, favoreciendo el crecimiento de los países mediante el desarrollo verde de sus economías, incrementando la competitividad del sector transporte, disminuyendo los impactos sobre la salud causados por las emisiones contaminantes y permitiendo que la región continúe siendo una despensa de productos agrícolas para el mundo, entre otros. Una hoja de ruta para la descarbonización del transporte de carga en América Latina debe considerar los siguientes cinco tipos de políticas:

- 1. Metas de ventas de vehículos nuevos cero emisiones** – Establecer metas de ventas que planteen una visión de largo plazo y estén alineadas con las reducciones necesarias para conseguir la neutralidad de carbono al año 2050.
- 2. Regulaciones Ambientales y Operacionales** – Establecer regulaciones obligatorias por ley alineadas con las metas establecidas en el punto anterior, para garantizar la transición gradual de las tecnologías de combustión interna. Crear el marco regulatorio necesario para la adopción de tecnologías cero emisiones, que incluyen instrumentos como estándares de eficiencia energética, emisiones vehiculares y normativas asociadas a la electrificación del transporte.
- 3. Incentivos fiscales** – Establecer incentivos de compra o de utilización de vehículos cero emisiones para cerrar posibles brechas del costo total de propiedad entre las tecnologías de cero emisiones y las tecnologías actuales.
- 4. Infraestructura de recarga** – Desarrollar la infraestructura de recarga necesaria para habilitar el despliegue de tecnologías cero emisiones a un alcance y línea de tiempo ambiciosos, para una transición a esta clase de vehículos a largo plazo.
- 5. Promoción de la demanda** – Establecer requisitos de compra para flotas seleccionadas y condiciones habilitantes para promover la demanda de vehículos cero emisiones.

Este reporte se organiza presentando primero las barreras, después se abordan las oportunidades que tiene la región para superarlas y, finalmente, se detalla la hoja de ruta recomendada para la descarbonización del transporte de carga terrestre en América Latina.

TABLE OF CONTENTS

Introducción	i
Barreras para la descarbonización del transporte de carga	1
Políticas de combustibles	1
Acceso a financiamiento	4
Falta de planes para despliegue de infraestructura de recarga	4
Oportunidades para la descarbonización del transporte de carga	6
Estándares vehiculares	6
Etiquetado	7
Impuestos al carbono	9
Avance de la electromovilidad	10
Descarbonización de la matriz energética	11
Resumen de la actualidad en América Latina	13
Hoja de ruta para descarbonizar el transporte de carga en américa latina	15
Metas de ventas de vehículos nuevos cero emisiones	17
Regulaciones	17
Incentivos fiscales	19
Infraestructura	20
Promoción de la demanda	22
Conclusiones	24

BARRERAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CARGA

En años recientes, América Latina ha comenzado la transición hacia la descarbonización del sector transporte, empezando con el transporte urbano de pasajeros. Para el sector de carga, esta transición presenta retos importantes, resaltando que ya se registran pilotos para la electrificación de flotas urbanas.

Existen barreras evidentes para la transformación del sector de carga relacionadas con su dependencia a los combustibles fósiles, la larga vida útil de los vehículos y la renovación de la flota, la informalidad del sector y su limitada capacidad financiera, así como la reducida oferta de vehículos cero emisiones y la incipiente infraestructura de recarga necesaria, aunado a la falta de estrategias integrales y políticas públicas.

En esta sección se detallan algunas de las barreras que enfrenta la región en su camino hacia la descarbonización del sector de transporte de carga.

POLÍTICAS DE COMBUSTIBLES

La región de América Latina es dependiente, prácticamente en su totalidad, de recursos fósiles para su operación. En el camino hacia la transición se deben considerar políticas que aceleren la adopción de tecnologías de cero emisiones a la par de reducir las emisiones de los vehículos de combustión interna, que seguirán en la flota durante las próximas dos décadas.

Sobre las barreras asociadas a los combustibles fósiles, por un lado, existen retrasos en la distribución de diésel ultra bajo en azufre (<15 ppm), necesario para la introducción de los sistemas de post-tratamiento más avanzados que se requieren para cumplir con los estándares Euro VI y EPA 2010. Por otro lado, se ha visto un aumento en el uso de biocombustibles y del gas natural vehicular durante los últimos años. Esta sección aborda la calidad de diésel, además de los problemas de la masificación de estos combustibles denominados “verdes”, promoviendo erradamente como alternativas viables en el camino hacia la descarbonización del sector de transporte de carga en América Latina.

Calidad del combustible diésel

La región de América Latina es dispar en cuanto a las políticas que impulsan los estándares de calidad de combustibles y emisiones más exigentes. Algunos países son productores de combustible crudo y cuentan con buenas capacidades de refinación como Colombia, Argentina, México, Paraguay y Perú. Hay otros países que son importadores, como Costa Rica, Chile y Uruguay. Sin importar su condición de productor o importador, todos los países en América Latina deben establecer regulaciones que permitan la distribución de diésel con bajo contenido de azufre¹² para poder adoptar los estándares equivalentes a Euro VI en el corto plazo. Adicionalmente, las emisiones de la flota con tecnologías anteriores también se verán reducidas al contar con combustibles más limpios. La figura 2 muestra los niveles de azufre en los países de América Latina.

¹² Denominado ULSD (*Ultra Low Sulphur Diésel*) por sus siglas en Ingles.

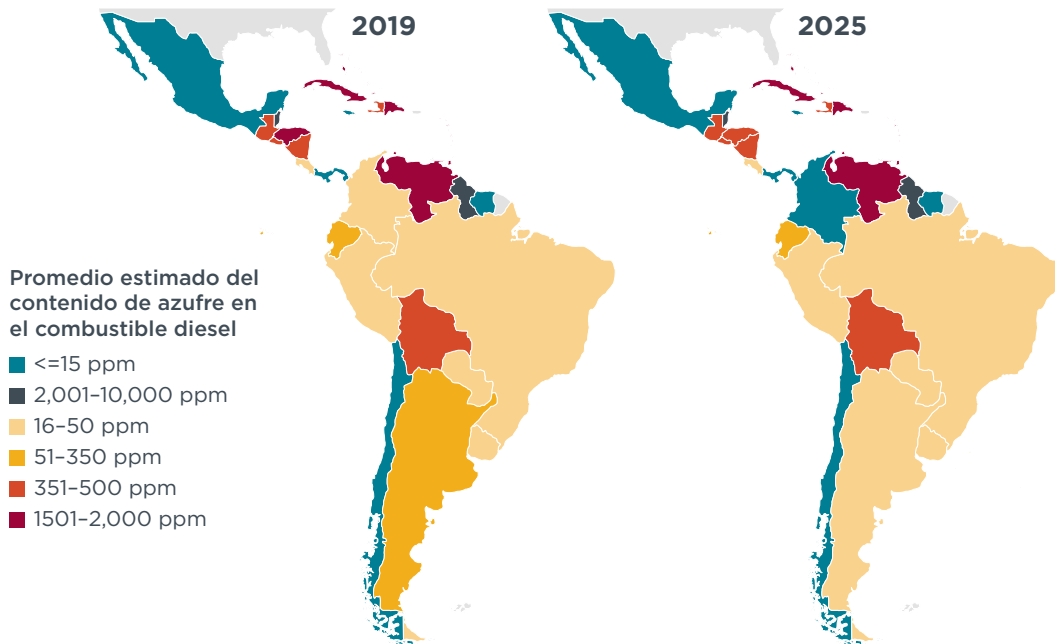


Figura 2. Contenido promedio de azufre en diésel por país en 2019 (actual) y 2025 (estimado).¹³

Biocombustibles

América Latina se encuentra desarrollando políticas de implementación de biocombustibles. Es fundamental aclarar que existen serias preocupaciones por la masificación de los biocombustibles en cuanto a (i) los cambios en el uso del suelo, con consecuencias de deforestación y seguridad alimentaria,¹⁴ (ii) las emisiones globales que cuantifican las que se requieren para producirlos y las que se producen durante su combustión,¹⁵ (iii) políticas de subsidios desarrollados por los gobiernos de América Latina, y (iv) falta de generación de empleo que se promueve por la masificación de estos biocombustibles.¹⁶

Los suelos que se usan para la producción de biocombustibles, por la elevada intensidad en los cultivos, exigen altas cantidades de agua y fertilizantes principalmente ocasionando deterioros acelerados en los mismos.¹⁷ Por la ubicación de los terrenos fértiles para producción de biocombustibles en la región, se han desplazado cultivos dedicados a la alimentación humana, ya que los biocombustibles son más atractivos por los subsidios que los gobiernos han promovido.¹⁸

El uso de mezclas de biocombustibles¹⁹ con el diésel ha incrementado en la región durante la última década y se proyecta que se alcancen mezclas de hasta 26 % en

13 Josh Miller y Lingzhi Jin, *Global progress towards soot-free diésel vehicles in 2019*, (Washington, DC: ICCT, 2019), <https://theicct.org/publications/global-progress-toward-soot-free-diésel-vehicles-2019>.

14 Carmenza Castiblanco y Andres Etter. "Biofuels as a new energy paradigm: The key points of debate after a decade." *Cuadernos de Desarrollo Rural* 10, no. 70 (2013): 69-92.

15 Miguel Angel Gonzalez-Salazar, Mauro Venturini, Witold-Roger Poganietz, Mattias Finkenrath, Helmer Acevedo, y Trevor Kirsten, "Bioenergy Technology Roadmap for Colombia," (Università degli Studi di Ferrara, 2014), <https://doi.org/10.15160/unife/eprintsunife/774>.

16 Gonzalez-Salazar et al., 2014., Venturini, Poganietz, Finkenrath, Acevedo, y Kirsten, "Bioenergy Technology Roadmap for Colombia."

17 Fabiola Serna, Luis Barrera, y Héctor Montiel, "Impacto social y económico en el uso de biocombustibles." *Journal of Technology Management & Innovation* 6, no. 1 (2011): 100-114.

18 Geraldo Stachetti, Izilda Rodrigues, Cláudio César de A. Buschinelli, Marcos Antônio Ligo, Adriana Moreno Pires, Rosa Frighetto, y Luis José Maria Irias, "Socio-environmental impact of biodiésel production in Brazil." *Journal of Technology Management & Innovation* 2, no. 2 (2007): 46-66.

