

Diagnóstico y medidas para la transición de los vehículos pesados (Heavy Duty Vehicles, HDV)



pol·en

Transiciones Justas

POTENCIAL PARA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA Y ASCENSO TECNOLÓGICO DE VEHÍCULOS PESADOS DE CARGA Y PASAJEROS EN COLOMBIA

**Diagnóstico y medidas para la transición de los
vehículos pesados (*Heavy Duty Vehicles, HDV*)**

Autoras y autores:

Ana María Orozco Idrobo, Diana Carolina Murillo
Martín, Jessica Arias Gaviria, Kira Carolina Rodas
Monsalve y Leonardo Rojas Rodríguez



TABLA DE CONTENIDO	3
INTRODUCCIÓN	4
SECCIÓN I	6
DIAGNÓSTICO DE LOS VEHÍCULOS PESADOS	6
1.1 CARACTERIZACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS VEHÍCULOS PESADOS EN COLOMBIA.....	6
1.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LOS VEHÍCULOS PESADOS HDV.....	8
1.3 EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR HDV.....	12
1.4 ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DEL PARQUE HDV.....	20
SECCIÓN II	23
MARCO REGULATORIO Y NORMATIVO: BREVE ANÁLISIS Y CONTEXTO.....	23
2.1 CONTEXTO INTERNACIONAL	23
2.2 CONTEXTO Y MARCO JURÍDICO NACIONAL	24
2.3 ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS DE ELECTROMOVILIDAD ORIENTADAS A LA OFERTA (SUPPLY-SIDE REGULATION)	25
2.4 ANÁLISIS DE RIESGOS LEGALES Y REGULATORIOS	33
SECCIÓN III ANÁLISIS SOCIAL Y ECONÓMICO DE SECTOR HDV.....	35
3.1 ANÁLISIS SOCIAL DE LOS ACTORES Y DINÁMICAS DE CONFLICTO	35
3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SECTOR	40
SECCIÓN IV	44
MEDIDAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE HDV	45
4.1 MODELADO Y SIMULACIÓN DEL IMPACTO DE ALGUNAS MEDIDAS	45
4.2 MODELO ENERGÉTICO Y SIMULACIÓN DE MEDIDAS PARA VEHÍCULOS PESADOS	47
4.3 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA VIABILIDAD	51
SECCIÓN V CONCLUSIONES, DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES	55
SOBRE LAS AUTORES Y LOS AUTORES	59
REFERENCIAS	60
ANEXO I: MODELADO ENERGÉTICO DEL TRANSPORTE	63

INTRODUCCIÓN

El transporte en Colombia representa una de las principales fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de contaminantes atmosféricos locales con 37,8 millones de toneladas de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (12,5% de las emisiones según el último inventario nacional de GEI) (ENTS, 2022). Los vehículos pesados de carga y pasajeros, representan el mayor emisor de GEI del sector transporte: el 43,54% de las emisiones del transporte terrestre son de vehículos pesados con un estimado en emisiones de 12,89 $\text{MtCO}_{2\text{eq}}$ (ENTS, 2022). Por otro lado, en términos de energía, este diagnóstico presenta algunos hallazgos significativos, entre ellos que **los vehículos pesados consumen un 53% de la demanda nacional del transporte, siendo en su mayoría combustible fósil, particularmente diésel**. Desde esta perspectiva ya se ven alertas para los sectores del transporte, energía y medio ambiente, puesto **que el parque automotor de vehículos pesados es aproximadamente un 3% del total del parque automotor de Colombia**. Un perceptible análisis de Pareto que da señales de hacia dónde es pertinente y urgente orientar esfuerzos y reforzar las estrategias de transición energética justa y mitigación del cambio climático.

En este contexto, los **vehículos pesados (Heavy Duty Vehicles, HDV)**, tanto de carga como de pasajeros, se convierten en categorías estratégicas para la transición energética, especialmente en relación con la electromovilidad, así como otras medidas y políticas públicas orientadas hacia una movilidad sostenible. La relevancia de los vehículos pesados no radica únicamente en su alto impacto ambiental y energético, sino también en su rol crucial para la competitividad, logística y económica del país – el transporte carretero en Colombia mueve las personas y economía de todo un país. Este documento explora distintas visiones de la política pública que podrían constituirse como una potencial intervención regulatoria orientada a acelerar la implementación de la electromovilidad y eficiencia energética. Se realiza una aproximación desde una metodología mixta: cuantitativa, basado en el modelado energético del transporte, y cualitativa; desde una perspectiva crítica y analítica que examina la situación socioeconómica del sector transporte pesado. Así mismo, se explora la regulación existente y se identifican las principales barreras y desafíos a superar en el camino hacia una movilidad de cero y bajas emisiones.