19 Por ejemplo, biodiésel producido de aceites vegetales comestibles como el aceite de palma y soya.

2026.²⁰ Adicionalmente, la producción de biocombustibles es altamente demandante de recursos naturales y, en algunos, casos aumenta las emisiones GEI.²¹

En Brasil, las políticas de fomento a los biocombustibles son bastante ambiciosas. El programa RenovaBio busca aumentar el uso de biocombustibles en el país. Es un programa que bloquea la producción de combustibles avanzados provenientes de desechos, residuos y celulosa. Adicionalmente se tienen que adoptar salvaguardas para evitar el cambio indirecto de uso de suelo derivado del incremento de la demanda de biocombustibles.²²

Gas natural

Aunque el transporte de carga en América Latina se ha movido principalmente con combustible diésel, el uso del gas natural para uso energético ha aumentado 29 % entre los años 2000 y 2020.²³ Según la estimación de ECLAC, desde 1990 hasta 2012, el gas natural en el sector transporte ha incrementado de 15 % a 27 %.²⁴ México, Bolivia, Argentina, Venezuela y Perú han visto los aumentos más altos en la región, como proveedores del gas natural. Esto influye en las políticas de transporte,²⁵ por ejemplo, Colombia aprobó en 2021 la Ley 2128²⁶ que promueve la masificación del uso de vehículos dedicados a gas y busca que 30 % de los vehículos de carga cuenten con esta tecnología.

Por la alta disponibilidad e infraestructura de distribución, el gas natural vehicular comprimido (GNC) se ha convertido en una alternativa energética para el sector carga, aunque varios estudios han mostrado que la transición hacia el GNC tiene pocos beneficios.²⁷ Las emisiones de vehículos de gas natural contabilizadas en número de partículas ultrafinas son 50 veces mayores en comparación con los vehículos diésel certificados bajo el mismo estándar.²⁸

Adicionalmente, emisiones fugitivas de metano provenientes del uso de gas natural impactan hasta 82.5 y 30 veces más que las emisiones de CO₂ en una base de tiempo de 20 y 100 años, respectivamente.²⁹

Políticas fiscales

Otro aspecto importante son las políticas de precios y subsidios de los combustibles fósiles. Subsidiarlos ha mostrado que disminuye la competitividad de algunos sectores

20 "Bioenergy," International Energy Agency, consultado el 1 de septiembre 2022, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy>.

21 John M. DeCicco, "Author's response to commentary on 'carbon balance effects of U.S. biofuel production and use.'" *Climatic Change* 144, (2017): 123-129, <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2026-9>.

22 Nikita Pavlenko y Carmen Araujo, *Opportunities and risks for continued biofuel expansion in Brazil*, (Washington, DC: ICCT, 2019), https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ICCT_Brazil_lowcarbon_fuel_opp_20190726.pdf.

23 "El rol del gas natural en la transición energética de América Latina," *Inter Press Service*, 16 de febrero 2022, <https://ipsnoticias.net/2022/02/el-rol-del-gas-natural-en-la-transicion-energetica-de-america-latina/#:~:text=La%20importancia%20del%20gas%20ha,esta%20cifra%20era%20del%2024%25>.

24 Rolando Campos Canales y Gabriel Pérez, "Technology and alternative energy use in motor vehicle transport in Latin America and the Caribbean," *FAL Bulletin*, no. 368, (2019), 1-8, <https://hdl.handle.net/11362/44565>.

25 Samantha Pettigrew y Oscar Delgado, *¿Puede Colombia convertirse en el líder de transporte limpio de América Latina?*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/latam-colombia-transporte-limpio-feb22/>.

26 Ley 2128, El Congreso de Colombia, 4 de Agosto de 2021, <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202128%20DEL%204%20DE%20AGOSTO%20DE%202021.pdf>.

27 Simon Nylund y Niklas Wenstedt, "Well-to-wheels analysis of heavy-duty truck fuels: A comparison between LNG, LBG and Diésel," (Master's Thesis, Mälardalen University, 2019), <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1324115/FULLTEXT01.pdf>; Rachel Muncrief, *A comparison of nitrogen oxide (NOx) emissions from heavy-duty diésel, natural gas, and electric vehicles*, (Washington, DC: ICCT, 2021), <https://theicct.org/publications/low-nox-hdvs-compared-sept21>.

28 Muncrief, *A comparison of nitrogen oxide (NO_x) emissions from heavy-duty diésel, natural gas, and electric vehicles* 2021.

29 Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," (2021), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

económicos de los países, como es el sector agrícola.³⁰ Estas medidas son regresivas y desincentivan medidas de eficiencia energética, poniendo en desventaja las tecnologías más avanzadas.

ACCESO A FINANCIAMIENTO

Otra barrera importante hacia la descarbonización del transporte de carga terrestre es la falta de acceso a recursos de financiamiento. En América Latina (como en el resto del mundo) el transporte de carga es un sector altamente atomizado e informal y la mayoría de los transportistas operan bajo el esquema persona-camión o de pequeños transportistas.³¹ Contrario al transporte informal, el formal es un esquema de trabajo organizado, con tarifas definidas y contratos estables a corto, mediano y largo plazo, donde las empresas de transporte de carga garantizan estándares de servicio en cuanto a calidad, cumplimiento, rastreo satelital, información de despachos, entre otros.

Para un transportista en América Latina, esa informalidad representa altos costos operativos, pues al no tener una operación programada, requiere de altos tiempos de espera para conseguir carga, ofreciendo sus servicios a tarifas más bajas que representan muchas veces pérdidas. Esto genera baja rentabilidad en su negocio, imposibilitando el acceso a fuentes de financiamiento para renovar las flotas.

La falta de acceso a financiamiento impacta la renovación de la flota convencional y, por lo tanto, el financiamiento de tecnologías cero emisiones. Aún más, el poco despliegue y falta de experiencia con estas nuevas tecnologías puede influir en el portafolio de servicios financieros disponibles en la región y en tasas de interés más altas por la incertidumbre del mercado y la tecnología, así como en limitada flexibilidad en los plazos de créditos, entre otros.³²

FALTA DE PLANES PARA DESPLIEGUE DE INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

Mientras la tecnología de los vehículos de carga aún no se encuentra plenamente disponible, y esto sigue siendo un reto, uno de los temas más discutidos a la fecha con respecto a las barreras hacia un transporte de carga cero emisiones, es la falta de infraestructura de recarga.

Derivado de esto es necesario determinar el nivel de inversión asociada, el financiamiento para construir la infraestructura y el capital humano para construir, operar y mantenerla. Adicionalmente se requieren normas para la homologación de sistemas de recarga con estándares internacionales,³³ y planes de crecimiento y cobertura a nivel nacional para la disponibilidad de energéticos para todo tipo de recarga y aplicación.

Es de aclarar que la región no ha adoptado estándares para desplegar sistemas de recarga eléctrica. La infraestructura para carga urbana e interurbana requiere retos

30 Miguel Ángel Mendoza, *Panorama preliminar de los subsidios y los impuestos a las gasolinas y diésel en los países de América Latina*, (CEPAL: Santiago, 2014), https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/37431/S1420710_es.pdf.

31 Leticia Pineda, *Compartiendo, aprendiendo y co-creando hacia un ecosistema de carga sustentable*, (Washington, DC: ICCT, 2020), <https://theicct.org/sites/default/files/Reporte%20del%20taller%20internacional%20sobre%20iniciativas%20de%20carga%20verde%2C%20abril%202020.pdf>; Hilda Martínez Salgado, *El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina*, (CEPAL, 2018), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44344-desafio-sector-transporte-contexto-cumplimiento-contribuciones-determinadas>.

32 Francisco Herranz, "El gran desconocimiento social de las tecnologías renovables socava la descarbonización del transporte y la industria," *Industry Talks*, 10 de agosto de 2022, <https://industrytalks.es/el-gran-desconocimiento-social-de-las-tecnologias-renovables-socava-la-descarbonizacion-industrial/>.

33 Samantha Pettigrew, *Choosing a national electric vehicle charger strategy: Relevant factors and the case of Chile*, (Washington, DC: ICCT, 2023), <https://theicct.org/publication/lat-am-evs-choose-charger-std-chile-jan23/>.

diferentes, pero conducentes al mismo fin. La carga urbana requiere de sistemas de recarga adecuados a su operación, por ejemplo, recarga nocturna en los parqueaderos. Por el contrario, la recarga interurbana requiere de sistemas rápidos ubicados estratégicamente en los corredores de carga de los países.

En un reciente estudio del ICCT en Europa, sobre la percepción de las flotas acerca de las barreras para la electrificación del transporte de carga por carretera, se identificó como principal obstáculo para la adopción acelerada de vehículos cero emisiones, la falta de infraestructura. Para poder avanzar en este tema, se requiere de mayor colaboración entre los gobiernos, propietarios de flotas, fabricantes de camiones, las compañías de electricidad y los proveedores de infraestructura.³⁴

34 Pierre-Louis Ragon y Felipe Rodríguez, *Road freight decarbonization in Europe: Readiness of the European fleets for zero-emission trucking*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/09/road-freight-decarbonization-europe-sep22.pdf>; Tanzila Khan, Zifei Yang, Sumati Kohli, y Josh Miller, *A critical review of ZEV deployment in emerging markets*, (ICCT: Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/ZEV-EMDE-white-paper-A4-v3.pdf>.

OPORTUNIDADES PARA LA DESCARBONIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CARGA

ESTÁNDARES VEHICULARES

Los estándares de eficiencia energética y de emisiones son herramientas claves para ayudar a los gobiernos a descarbonizar las flotas de vehículos de carga.

Estándares de eficiencia energética

Brasil y México fueron los primeros países de la región en implementar estándares o regulaciones de eficiencia energética para vehículos livianos, que representan un avance importante en la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Brasil en 2012 adoptó el programa Inovar-Auto³⁵ entre 2013 y 2017, y posteriormente el Programa ROTA 2030, que lo sustituye³⁶ y busca hacer más eficientes los vehículos livianos nuevos, la fabricación local y el otorgamiento de incentivos fiscales. Por otro lado, México publicó estándares de eficiencia energética para vehículos livianos y camionetas ligeras³⁷ en 2013 y se espera que se publique su actualización con metas más exigentes durante 2023.³⁸

Desde 2021, Chile es el primer y único país en la región con estándares de eficiencia energética propuestos para todos los tipos de vehículos de carretera (livianos, medianos, y pesados). Las metas para vehículos livianos fueron definidas en 2022 y se alinean con la tendencia de los países más avanzados. Su aplicación comenzará a implementarse en 2024.³⁹

A la fecha, Brasil tiene el estándar de eficiencia para vehículos livianos más exigente, con una meta de 18,7 km/l,⁴⁰ seguido por México y Chile, a 16,7 km/l y 15,0 km/l, respectivamente.⁴¹ A partir de 2024, Chile superará a Brasil y México con el objetivo de llegar a 28,9 km/l en 2030.⁴²

Chile tendrá el primer estándar para vehículos pesados en América Latina en 2028, seguido probablemente por Brasil, que tiene sus propios planes de implementación en 2032, a través del programa ROTA 2030.⁴³ Fuera de estos tres mercados, no existen planes de implementación oficiales sobre eficiencia energética de vehículos pesados en ningún otro país de la región.

Establecer y hacer más exigentes los estándares de eficiencia energética vehicular, se traduce en importantes reducciones en los costos de operación para las flotas, ya que el combustible representa aproximadamente 40 % de sus costos. Dependiendo

35 *Brazil's Inovar-Auto incentive program*, (ICCT: Washington, DC, 2013), https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_Brazil_InovarAuto_feb2013.pdf.

36 Rota 2030 – Mobilidade e Logística, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 25 de junio de 2020, <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>.

37 NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) 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, Diario oficial de la Federación, 21 de junio 2013, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013.

38 Carlos Jiménez y Leticia Pineda, *Proyecto de modificación de la norma mexicana de rendimiento de combustible para vehículos ligeros - NOM-163-SEMARNATENER-SCFI-2013*, (ICCT: Washington, DC: ICCT,, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/11/mexico-lvs-nom163-update-nov22.pdf>.

39 Samantha Pettigrew, *Estándares de eficiencia energética y objetivos de los vehículos cero emisiones en Chile*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/08/lat-am-lvs-hvs-chile-ESP-aug22.pdf>.

40 Zifei Yang, "Brazil light-duty vehicle efficiency standards," (ICCT, 2015), https://theicct.org/sites/default/files/Brazil_PVstds-facts_jan2015.pdf.

41 "Official fuel efficiency and CO₂ emission data sources," International Council on Clean Transportation, consultado el 4 de octubre 2022, <https://theicct.org/tools-fuel-efficiency-co2-data/>.

42 Fija estándar mínimo de eficiencia energética para vehículos motorizados livianos, Diario Oficial de la República de Chile, 12 de febrero de 2022, https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/diario_oficial_estandar_de_eficiencia_energetica_para_vehiculos_livianos.pdf.

43 FI Group, "ROTA 2030," consultado el 26 de abril 2022, <https://www.rota2030.com.br/>.

del tamaño del vehículo, estas ganancias en eficiencia se obtienen por mejoras en los motores, transmisión, tren motriz, el uso de dispositivos aerodinámicos, neumáticos de baja resistencia a la rodadura, reducción del ralentí, entre otros. Algunas de estas medidas son promovidas dentro de los programas de flete verde, como *SmartWay* en Estados Unidos y Canadá, y sus homólogos en América Latina, tema que se discutirá más adelante.

Estándares de emisiones

Históricamente, la migración hacia estándares Euro VI equivalentes en toda la región ha sido incipiente por varias razones, incluyendo la falta de combustibles limpios y de incentivos para la renovación de flotas y, en algunas ocasiones, por la resistencia de la industria automotriz.

La figura 3 muestra una línea de tiempo de los nueve países en América Latina que tienen estándares de emisiones definidos para vehículos pesados, junto con los años de su entrada en vigor.

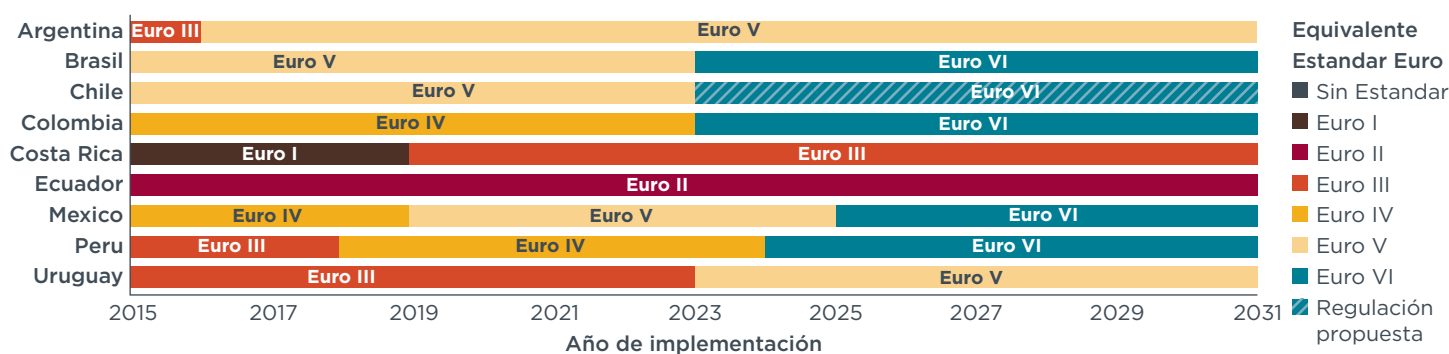


Figura 3. Implementación de estándares de emisiones para vehículos pesados en América Latina.

Al año 2022, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, tienen regulaciones o planes de regulaciones para adoptar estándares Euro VI o equivalentes. En Colombia y Brasil, Euro VI será obligatorio a partir de 2023, Perú y Chile (propuesto) en 2024, mientras que México planea implementarlo en 2025, después de haberlo retrasado nuevamente.

ETIQUETADO

Hay dos tipos de etiquetados importantes para la región: el etiquetado de eficiencia energética y el etiquetado ambiental. A continuación, se describen los dos.

Etiquetado de eficiencia energética

Las etiquetas de eficiencia energética ayudan al consumidor a tomar una decisión de compra de un vehículo, considerando su rendimiento energético y emisiones GEI.⁴⁴ Estas son un complemento de las regulaciones sobre eficiencia energética. También es posible que la etiqueta cuente con información de los contaminantes locales. La información que se despliega en las etiquetas varía en cada país, pero se incluyen datos de consumo de combustible, emisiones de CO₂ y referencias del mercado, entre otras. Existen varios países que cuentan con etiquetados para vehículos ligeros, pero hasta la fecha sólo la Unión Europea, Japón y California han implementado etiquetado para vehículos pesados.⁴⁵

44 Hilda Martínez Salgado y Sebastián Castellanos, "Etiqueta y norma de eficiencia energética para vehículos livianos," (Banco Interamericano Desarrollo, 2019), <https://publications.iadb.org/es/etiqueta-y-norma-de-eficiencia-para-vehiculos-livianos-beneficios-barreras-y-estudios-de-caso-una>.

45 Tianlin Niu, Felipe Rodríguez, y Pierre-Louis Ragon, *International vehicle labeling programs and recommendations for a heavy-duty vehicle greenhouse gas emission labeling program in China*, (ICCT: Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/10/china-hvs-hdv-labeling-china-oct22.pdf>.

Ejemplos de etiquetas de eficiencia energética en América Latina se pueden encontrar en Brasil,⁴⁶ Chile,⁴⁷ Costa Rica⁴⁸ y México.⁴⁹ Se muestra en la figura 4 una etiqueta de Chile, obtenida a través de su portal “Consumo Vehicular”.

Eficiencia Energética



Figura 4. Ejemplo de un etiquetado de eficiencia energética para un vehículo liviano en Chile.

Fuente: consumovehicular.cl.

Etiquetado ambiental

El etiquetado ambiental es una herramienta importante para el sector de carga, que permite identificar los tipos de tecnología y emisiones locales que tiene un vehículo. Es una herramienta que se utiliza en ciudades para implementar políticas de restricción a la circulación de grupos de vehículos en tiempos de alta contaminación del aire, o como mecanismo para garantizar el acceso de vehículos limpios a zonas de bajas y cero emisiones. El desarrollo de programas de etiquetado ambiental es un complemento de otras políticas encaminadas a la reducción de emisiones del transporte y permiten identificar los vehículos más limpios.

Los etiquetados ambientales pueden ser implementados a nivel nacional o localmente por los gobiernos de las ciudades⁵⁰ y buscan contribuir al control de contaminantes criterio en ciertas zonas o en toda la ciudad. Hay iniciativas de etiquetado ambiental basados en contaminantes criterio de algunas tecnologías vehiculares, como el diésel.

46 Ministério da Economia, Veículos Automotivos (PBE veicular), consultado 3 noviembre 2022, <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>.

47 Decreto 61, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 19 de junio de 2012, <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1042535>.

48 Etiquetado ambiental, Dirección de Gestión de Calidad Ambiental de Costa Rica, consultado de 4 de octubre 2022, <http://www.digeca.go.cr/areas/etiquetado-ambiental>.

49 El Poder del Consumidor, *La necesidad de un etiquetado de rendimiento y emisiones contaminantes en vehículos nuevos*, (2019), <https://elpoderdelconsumidor.org/wp-content/uploads/2019/04/d-etiquetado-rendimiento-autos-final-web.pdf>.

50 “The green-zones-shop – All badges for environmental zones in Europe.” Green-Zones.eu, consultado 3 noviembre 2022, <https://www.green-zones.eu/en/products#c13249>.

Ciertas regulaciones locales han definido etiquetados ambientales basados en valores límites en número de partículas y óxidos de nitrógeno, principalmente.

Un ejemplo en Francia es el etiquetado nacional de calidad del aire *CRIT'AIR*, que identifica las emisiones de los vehículos y sirve para restringir el acceso de algunos a la zona de bajas emisiones (ZBE) de París.⁵¹ Las zonas de bajas y cero emisiones establecen criterios de entrada a los vehículos para reducir la contaminación del aire de una zona con alta afluencia de personas, reducir la congestión vehicular y el ruido, y promover la movilidad sustentable. Estas políticas incentivan la renovación vehicular hacia tecnologías más limpias y de cero emisiones. Existen zonas de bajas y cero emisiones específicas para carga principalmente en Europa y China.⁵² Varias ciudades en el mundo han desarrollado planes para que a través de la regulación de estas zonas, el etiquetado ambiental se pueda integrar para un estricto control.⁵³

En América Latina, existen propuestas de programas de etiquetado ambiental en Bogotá⁵⁴ y Medellín,⁵⁵ acordes con sus necesidades de control de contaminantes locales. Desde 2019, Costa Rica también cuenta con un programa de etiquetado ambiental, que combina con su programa de etiquetado de eficiencia energética.⁵⁶

IMPUESTOS AL CARBONO

El impuesto al carbono se aplica al uso de combustibles fósiles por unidad de volumen o peso consumido. En 2014, México implementó el impuesto nacional al carbono para combustibles fósiles. Es un impuesto aguas arriba que se aplica a los productores, importadores o enajenadores de estos combustibles, destinados para la combustión, excepto al gas natural.⁵⁷

En 2018, Chile implementó un impuesto a las emisiones centrándose en vehículos nuevos, con una particularidad: que dentro de la base de cálculo se incluyen las emisiones NO_x y CO₂.⁵⁸ Colombia, a través de una ley publicada en 2016,⁵⁹ implementó un impuesto al carbono que se aplica al diésel, gasolina, queroseno, combustible de aviación y combustible para calderas. Argentina implementó su propio impuesto al