Este diagnóstico se organiza de la siguiente manera: en la Sección I, se presenta un análisis del parque automotor de vehículos pesados. En la Sección II, se hace una revisión del contexto normativo y regulatorio de los HDV. En la Sección III, se lleva a cabo un análisis socioeconómico del sector transportador, aspectos históricos de conflictividad y una mirada económica del transporte pesado. La Sección IV, incluye la evaluación preliminar de un conjunto de medidas, para acelerar la movilidad eléctrica, medida central de esta investigación. Finalmente, la Sección V consolida las medidas recomendadas y se plantean preguntas estratégicas para la siguiente fase (HDV-II), buscando un enfoque gradual, integral y coordinado interinstitucional que facilite la transición del transporte de carga y pasajeros hacia tecnologías más limpias y eficientes.

DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULOS PESADOS

SECCIÓN I

DIAGNÓSTICO DE LOS VEHÍCULOS PESADOS

En esta sección se presenta la caracterización y análisis energético de los vehículos pesados. Particularmente, se analiza información histórica sobre la demanda energética, la eficiencia energética, y la participación de los combustibles líquidos fósiles, entre otros análisis para los vehículos pesados de carga y pasajeros.

1.1 Caracterización y definición de los vehículos pesados en Colombia

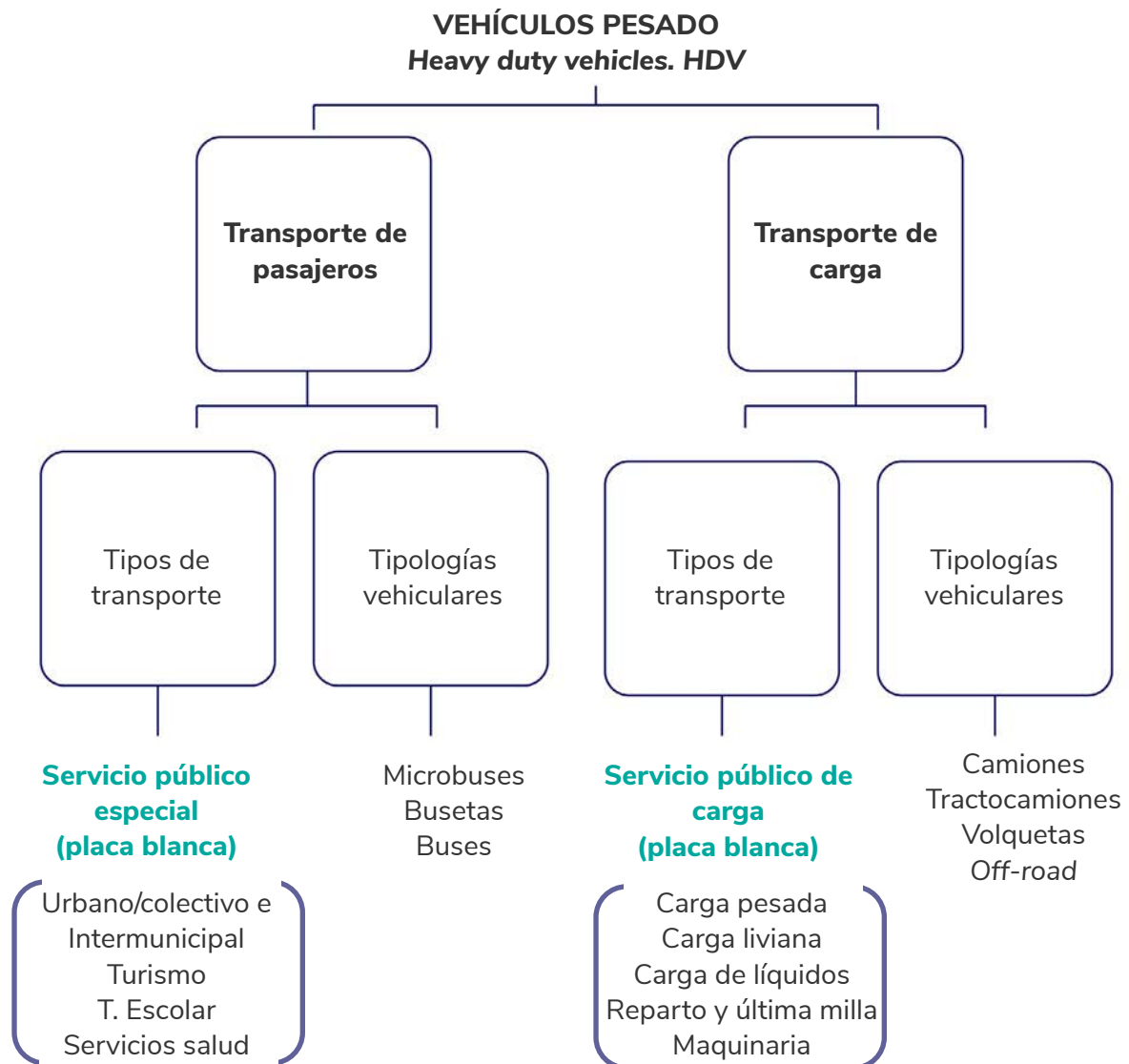


Figura 1. Esquema de la caracterización.
Fuente: Elaboración propia

Vehículos pesados de pasajeros (ej.)	Vehículos pesados de carga y maquinaria off-road (ej.)
	

Figura 2. Categorización de los vehículos pesados.
Fuente: Elaboración propia adaptado de MinTransporte.

Definición de Vehículos Pesados en Colombia

Para los fines de este análisis, **se consideran vehículos pesados aquellos automotores de transporte de carga o de pasajeros cuyo peso bruto vehicular (PBV) supera las 3,5 toneladas**. Esta definición se basa en la clasificación oficial del Ministerio de Transporte establecida en la Resolución 20223040045295 de 2022 (Resolución Única de Tránsito), modificada por la Resolución 20243040030995 de 2024, así como en los criterios técnicos de la Resolución 4100 de 2004 y su modificatoria 1782 de 2009, relativas a pesos y dimensiones máximos permitidos para vehículos de carga. Conforme a estas disposiciones, los vehículos de carga se clasifican de acuerdo con su categoría técnica y peso bruto vehicular, armonizados con las categorías internacionales establecidas por la UNECE (Reglamento N° 101) y la EPA/SAE (clasificación por clases de peso 2 a 8), de la siguiente manera:

Vehículos pesados de carga:

- **Camiones de reparto o distribución urbana:** corresponden a la **categoría N1** conforme a la Resolución 20223040045295 de 2022, con peso bruto vehicular de hasta 3.500 kilogramos, equivalentes a las **clases 2 y 3** de la clasificación internacional. En este grupo se incluyen vehículos como vans, pickups o camiones livianos destinados a la distribución urbana o última milla, incluyendo versiones eléctricas.
- **Camiones rígidos medianos:** se ubican en la **categoría N2**, con un peso bruto vehicular entre **3.501 y 15.000 kilogramos**, equivalentes a las **clases 4 a 6** internacionales. Comprenden camiones de carga seca, refrigerados o especializados, y son representativos del transporte interurbano y urbano de mediana

capacidad.

- **Camiones pesados o tractocamiones:** corresponden a la **categoría N3**, con **peso bruto vehicular superior a 15.000 kilogramos**, equivalentes a las **clases 7 y 8** de la clasificación EPA/SAE. Incluyen tractomulas, volquetas y vehículos de carga de largo recorrido, esenciales para el transporte de mercancías a nivel nacional.

Vehículos de Pasajeros:

En el caso del transporte de pasajeros, se incluyen dentro del grupo de vehículos pesados (categorías M2 y M3) los siguientes tipos, conforme al Anexo Técnico No. 1 de la Resolución 20223040045295 de 2022 y los reglamentos internacionales UNECE R107 y R101:

- **Buses intermunicipales:** vehículos categoría M3 con PBV superior a 5 toneladas, diseñados para transporte interurbano o intermunicipal de larga distancia.
- **Buses urbanos:** incluyen buses padrones, articulados y biarticulados utilizados en sistemas masivos (Bus Rapid Transit, BRT y/o Sistema Integrado de Transporte Masivo, SITM).
- **Microbuses:** vehículos categoría M2, con capacidad entre 9 y 30 pasajeros.
- **Vehículos de transporte especial:** servicios empresariales, escolares, turismo y servicios de salud, también en categorías M2 o M3 según peso y capacidad.

En general, la definición operativa de vehículos pesados en el contexto colombiano corresponde a los vehículos de las categorías N2, N3, M2 y M3 conforme al marco técnico-jurídico nacional, siendo equivalentes a las clases 4 a 8 de la clasificación internacional. Este marco permite compatibilizar los futuros instrumentos regulatorios —como estándares de eficiencia energética o metas de electrificación— con los sistemas de homologación técnica, fiscalización y política pública vigentes en Colombia.