-
- 51 Yoann Bernard, Joshua Miller, Sandra Wappelhorst, y Caleb Braun, *Impacts of the Paris low-emission zone and implications for other cities*. (ICCT: Washington, DCTRUE Initiative., 2020), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Paris-LEV-implications-03.12.2020.pdf>; Tim Dallmann, Yoann Bernard, Uwe Tietge, y Rachel Muncrief, *Remote sensing of motor vehicle emissions in paris*, (ICCT: Washington, DCTRUE Initiative., 2019), https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/TRUE_ParisRS_study_20190909.pdf.
- 52 Hongyang Cui, Pramoda Gode, y Sandra Wappelhorst., *A global overview of zero-emission zones in cities and their development progress*, (ICCT: Washington, DC: ICCT., 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/global-cities-zez-dev-EN-aug21.pdf>.
- 53 Kaylin Lee, Yoann Bernard, Tim Dallmann, Uwe Tietge, Izabela Pniewska, y Isabel Rintanen, *Recommendations for a clean transportation zone in Warsaw*, (ICCT: Washington, DCTRUE Initiative., 2022), <https://theicct.org/publication/fs1-true-warsaw-emissions-apr22/>; Liuhanzi Yang, Ruoxi Wu, Yoann Bernard, Tim Dallmann, Uwe Tietge, Sunggi Shin, Il-woong Yang, Dongjun Ha, Beunsoo Park, Songjae Yang, y Jinyoung Song, Fact sheet: Remote emissions sensing in Seoul, (TRUE Initiative, 2022), <https://theicct.org/publication/true-fs-seoul-remote-sensing-feb22/>.
- 54 “Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB,” Ambiente Bogotá, consultado 3 noviembre 2022, <https://www.ambientebogota.gov.co/red-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-de-bogota-rmcab>.
- 55 Decreto 0096 de 2021, Alcaldía de Medellín, 8 de octubre, https://www.medellin.gov.co/movilidad/images/Imagenes1/Decreto_0096_de_2021_pico_y_placa_ambiental.pdf.
- 56 “Etiquetado ambiental,” Dirección de Gestión de Calidad Ambiental Costa Rica, consultado 3 noviembre 2022, <http://www.digeca.go.cr/areas/etiquetado-ambiental>.
- 57 Jessica García, Eduardo Piquero, David Colín, y Fernando Aguilera, “Impuestos al carbono en estados mexicanos,” (MÉXICO, 2021), <https://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/carbonomx.pdf>; Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, DOF 12-11-2021, <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIEPS.pdf>.
- 58 Nicolás García Bernal, “Implementación del impuesto verde en Chile, Art. 8 ley N 20.780,” (Asesoría Técnica Parlamentaria, 2018), https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26723/1/BCN_____Implementacion_de_impuesto_verde_en_Chile.pdf.
- 59 “Impuesto al carbono,” Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, consultado 3 noviembre 2022, [https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/impuesto-al-carbono/#:~:text=El%20impuesto%20al%20carbono%20aplica,\(ACPM\)%20y%20fuel%20oil](https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/impuesto-al-carbono/#:~:text=El%20impuesto%20al%20carbono%20aplica,(ACPM)%20y%20fuel%20oil).

carbono en 2018 como herramienta para combatir el cambio climático.⁶⁰ El impuesto implementado en Argentina se centra en la persona usuaria final, quien asume el costo del impuesto en la tarifa del combustible fósil.

AVANCE DE LA ELECTROMOVILIDAD

Existen estrategias e iniciativas de electromovilidad en Argentina, Barbados, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México, Paraguay, Perú y Uruguay. Casi todos los países también han mencionado la electrificación del transporte en sus metas para las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC)⁶¹ y algunos claramente están liderando en la región.

Una parte importante en las estrategias de electromovilidad es tener metas de 100 % de ventas de los nuevos vehículos cero emisiones. Sin embargo, pocos países en la región cuentan con ellas.

A la fecha, los planes de descarbonización de Chile son los más ambiciosos de la región, porque incluyen metas de ventas no solamente de los vehículos livianos (en los cuales muchos países están poniendo su foco inicialmente), pero también incluyen al transporte de carga y los buses interurbanos. Al año 2045, 100 % de las nuevas ventas de todos tipos y clases de vehículos en Chile (incluyendo camiones y buses interurbanos), serán cero emisiones (esta meta para vehículos livianos es en 2035).⁶²

Costa Rica ha comprometido 100 % cero emisiones para las incorporaciones de buses urbanos e intraurbanos para 2050.⁶³ Ecuador tiene una meta de 100 % ventas cero emisiones para taxis y buses en 2025.⁶⁴ Colombia estableció por ley un requerimiento para que 100 % de las nuevas incorporaciones de su flota de buses urbanos sean cero emisiones para 2035.⁶⁵

Uruguay y Chile son los únicos países en América Latina que firmaron el Memorando de Entendimiento (MOU) Global durante la COP26, que requiere que 30 % de las ventas de nuevos camiones medianos y pesados sea cero emisiones para 2030 y 100 % para 2040.⁶⁶

Otros ejemplos internacionales para metas de ventas de vehículos pesados incluyen los definidos en California. En ese estado de EUA, se tiene establecido migrar a 100 % cero emisiones la flota de vehículos pesados para 2045,⁶⁷ siendo revisada para adelantarla a 2040. Otros países como Austria, Cabo Verde, Noruega y Pakistán, han asumido

60 Impuestos sobre los combustibles líquidos y al dióxido de carbono, Ley N° 23.966, TÍTULO III t.o. 1998 y Ley N° 27.430 título IV, D.R. N° 501/2018," Ministerio de Economía, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/impuestos_sobre_los_combustibles_al_31-08-2022.pdf.

61 *Electromovilidad en América Latina y el Caribe*, (Banco Interamericano Desarrollo, 2020), <https://www.greenfinancelac.org/wp-content/uploads/2020/02/BID-EM-en-LAC.pdf>.

62 "Estrategia nacional de electromovilidad", (Ministerio de Energía, Gobierno de Chile: Santiago, 2021), https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia-nacional-electromovilidad_ministerio-de-energia.pdf.

63 Gobierno de Costa Rica, "Decarbonization plan: Commitment of the bicentennial government" (2019), <https://2050pathways.org/wp-content/uploads/2019/02/Decarbonization-Plan-Costa-Rica.pdf>.

64 Tanzila Khan, Zifei Yang, Sumati Kohli, y Josh Miller, *A critical review of ZEV deployment in emerging markets*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/ZEV-EMDE-white-paper-A4-v3.pdf>.

65 Ley 1964, Congreso de Colombia, 11 de julio 2019, <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DEL%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>.

66 "Landmark commitment at COP26: Countries, subnational governments, vehicle manufacturers and fleets target 100% zero-emission new truck and bus sales by 2040," Global Commercial Vehicle Drive to Zero, consultado el 24 de febrero 2022, <https://globaldrivetozero.org/2021/11/09/landmark-commitment-at-cop26-countries-subnational-governments-vehicle-manufacturers-and-fleets-target-100-zero-emission-new-truck-and-bus-sales-by-2040-10-nov-2021/>.

67 Executive Order N-79-20, Executive Department, State of California, 23 de septiembre 2020, <https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/09/9.23.20-EO-N-79-20-Climate.pdf>.

compromisos nacionales, como políticas oficiales o por orden ejecutiva, para eliminar todos los motores de combustión interna de los vehículos pesados.⁶⁸

México anunció en la COP27 el compromiso de asegurar que 50 %⁶⁹ de ventas de autos sean tecnologías cero emisiones en 2030, misma fecha que ya asumía el compromiso de producción de 50 % de vehículos cero emisiones.⁷⁰ Actualmente se trabaja en varios grupos multi-actor y multilaterales, con el gobierno de los Estados Unidos y California, para desarrollar una hoja de ruta y una estrategia nacional de electrificación del transporte.⁷¹

Por otro lado, existen iniciativas en la región, tanto privadas como público-privadas, para pilotear y desplegar vehículos de carga de última milla eléctricos. Solo en 2019, más de 6000 unidades livianas de carga fueron vendidas a nivel global y el número de modelos de vehículos para el sector de carga se sigue expandiendo.⁷² La mayoría son eléctricos a batería, mientras que la tecnología de celda de combustible ha sido evaluada para transporte de vehículos pesados de larga distancia.

Existen iniciativas de pilotos y planes de electromovilidad de última milla, tales como los que adelanta IKEA en Estados Unidos (Nueva York), con los que está migrando una flota de 40 vehículos a tecnologías eléctricas.⁷³ Amazon está desplegando vehículos eléctricos en más de 100 ciudades de Estados Unidos⁷⁴ y Bimbo, en México, implementa 100 vehículos eléctricos dentro de su operación.⁷⁵

DESCARBONIZACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

La descarbonización de flotas de transporte debe estar alineada con la descarbonización de la matriz energética, de la cual proviene la energía para optimizar los beneficios climáticos y ambientales, por la introducción de estas tecnologías vehiculares y para reducir la dependencia a los combustibles fósiles. América Latina tiene una gran oportunidad de ampliar la electricidad con base en las energías renovables.

Electricidad con base en energías renovables

Entre las energías renovables disponibles en América Latina se encuentran: la energía solar, eólica, geotérmica e hidráulica. Algunos países en la región cuentan con fuentes de generación de energía que favorecen la descarbonización del sector transporte. Por ejemplo, Colombia tiene la sexta matriz energética más limpia del mundo, donde 68 % de su producción eléctrica total en 2019 fue hidráulica.⁷⁶ En Brasil, 67 % de la energía

68 Sandra Wappelhorst y Felipe Rodríguez, "Global overview of government targets for phasing out internal combustion engine medium and heavy trucks," *ICCT staff blog*, August 26, 2021, <https://theicct.org/blog/staff/global-targets-ice-hdvs-aug21>.

69 "Mexico announces new commitment to combat climate change at COP27," Gobierno de México, consultado el 24 de febrero 2022, <https://www.gob.mx/sre/prensa/mexico-announces-new-commitments-to-combat-climate-change-at-cop27>.

70 Gobierno de México, "Discurso del presidente Andrés Manuel López Obrador en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Acción Climática" (2022), <https://www.gob.mx/sre/documentos/discursos-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-en-el-foro-de-las-principales-economias-sobre-energia-y-accion-climatica?idiom=es>.

71 Leticia Pineda, "What's missing in Mexico's EV strategy?," *ICCT staff blog*, October 2, 2022, <https://theicct.org/whats-missing-mexicos-ev-strategy-oct22/>.

72 "Global EV Outlook 2020," International Energy Agency, consultado el 24 de febrero 2022, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.

73 IKEA, "IKEA U.S. to convert its New York last mile delivery fleet to electric by May 2021," IKEA, consultado el 24 de febrero 2022, <https://www.ikea.com/us/en/newsroom/corporate-news/ikea-u-s-to-convert-its-new-york-last-mile-delivery-fleet-to-electric-vehicles-by-may-2021-pub61276adf>.

74 Amazon, "Amazon's electric delivery vehicle from Rivian roll out across the U.S.," Amazon, consultado el 24 de febrero 2022, <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazons-electric-delivery-vehicles-from-rivian-roll-out-across-the-u-s>.

75 Noi Mahoney, "Grupo Bimbo builds 100 electric trucks, adds 41 hybrid vehicles into fleet," *Freight Waves*, 24 de febrero 2022, <https://www.freightwaves.com/news/grupo-bimbo-builds-100-electric-trucks-adds-41-hybrid-vehicles-into-fleet>.

76 *Plan energético nacional 2020-2050e*, (La Unidad de Planeación Minero Energética: Bogotá, 2019), https://www.lupme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf.

producida fue mediante recursos renovables.⁷⁷ Costa Rica tiene la matriz más limpia de todos, con un 99.98 % de su producción de energía proveniente de recursos renovables en 2021.⁷⁸ Chile también tiene muchos recursos renovables, pero importó 90.5 % de su energía en 2019 de fuentes fósiles.⁷⁹ Otros países como México también se encuentran en la lucha de dejar los recursos fósiles, con metas de utilizar porcentajes más altos de energías renovables. Existen planes de transición energética en muchos países, como la Agenda de Energía en Chile⁸⁰ y la transición energética en Uruguay.⁸¹

Mientras Uruguay, Costa Rica, Colombia, Brasil y Chile lideran la transición energética en la región,⁸² en otros países, la tarea se hace más difícil con el uso común de fuentes de energía no renovables en su mayoría.⁸³ A veces, la tarea de descarbonizar la matriz es más difícil por temas económicos o falta de recursos naturales. En estos casos, existen apoyos financieros, como ha sido el de Argentina⁸⁴ y Barbados,⁸⁵ entre otros, para ayudar a estos países en el camino hacia sus metas de cero emisiones. Para lograrlas, se necesita una estructura tarifaria de energía eléctrica modificada que apoye la transición hacia la descarbonización del sector transporte.

Hidrógeno verde

Para el sector de carga, el hidrógeno verde podría ser una solución viable para casos cuando es más difícil el uso de baterías. Como para los vehículos pesados de carretera de larga distancia.⁸⁶ La tecnología aún no está completamente disponible o probada hasta la fecha. Sin embargo, la utilización del hidrógeno verde es una buena oportunidad, no para reemplazar las tecnologías a batería, sino para complementarlas.

En Brasil, por ejemplo, las directrices para el Programa Nacional de Hidrógeno ya están publicadas y el gobierno ahora está trabajando en el establecimiento del comité técnico.⁸⁷ Se han anunciado inversiones de US\$ 22 mil millones para la construcción de plantas de hidrógeno verde en Brasil. Algunos estados brasileños ya han firmado Memorandos de Entendimiento con el sector privado.⁸⁸ En 2022, se presentó al

77 Ministério de Minas e Energia y Empresa de Pesquisa Energética do Brasil, “Balço energético nacional” (2021), <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>.

78 “Costa Rica alcanza en 2021 el 99,98 % de generación eléctrica renovable,” *SwissInfo*, 16 diciembre 2021, https://www.swissinfo.ch/spa/costa-rica-energia/C3%ADa_costa-rica-alcanza-en-2021-el-99-98---de-generaci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-renovable/47199372.

79 Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, “Informe balance nacional de energía 2019,” (2021), https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2020_informe_anual_bne_2019.pdf.

80 Ministerio de Energía de Chile, “Agenda de energía 2022-2026,” (2022), https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/agenda_energia_2022_-_2026.pdf.

81 Silvana Romero, La transición energética y la integración regional: la perspectiva desde la regulación, (URSEA: Panamá, 2022), <https://www.gub.uy/unidad-reguladora-servicios-energia-agua/sites/unidad-reguladora-servicios-energia-agua/files/documentos/noticias/2022-07-18%20La%20transici%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20y%20la%20integraci%C3%B3n%20regional.pdf>.

82 “Fostering effective energy transition 2021 edition,” World Economic Forum, consultado el 20 abril 2021, <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021/in-full/regional-profiles>.

83 “Sistema de información energética,” Secretaría de Energía, consultado el 22 de marzo 2022, <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveuca=IE11CO1>.

84 “BID aprueba línea de crédito de US\$1.140 millones a Argentina para la descarbonización del sector energético,” Banco Interamericano Desarrollo, consultado el 27 de julio 2022, <https://www.iadb.org/es/noticias/bid-aprueba-linea-de-credito-de-us1140-millones-argentina-para-la-descarbonizacion-del>.

85 “Barbados promoverá sostenibilidad ambiental con innovadora solución del BID,” Banco Interamericano Desarrollo, consultado el 4 de agosto 2022, <https://www.iadb.org/es/noticias/barbados-promovera-sostenibilidad-ambiental-con-innovadora-solucion-del-bid>.

86 Felipe Rodríguez y Hussein Basma, *Race to zero: How manufacturers are positioned for zero-emission commercial trucks and buses in Europe*, (Washington, DC: ICCT, 2021), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/fuel-cell-tractor-trailer-tech-fuel-1-jul22.pdf>; Hussein Basma y Felipe Rodríguez, *Fuel cell electric tractor-trailers: Technology overview and fuel economy*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/fuel-cell-tractor-trailer-tech-fuel-1-jul22.pdf>.

87 “MME apresenta ao CNPE proposta de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2),” Empresa de Pesquisa Energética, consultado el 8 de agosto 2022, <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2->.

88 Gabriel Chiappini, “Portos com eólicas offshore são modelos preferidos para hidrogênio verde no Brasil,” *agencia epbr*, 16 de julio 2021, <https://epbr.com.br/portos-e-eolicas-offshore-sao-modelos-preferidos-preferidos-para-hidrogenio-verde-no-brasil/>.

Senado Federal un proyecto de Ley del Hidrógeno, que propone agregar cantidades específicas de hidrógeno en los ductos nacionales, de los cuales la mayor parte debe ser producida con fuentes de energía renovable.⁸⁹

Chile también ha trabajado en este tema. Ahí se introdujo el hidrógeno como un combustible oficial en su ley de eficiencia energética, promulgada en 2021,⁹⁰ requiriendo la creación de las normas oficiales para su uso, incluyendo los pasos descritos en la Estrategia Nacional del Hidrógeno Verde.⁹¹ El programa “Aceleradora de Hidrógeno Verde” se enfoca en el desarrollo de proyectos piloto asociados a transporte con hidrógeno y se espera desarrollar el primer piloto de transporte de carga interurbana con hidrógeno en 2022.⁹²

Uruguay es otro país que ha señalado su interés en el hidrógeno como fuente de energía y busca incrementar su uso a través de su plan del proyecto piloto, H2U.⁹³ Colombia lanzó su propia estrategia de hidrógeno con una meta hacia 2030 para contar con al menos mil vehículos de carga a hidrógeno y con 50 hidrogeneras (estaciones de abastecimiento de hidrógeno) en todo el territorio nacional, mientras que para 2050, el hidrógeno será el energético de distribución principal para vehículos de carga pesada.⁹⁴

Es importante destacar que el hidrógeno azul, proveniente de fuentes fósiles, no es definitivamente una solución para la descarbonización del sector de transporte de carga en América Latina. Los países deben enfocarse en las energías limpias para producir reservas de hidrógeno. Un estudio de ICCT⁹⁵ de 2022 muestra un costo mayor del hidrógeno comparado con otras tecnologías cero emisiones y plantea que es probable que los subsidios al combustible de hidrógeno sean necesarios para que los camiones eléctricos de celda de combustible sean financieramente viables, al menos hasta 2035. No se espera que el precio del combustible de hidrógeno alcance pronto la paridad del costo total de propiedad con los camiones diésel. Por razones del costo, en adición a las preguntas sobre la viabilidad de la infraestructura durante los próximos años, será importante que los países utilicen ahora las tecnologías que transiten más fácilmente hacia cero emisiones, sin esperar al desarrollo de tecnologías como la del hidrógeno. Se debe abordar el hidrógeno como complemento a los vehículos eléctricos a batería.

RESUMEN DE LA ACTUALIDAD EN AMÉRICA LATINA

La tabla 1 resume los programas y políticas relevantes con relación a la descarbonización del transporte de carga para vehículos pesados en América Latina.

89 Nayara Machado, “Lei do Hidrogênio: proposta prevê meta de inserção em gasodutos,” *agencia epbr*, 30 de marzo 2022, <https://epbr.com.br/lei-do-hidrogenio-proposta-preve-meta-de-insercao-em-gasodutos/>.

90 Ley 21,035 Sobre la Eficiencia Energética, El Ministerio de Energía de Chile, 13 de febrero 2021, <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>.

91 Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, “Estrategia nacional de hidrógeno verde,” (2021), https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf.

92 “Programa aceleradora de hidrógeno verde,” Agencia de Sostenibilidad Energética, consultado el 09 de marzo 2022, <https://www.agenciase.org/aceleradora-h2v/>.

93 “Hidrógeno verde,” Ministerio de Industria, Energía, y Minería de Uruguay, consultado el 5 de octubre, <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/hidrogenoverde>.

94 Inter-American Development Bank, “Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia,” (2021), <https://www.eltiempo.com/uploads/files/2021/09/30/Hoja%20de%20Ruta%20del%20Hidrogeno%20Colombia-1.pdf>.

95 Hussein Basma, Yuanrong Zhou, y Felipe Rodríguez, *Fuel-cell hydrogen long-haul trucks in Europe: A total cost of ownership analysis*. (ICCT: Washington, DC: ICCT., 2022), <https://theicct.org/publication/eu-hvs-fuels-evs-fuel-cell-hdvs-europe-sep22>.

Tabla 1. Programas y políticas de países seleccionados en América Latina con relación a la descarbonización del transporte de carga.

País	Estándares de eficiencia energética	Estándares de emisiones Euro VI	Impuestos al carbono	Programas voluntarios de carga verde	Metas de ventas 100 % cero emisiones
Argentina			●	●	
Brasil	Pesados (2032)	Pesados 2023		●	
Chile	Medianos* Pesados (2028)*	Medianos y Pesados (2024)	●	●	Livianos y medianos: 2035 Pesados: 2045
Colombia		Medianos y Pesados (2023)	●	●	NE
Costa Rica					Livianos: 2050
México		Pesados (2025)	●	●	
Perú		Medianos y Pesados (2024)			
Uruguay				●	Medianos y pesados: 2040

Notas: ●: Definido para todos los sectores vehiculares, relevantes para cada columna.

HOJA DE RUTA PARA DESCARBONIZAR EL TRANSPORTE DE CARGA EN AMÉRICA LATINA

Las estrategias y políticas a seguir podrán variar dependiendo de las características propias de cada país. Sin embargo, se centran en aquellas que se consideran necesarias para lograr una transición acelerada hacia vehículos cero emisiones. Esto se considera indispensable para cumplir con las metas de descarbonización contempladas con el Acuerdo de París.

Análisis realizados por ICCT indican que solo una transición acelerada hacia vehículos cero emisiones permitirá alcanzar la descarbonización del sector de vehículos pesados.⁹⁶ Para América Latina, acelerar la transición debe alinearse con la limitación del incremento de la temperatura global por debajo de 1.5 °C. Con esta meta, las emisiones de CO₂ del sector transporte deben reducirse entre 40 y 60 % en el año 2030, 80-90 % en 2040 y llegar a la carbono-neutralidad en 2050.

El ICCT ha modelado escenarios sobre la transición a tecnologías cero emisiones en el sector transporte. La tabla 2 muestra el porcentaje de ventas de vehículos nuevos de cero emisiones necesarias para cumplir estas metas, dentro de un escenario ambicioso pero factible para los países de América Latina. La finalidad es alcanzar las metas del Acuerdo de París.

Tabla 2. Porcentaje de vehículos de carga de cero emisiones por segmento a desplegar, para obtener la meta de neutralidad de carbono en 2050, dentro de un escenario ambicioso factible
Fuente: ICCT.⁹⁷

Segmento	2022	2025	2030	2040	2050
Medianos ⁹⁸	Línea Base	2 %	30 %	90 %	100 %
Pesados ⁹⁹	(0 %)	1 %	20 %	75 %	100 %

Para los vehículos medianos con facilidades de recarga en patios adecuados para su logística y que sirven para servicios de carga urbana de corta distancia, tales como distribución de mercancía y servicio postal, entre otros, 2 % de la flota deberá ser cero emisiones para 2025. Mientras que para 2030 y 2040 deberá ser de 30 % y 90 %, respectivamente, hasta alcanzar 100 % en el año 2050.

Para los vehículos pesados, los cuales abarcan 65 %¹⁰⁰ y son de larga distancia, los países de América Latina deben desarrollar las condiciones habilitantes para desplegar flotas cero emisiones en 20 % para el año 2030 y en 75 % en 2040, hasta alcanzar 100 % en 2050.

De acuerdo con las metas anteriormente mencionadas, a continuación se plantea una hoja de ruta para la descarbonización del segmento de vehículos de carga en América Latina. Como se detalla en la tabla 3, se plantea la hoja de ruta con base en cinco objetivos o áreas temáticas, que son necesarias para acelerar la transición hacia vehículos cero emisiones y lograr la descarbonización del sector transporten de carga hacia el año 2050. Estos objetivos son:

96 Yihao Xie, Tim Dallmann, y Rachel Muncrief, *Heavy-duty zero-emission vehicles: Pace and opportunities for a rapid global transition*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/05/globalhvsZEV-hdzev-pace-transition-may22.pdf>.

97 Arijit Sen y Josh Miller, *Emissions reduction benefits of a faster, global transition to zero-emission vehicles* (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/Accelerated-ZEV-transition-wp-final.pdf>.

98 Los vehículos de carga medianos son aquellos cuyo peso bruto vehicular máximo es hasta 14969 kilogramos, e incluye los vehículos livianos comerciales.

99 Los vehículos de carga pesada son aquellos cuyo peso bruto vehicular es superior a 14969 kilogramos.

100 "El Transporte Automotor de Cargas en America Latina."Barbero et al., 2020.

1. Metas de ventas de vehículos nuevos cero emisiones
2. Regulaciones Ambientales, Operacionales y Ventas
3. Incentivos fiscales
4. Infraestructura de recarga
5. Promoción de la demanda

Inicialmente, todos los países en la región deben definir una estrategia oficial, con el fin de alcanzar la neutralidad de carbono en el año 2050 para todos los segmentos de vehículos. Dentro de esta estrategia, deben coexistir estos cinco objetivos, los cuales son co-dependientes y se deben buscar de manera coordinada para garantizar su efectividad. Como se ilustra en la figura 5, la hoja de ruta indica que las acciones claves para conseguir estos objetivos deben cumplirse en esta década.

	2023	2025	2030
Metas	<ul style="list-style-type: none"> Definir metas de ventas de vehículos de carga cero emisiones 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con las ventas de VCE (2 % medianos y 1 % pesados) 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con las ventas de VCE (30 % medianos y 20 % pesados)
Regulación	<ul style="list-style-type: none"> Adoptar estándares de emisiones Euro VI Adoptar estándares de eficiencia energética Regular la vida útil de vehículos de carga Actualizar procesos de homologación para VCE Adoptar requisitos de compra para flotas gubernamentales cero emisiones 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar los subsidios a los combustibles fósiles y biocombustibles Implementar estándares Euro VI 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con las ventas mínimas de VCE, alineada con la Tabla 3 Implementar estándares de eficiencia energética para todos segmentos de vehículos
Incentivos Fiscales	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar un programa de financiamiento para la compra de VCE Definir esquema de subsidios y beneficios tributarios con base en CTP 	<ul style="list-style-type: none"> Estructurar tarifas de energía eléctrica para el transporte Ajustar esquema de subsidios y beneficios tributarios en base a CTP 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar subsidios y beneficios tributarios con base en CTP Garantizar matriz energética proveniente de recursos 100% renovables
Infraestructura de Recarga	<ul style="list-style-type: none"> Establecer la hoja de ruta de infraestructura de recarga pública Adoptar un plan para corredores de carga verde Desarrollar normatividad que permita promover los centros logísticos de carga Comenzar la planificación de la capacidad de red eléctrica (eléctrica con tilde), contando con apoyo a través de los APP 	<ul style="list-style-type: none"> Regular la interoperabilidad y estandarización de la infraestructura de recarga y conectores. Desplegar sistemas de recarga privada y pública 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar centros logísticos de carga Implementar corredores verdes Desplegar sistemas de recarga pública y privada
Promoción de la Demanda	<ul style="list-style-type: none"> Planificar zonas de bajas y cero emisiones Desplegar transporte de carga de última milla de Cero Emisiones (livianos y medianos) Realizar pilotos de VCE para carga pesada Regular requisitos de compra para flotas gubernamentales 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar flota gubernamental de cero emisiones 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar zonas de bajas y cero emisiones Regular requisitos de compra de grandes flotas

Figura 5. Hoja de ruta para alcanzar la transición a vehículos de cero emisiones (VCE) en el segmento de carga en América Latina.

Al seguir esta hoja de ruta y línea de tiempo, los países de América Latina podrán lograr sus metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero contempladas en el Acuerdo de París. Así mismo, conseguirán reducir emisiones locales, lo que protegerá la salud de la población. Se resalta que la hoja de ruta propuesta, busca, a través del despliegue de vehículos cero emisiones en el sector carga, generar empleo en la región, distribuir beneficios en forma equitativa en flotas grandes y pequeños transportistas, y promover la competitividad de las industrias locales frente a los mercados globales, entre otros. Los cinco objetivos en la hoja de ruta se detallan a continuación.

METAS DE VENTAS DE VEHÍCULOS NUEVOS CERO EMISIONES

Los gobiernos de la región de América Latina deben definir de forma clara las metas de ventas de vehículos de carga de cero emisiones. Estas necesitan estar alineadas con las metas climáticas. Esto envía la señal al mercado de los fabricantes e importadores para planear sus desarrollos e inversiones a largo plazo. Se debe definir las metas de ventas para todos segmentos de vehículos a corto plazo.

Se recomienda establecer metas intermedias a corto y mediano plazo para trazar el camino esperado a seguir. Así se eliminarán gradualmente los vehículos de combustión interna y se migrará a tecnologías vehiculares de cero emisiones en el sector carga.

Para finalizar, en 2025 y 2030, se debe evaluar el cumplimiento de las metas establecidas y realizar los ajustes que tengan lugar, en caso de que dichas metas no se estén alcanzando apropiadamente.

REGULACIONES

Para asegurar la consecución de las metas definidas por los gobiernos nacionales, habrá que garantizar la transición a través de estándares y regulaciones de obligatorio cumplimiento. Blindar jurídicamente las políticas y metas definidas es un impulso para que los fabricantes y transportistas migren más rápidamente hacia vehículos cero emisiones. En la medida que los gobiernos den certeza jurídica, regulatoria y financiera para la masificación de vehículos cero emisiones, tanto transportistas como generadores de carga y fabricantes, podrán contar con los marcos regulatorios necesarios para su transición. De una u otra forma, estas regulaciones deben promover la transición hacia tecnologías cero emisiones, que, en ausencia de un marco regulatorio, no se dará con la rapidez necesaria.

Como primera medida, es necesario plasmar con fuerza de ley estándares de emisiones Euro VI¹⁰¹ en todos los países, lo más pronto posible. La competitividad de las tecnologías cero emisiones se incrementa en la medida que su contraparte, los vehículos de combustión interna, cuentan con regulaciones de emisiones actualizadas. La tecnología de emisiones para vehículos de carga pesada Euro VI es la mejor tecnología disponible, ya que presenta avances importantes hacia la descarbonización del sector, permitiendo disminuir el carbono negro.¹⁰² Mientras que se consigue la masificación de vehículos cero emisiones con la infraestructura de recarga necesaria para el sector, los vehículos con Euro VI permitirán transicionar rápidamente hacia la descarbonización. Con ello se busca la armonización con los países desarrollados en cuanto a adopción de tecnologías más limpias. Esta regulación para implementar Euro VI debe venir acompañada con todas las condiciones habilitantes para su despliegue, tales como calidad de combustible, procesos de homologación, y medidas para monitoreo y control de emisiones. Como se notó en las secciones anteriores,

101 Siempre que se hable de Euro VI, se entenderá como Euro VI, equivalente o superior.

102 Josh Miller, Li Du, y Drew Kodjak, *Impacts of World-class vehicle efficiency and emissions regulations in select G20 economies*, (Washington, DC: ICCT, 2017), https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_G20-briefing-paper_Jan2017_vF.pdf.

y dependiendo del país, cada una de estas condiciones puede ser un desafío. Por lo tanto, será importante implementar medidas apropiadas, para que sea factible implementar Euro VI lo más pronto posible.

Una segunda medida a corto plazo es definir estándares de eficiencia energética para los vehículos pesados, ya que la transición hacia vehículos cero emisiones se dará de manera gradual, y es necesario disminuir el consumo energético y las emisiones de CO₂ de los vehículos de combustión interna que seguirán ingresando en el mercado. Idealmente, el nivel de exigencia de estos estándares no solo forzará la adopción de las mejores tecnologías disponibles en el mercado para vehículos a combustión interna, sino que promoverá la adopción de vehículos cero emisiones. Se destaca que dos países de la región han definido estándares de eficiencia energética para vehículos pesados, que próximamente deberán entrar en vigencia: en 2028 para Chile y 2032 para Brasil.

Una tercera medida habilitante a corto plazo es la definición de la máxima vida útil de los vehículos de carga en la región. Esto fomenta la renovación de flota y afecta las decisiones de compra de vehículos nuevos y usados de los usuarios. Prácticas de extensión de vida útil, que incluyen un cambio de motor y la actualización el año-modelo del vehículo (*retrofit*), son prácticas que deben suprimirse, porque se prestan para fraudes y retroceden las políticas de renovación de flota. Incluir programas de chatarrización con incentivos adicionales para promover la renovación, deben ser estrategias a tener en cuenta para conseguir una transición acelerada.

La cuarta medida a corto plazo es actualizar los procesos de homologación vehicular, para ser adaptados a las tecnologías de cero emisiones. Los países de la región aun no tienen claridad sobre estas tecnologías y se limitan a implementar homologaciones acordes con vehículos convencionales, con motor de combustión interna, dejando de lado las características esenciales como peso, seguridad eléctrica, etc. Para los vehículos de cero emisiones, cuyos pesos son diferentes, es importante que puedan certificarse bajo reglamentos técnicos acordes.¹⁰³

Finalmente, habrá que contar con requerimientos obligatorios de ventas de vehículos cero emisiones para importadores y fabricantes en 2030. Esto garantiza la oferta de vehículos, la presencia de un mayor número de modelos comercialmente disponibles y un aumento en la competencia, lo cual se espera resulte en una reducción de los precios en el mercado.¹⁰⁴

California ha adoptado un programa a seguir para transicionar hacia la descarbonización del transporte de carga. Este comienza en 2024, con la adopción de ventas de vehículos cero emisiones de las clases 2b-3 (3856 a 4536 kilogramos), clases 4-8 (6351 a 14 969 kilogramos) y clases 7-8 (14 969 kilogramos y superior). El programa funciona como un balance tipo crédito/déficit. Los fabricantes acumulan un déficit por dejar de vender vehículos convencionales, lo que se compensa con créditos derivados de las ventas de vehículos de cero emisiones.¹⁰⁵

103 "Zero emission vehicle (ZEV) and near-ZEV weight exemption," U.S. Department of Energy, consultado el 12 octubre 2022, <https://afdc.energy.gov/laws/12069>; Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 setting CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC, Official Journal of the European Union, L 198/202, 25 de julio 2019, <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1242/oj/eng>.

104 Leticia Pineda, *Compartiendo, aprendiendo y co-creando hacia un ecosistema de carga sustentable* (Washington, DC: ICCT, 2020), <https://theicct.org/sites/default/files/Reporte%20del%20taller%20internacional%20sobre%20iniciativas%20de%20carga%20verde%2C%20abril%202020.pdf>.

105 Claire Buysse y Ben Sharpe, *California's Advanced Clean Trucks regulation: Sales requirements for zero-emission heavy-duty trucks*, (ICCT: Washington, DC: ICCT., 2020), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/CA-HDV-EV-policy-update-jul2020.pdf>.

INCENTIVOS FISCALES

La implementación de incentivos fiscales a vehículos cero emisiones trae varias ventajas: permite acelerar la adopción y oferta de estos, a la par de desincentivar el uso de vehículos menos eficientes y más contaminantes, mejora la competitividad del sector transporte, elimina distorsiones de mercado, castiga el uso de combustibles fósiles y atiende los problemas de equidad en la transición hacia tecnologías cero emisiones. Estos beneficios permiten al sector de carga mejorar su competitividad, introduciendo tecnologías de cero emisiones y creando el camino adecuado hacia la descarbonización del sector. Un programa de descarbonización para el sector de carga siempre debe tener en cuenta mejorar la competitividad, reducir el costo de fletes y optimizar en general su operación.

Los incentivos fiscales mejoran el costo total de propiedad y aceleran el despliegue de flotas cero emisiones en el sector de carga. Dentro de un enfoque de neutralidad en los impuestos, penalizar vehículos contaminantes que generan emisiones de GEI, ayuda a que el costo total de propiedad de vehículos con motor de combustión interna aumente y se equiparen a los de cero emisiones. Algunas medidas de orden fiscal que deben adoptarse, son: impuestos al carbono, deducciones en impuestos de importación y de venta, deducciones en las declaraciones de impuestos de las empresas transportistas e incentivos asociados al uso de vehículos más limpios, en forma de reducción de impuestos de registro y peajes, entre otros.

Para implementar incentivos fiscales, es fundamental que los mismos sean transitorios, con la finalidad de equilibrar los costos iniciales de inversión que, para vehículos cero emisiones, son más elevados en comparación con los vehículos de motor de combustión interna. Con mayores reducciones en los costos de los vehículos de cero emisiones, estos incentivos deben revisarse periódicamente. El costo total de propiedad entre los vehículos de batería y de motor de combustión interna es muy similar en los vehículos livianos y medianos de carga, y eventualmente se alcanzará la paridad de precios en los vehículos pesados en 2030.¹⁰⁶

La primera medida a corto plazo consiste en la creación de programas de financiamiento para la compra inicial de los vehículos de menores emisiones, apalancados con impuestos a otros vehículos que generan mayores emisiones de CO₂, sin tener que afectar el presupuesto de los países. Sin contar con paridad de precios entre las tecnologías hoy en día, esto implica una necesidad del gobierno de apoyar estas compras, incluyendo, por ejemplo, fondos de reposición de flota con recursos públicos y privados.

La segunda medida a corto plazo es establecer un conjunto de beneficios tributarios y subsidios para generar condiciones que permitan que todos los transportistas migren a tecnologías cero emisiones, ayudando a cerrar la brecha del costo total de propiedad. Estos beneficios incluyen acciones como la disminución de los impuestos de importación y aranceles, exenciones a las restricciones vehiculares en los corredores de alto tráfico, tarifas diferenciales en impuestos de rodamiento y peajes en las vías nacionales, entre otros. Por otro lado, será importante establecer medidas que desincentiven el uso de vehículos contaminantes, como los impuestos al carbono, que ya se encuentran implementados en algunos países de la región.

Los impuestos al carbono son herramientas que los gobiernos usan como método de compensación por el uso de recursos no renovables que aumentan los gases de efecto invernadero. El objetivo del impuesto al carbono es motivar a los productores de origen fósil para promover combustibles con bajo carbono y uso de recursos

¹⁰⁶ Ragon y Rodríguez, *Road freight decarbonization in Europe: Readiness of the European fleets for zero-emission trucking* 2022.

renovables. Reducir los gases de efecto invernadero por la aplicación del impuesto al carbono, impacta positivamente en el medio ambiente y la salud de la población.¹⁰⁷ Este impuesto también genera grandes beneficios a los gobiernos, que pueden usarse para neutralizar los altos precios internacionales de los combustibles, que golpean adversamente a los países de América Latina.¹⁰⁸

Se deberá promover la transición tanto de flotas grandes como pequeños transportistas, pero con enfoques diferenciados. En esta línea, el pequeño transportista se podrá beneficiar a través de fondos de renovación de flota, impulsados por los gobiernos con recursos públicos, derivados de los impuestos que se impongan a vehículos contaminantes. Es decir, los esquemas planteados no imponen una erogación sólo del gobierno, sino que son mecanismos neutrales de recaudo, ya que los vehículos contaminantes financian los incentivos a los vehículos cero emisiones.

Al mediano plazo, para 2025, se deben estructurar tarifas de energía eléctrica para el transporte. Un ejemplo de estas tarifas diferenciales, es una ley publicada en Colombia en 2021, que determina la eliminación de un costo de contribución (tasado en 20 %) para el valor del kWh de energía destinado al sector transporte.¹⁰⁹ Además, se deben seguir ajustando subsidios y beneficios tributarios con base en el costo total de propiedad. Se deben eliminar los subsidios a los combustibles fósiles y biocombustibles, no solo por el costo económico y social en los países de la región, sino por ser una barrera para lograr las metas de descarbonización del sector de transporte pesado en la región.

A largo plazo, para 2030, se espera paridad de costo entre los vehículos tradicionales y los cero emisiones, incluyendo el segmento de pesados. Según un estudio del ICCT, los camiones de larga distancia con celda de combustible de hidrógeno pueden alcanzar la paridad del costo total de propiedad con sus contrapartes diésel para 2030 en Europa, si el precio del combustible de hidrógeno verde es de alrededor de 4 €/kg.¹¹⁰ Por ende, se deben eliminar gradualmente los subsidios y beneficios tributarios, según evolucione el costo total de propiedad de estos vehículos en el tiempo.

INFRAESTRUCTURA

A corto plazo, entre 2022 y 2023, los gobiernos de América Latina necesitan ser proactivos y tener un plan para desarrollar la infraestructura de recarga adecuada para atender los requerimientos de despliegue de flotas cero emisiones, alineada con sus metas. Por ende, el primer paso con respecto a la infraestructura, será establecer la hoja de ruta de recarga pública. Los gobiernos deben coordinar este proceso o se corre el riesgo de ralentizar la transición hacia vehículos de cero emisiones que se estableció en las metas de ventas. El plan debe considerar aspectos como:

- » La expansión necesaria de la red eléctrica, para asegurar la potencia y cobertura espacial. Así, garantizar las necesidades energéticas de las flotas con base a las metas definidas.
- » La implementación de infraestructura de recarga en los corredores principales de transporte de carga y el desarrollo de una normatividad que permita promover los centros logísticos necesarios en la descarbonización del transporte.

107 Ian Parry, "What is carbon taxation," Finance & Development, June 2019, <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2019/06/what-is-carbon-taxation-basics#:~:text=Carbon%20taxes%2C%20levied%20on%20coal,services%20that%20depend%20on%20them>.

108 John German, *A False Choice: Carbon Taxes and Fuel Efficiency Regulations*, (Washington, DC: ICCT, International Council on Clean Transportation, 2 de marzo 2015), <https://theicct.org/publication/survey-of-best-practices-in-reducing-emissions-through-vehicle-replacement-programs/>.

109 Ley 2099, Congreso de Colombia, 10 de julio 2021, <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202099%20DEL%2010%20DE%20JULIO%20DE%202021.pdf>.

110 Basma , Zhou, y Rodríguez, *Fuel-cell hydrogen long-haul trucks in Europe: A total cost of ownership analysis* et al., 2022.

- » La promoción a las empresas generadoras y distribuidoras de energía, para que provean los recursos energéticos necesarios para la nueva flota a largo plazo.¹¹¹

Una vez identificadas las necesidades de infraestructura, en el mediano plazo se debe coordinar a las empresas de energía y al sector privado para la atención a los requerimientos, contando con apoyo de las asociaciones público-privadas (APP). El gobierno debe establecer las condiciones habilitantes para que se desarrolle una adecuada infraestructura de recarga. Las políticas y regulaciones de la interoperabilidad y estandarización son clave a mediano plazo. El gobierno puede aprender mucho de los pilotos que algunas empresas están implementando para la electrificación de carga urbana. Así, es posible entender y atender las barreras y vacíos para el desarrollo de infraestructura de recarga en las ciudades y depósitos.

Como ejemplo, la Unión Europea ha propuesto una regulación (AFIR, por su sigla en inglés) para la masificación de infraestructura de recarga para vehículos cero emisiones.¹¹² Para vehículos pesados, la regulación europea propuesta detalla que las capacidades de recarga deben ser al menos de 1400 kW, con al menos una unidad de recarga de 350 kW para el 2025, mientras que para 2030, se deberá disponer de grupos de recarga de 3500 kW, con al menos dos unidades de recarga, cada una de 350 kW. Estos grupos de recarga no podrán estar separados por más de 100 km de distancia. Para una libre y competitiva movilización de los vehículos dentro de la zona de influencia, se urge a los países de América Latina a desarrollar e implementar una infraestructura de recarga de acceso público, que permita abastecer energéticamente al sector de transporte pesado.

A largo plazo (2030), se recomienda la implementación de la infraestructura necesaria para optimizar la operación del transporte de carga en corredores verdes, centros logísticos de carga regionales, o avanzar en sistemas de recarga pública rápida.¹¹³

Por otro lado, también será necesario implementar centros logísticos de carga periféricos¹¹⁴ alrededor de las grandes ciudades, a través de programas de última milla. En la actualidad existen estos programas en el sector privado, como Loggi en Brasil, Liftit en Ecuador, Chile, Colombia y México, Chazki en Perú y Treggo en Argentina, entre otros.¹¹⁵ Estos programas eliminan restricciones a vehículos de cero emisiones en grandes centros urbanos, promoviendo beneficios para las empresas que los implementen. También existen bahías de carga especiales en ciudades como Guadalajara, México¹¹⁶, y certificados voluntarios para transportistas y generadores de carga, como en Chile.¹¹⁷

111 Marie Bernard, Irem Kok, Tim Dallmann, y Pierre-Louis Ragon, "Deploying charging infrastructure to support an accelerated transition to zero-emission vehicles," (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/09/Charging-Infrastructure-ZEVTC-final.pdf>.

112 European Commission. *Impact Assessment Accompanying the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure, and Repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council*. 16 de julio 2021, <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10877-2021-ADD-3/en/pdf>; Pierre-Louis Ragon, Eamonn Mulholland, Hussein Basma, y Felipe Rodríguez, *A review of the AFIR proposal: Infrastructure needs to support the transition to a zero-emission truck fleet in the European Union*, (Washington, DC: ICCT, 2022), <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/review-afir-public-infrastructure-to-support-transition-to-zero-emission-truck-fleet-eu-mar22.pdf>.

113 *Road freight decarbonization in Europe: Readiness of the European fleets for zero-emission trucking*Rodríguez2022.

114 HUBS de distribución.

115 "Logística de última milla: las startups pioneras de América Latina," *Canalizados*, consultado el 12 octubre 2022, <https://canalizados.com/c/logistica-de-ultima-milla-las-startups-pioneras-de-america-latina>.

116 GIZ, *La transición hacia una Última Milla sustentable: El caso del Área Metropolitana de Guadalajara*, (GIZ: Ciudad de México, 2021), <https://www.iniciativaclimatica.org/wp-content/uploads/2022/06/Transicio%cc%81nU%cc%81timaMilla.pdf>.

117 Giro Limpio, Agencia de Sostenibilidad Energética, consultado el 5 de octubre, <https://www.girolimpio.cl/>.

PROMOCIÓN DE LA DEMANDA

La promoción de la demanda busca implementar políticas que incrementen la adopción de flotas cero emisiones, que sensibilicen y eduquen a las compañías, gobiernos y dueños de flotas sobre los beneficios de las tecnologías cero emisiones. Sobre las políticas para incrementar la demanda, se puede establecer a corto plazo la planificación de zonas de bajas y cero emisiones dentro de los grandes centros urbanos, que establezcan restricciones para vehículos contaminantes y, por lo tanto, acelerar la transición hacia vehículos de carga cero emisiones. Se pueden establecer zonas exclusivamente para carga y su dimensión puede ir expandiéndose.

Un ejemplo de los modelos a seguir de zonas de cero emisiones es la zona recientemente aprobada en Holanda. En dicho país se permitirá el ingreso únicamente de vehículos cero emisiones para entregas y servicios a partir de 2025.¹¹⁸ Los corredores de carga verde son también una iniciativa correcta hacia la descarbonización del transporte. En Shenzhen, China, se implementó la denominada zona logística verde en 2018. Son 22 kilómetros cuadrados distribuidos en 10 distritos de la ciudad (tan solo cubre el 1.1 % del territorio urbano). Esta zona permite que, únicamente vehículos cero emisiones con peso inferior a 4.5 toneladas, puedan ingresar las 24 horas, 7 días a la semana, a dichos corredores, en contraste con 4 horas de lunes a viernes para los vehículos con motores de combustión interna.¹¹⁹

Otra medida de corto plazo es definir metas de compra de vehículos cero emisiones en las flotas gubernamentales, como la maquinaria de construcción de obras civiles y los vehículos de recolección de residuos urbanos y de distribución de correo postal del servicio público. Promover que dentro de las instituciones gubernamentales o en los servicios que se presenten a las entidades gubernamentales, se pueda exigir un porcentaje mínimo de flota de vehículos de carga de cero emisiones, ayudará a impulsar la descarbonización del sector y a mitigar los mitos y reservas que se tengan sobre esta tecnología.

Adicionalmente, los programas de carga verde pueden ayudar a mejorar el desempeño de la flota convencional y, a la vez, apoyar los pilotos de vehículos cero emisiones. Estos programas son valiosos, pues comparten experiencias y mejores prácticas entre pares. También son un buen espacio de colaboración público-privada. Derivado de este trabajo, se pueden identificar medidas de política pública e incentivos necesarios para acelerar la adopción de vehículos cero emisiones y su infraestructura.

Los operadores de flota son aversos al riesgo y toman decisiones cautelosamente. Un aspecto que puede incrementar la confianza en la tecnología y, por ende, la demanda, es el establecimiento y documentación de pilotos exitosos por parte de sus pares. El desarrollo de pilotos de flota de cero emisiones que ayuden a definir programas de mantenimiento, acordes a las condiciones específicas de los países de la región, también son tareas urgentes a corto plazo. El objetivo es establecer programas de requerimiento de flota de cero emisiones, que permitan a los transportistas arrancar con su transición a vehículos de este tipo.

Un ejemplo de un programa conducente al despliegue de una flota cero emisiones para el sector de vehículos pesados, ha sido desarrollado por CARB para el estado de California, a través de su regulación *Advanced Clean Fleets*.¹²⁰ El objetivo de este es lograr, para el año 2040, que la totalidad de vehículos medianos y pesados sean cero

118 "Urban Access Regulations in Europe," *European Commission*, consultado el 11 de octubre 2022, <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/netherlands-mainmenu-88/rotterdam-zero-emission-zone-logistics>.

119 Cui, Gode, y Wappelhorst, *A global overview of zero-emission zones in cities and their development* progresset al., .

120 "Advanced Clean Trucks Regulation," California Air Resources Board, consultado el 5 de octubre 2022, <https://ww2.arb.ca.gov/rulemaking/2019/advancedcleantrucks>.

emisiones, priorizando como primera fase aquella flota fácil de electrificar. Acciones similares esperan realizarse en América Latina para 2030, con énfasis en las flotas grandes y sin implicaciones de imponer requisitos difíciles a los pequeños transportistas. A mediano plazo, se deben implementar regulaciones de dichas flotas prioritarias.

Para 2030, los países deben implementar las zonas de bajas y cero emisiones, y promover requerimientos de flota de acuerdo con la disponibilidad de tecnologías vehiculares. Asimismo, promover con los fabricantes el desarrollo de productos que logren satisfacer ciertos requerimientos de política pública.

CONCLUSIONES

Este estudio detalla una hoja de ruta que los gobiernos de América Latina pueden implementar para acelerar la descarbonización del sector de transporte de carga. Como primer paso, el estudio comprende una transición acelerada a la tecnología Euro VI, para lograr la carbono-neutralidad hacia el año 2050. En seguida, se propone alcanzarla a través de cinco objetivos, que proponen lo siguiente:

Metas de Ventas de Vehículos Nuevos Cero Emisiones: Este objetivo es sin duda alguna el punto conclusivo para lograr la descarbonización del transporte de carga. Nuestros modelos indican que, para alcanzar la neutralidad en el carbono, la región de América Latina requiere tener metas de ventas para vehículos medianos y pesados progresivamente, hasta disponer de una flota 100 % de cero emisiones en 2050. En este camino, las metas deben ser alcanzables y por eso, los modelos desarrollados por ICCT tienen en cuenta la disponibilidad de tecnologías de cero emisiones en la región.

En 2025, la venta de vehículos medianos para ese año, 2030, 2040 y 2050, deben estar en un 2, 30, 90 y 100 %, respectivamente. En los mismos años, el 1, 20, 75 y 100 % para vehículos pesados.

Regulaciones Ambientales, Operacionales y Ventas: Lograr las metas de ventas de vehículos cero emisiones requiere implementar regulaciones en estándares de emisiones, eficiencia energética, vida útil y homologación. Un camino hacia la descarbonización del sector de carga, es adoptar estándares de emisiones exigentes, como Euro VI. En la misma dirección, América Latina requiere adoptar estándares de eficiencia energética y dióxido de carbono, armonizados con lo desarrollado internacionalmente. Finalmente, adoptar estandarizaciones para desplegar flotas de cero emisiones en el sector de carga, acelera la consecución de los objetivos de metas de vehículos de cero emisiones en la región. Esto se puede lograr con procesos de homologación vehicular acordes a estas tecnologías o requerimientos de adquisición de vehículos de cero emisiones por parte de los gobiernos.

Incentivos Fiscales: América Latina tiene experiencia en incentivos fiscales destinados al transporte en general. Existen ejemplos que cubren aspectos tales como subsidios a los combustibles de origen fósil y a los biocombustibles. América Latina requiere diseñar programas de financiamiento de flota cero emisiones para los transportistas de carga, que les permita acceder a tecnologías limpias, ya que el sector es altamente informal, con escaso acceso al crédito. Esquemas de beneficios tributarios subsidiados temporalmente son caminos a seguir. Apalancar estos programas de subsidios con impuestos al carbono son estrategias que los países de la región necesitan tomar.

Infraestructura de Recarga: Los programas de transición hacia la descarbonización de flotas requieren que se disponga de infraestructura de recarga. Los gobiernos deben apoyar la infraestructura necesaria para atender la demanda de los vehículos de carga. Usando estrategias de alianzas público-privadas, coordinando con empresas de servicios públicos e invirtiendo en zonas apartadas, es posible lograr una red suficiente para abastecer energéticamente los vehículos de cero emisiones.

Promoción de la Demanda: Desarrollar estrategias para promover la demanda de vehículos cero emisiones, a través de regular zonas de bajas y cero emisiones, y requerir flota limpia para los diferentes proyectos de los estados, son medidas que los gobiernos de América Latina pueden tomar para acelerar la transición hacia la descarbonización del sector de transporte de carga.