1.2 Diagnóstico energético de los vehículos pesados

Desde una perspectiva energética, el estudio de los consumos y tendencias del parque automotor de vehículos pesados, permite identificar las fuentes predominantes de uso de combustibles fósiles, los cambios dadas las regulaciones y otros fenómenos, así como tendencias del mercado automotor y, sobre todo, identificar aquellas medidas en relación con la energía del transporte que pueden ser de alto impacto en el corto, mediano y largo plazo.

En una mirada global de la demanda de energía final del transporte, se observa en la Figura 3, el histórico 2010-2021 del consumo energético final, el cual reporta el consumo energético anual del sector transporte agregado en todos sus modos: carretero, aéreo, fluvial, marítimo y férreo. De esta totalidad, para el año 2022, se estimó que el transporte carretero representó un 92% del total, seguido de aéreo con 7%, marítimo 0,9%, fluvial 0,15%, y férreo 0,05% (UPME BECO, 2021). Se puede observar también, el marcado crecimiento de los combustibles líquidos fósiles, particularmente diésel y gasolina (representados en tonos azules) a lo largo del tiempo, con tendencias crecientes y alarmantes.

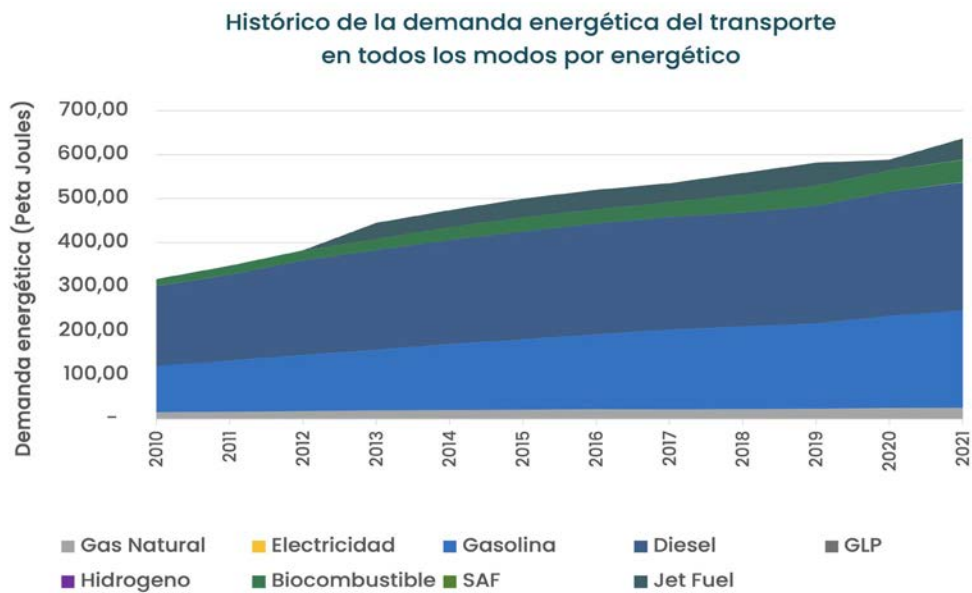


Figura 3. Demanda energética del transporte.
Fuente: (Orozco et al., 2025).

Sobre el energético diésel -también denominado *Aceite Combustible para Motores Pesados, ACPM*- es importante mencionar que los tipos de vehículos terrestres que típicamente emplean este combustible en su operación son vehículos pesados, entre ellos: camiones, tractocamiones, buses, busetas, microbuses, sistemas masivos y camionetas, así como maquinaria fuera de carretera (*off-road vehicles*) o maquinaria amarilla. Por otro lado, quienes operan con gasolina son vehículos livianos en su mayoría, automóviles, camperos, motocicletas, vehículos de 2 y 3 ruedas, camionetas, entre otros. En las Figuras 4-5, se visualiza el consumo energético histórico, representado en unidades de energía (peta Joules) para algunas tipologías de vehículos. Se observa en la parte inferior de la gráfica, que los vehículos pesados de carga (tractocamión, camión y volqueta) y pasajeros (bus, buseta y transporte masivo), concentran la mayor participación (53% del consumo al 2022 viene de los HDV). Además, se puede observar un incremento sostenido del consumo de energía por tipo de vehículo, tendencia vigente a la fecha; es posible también, hacer una comparación con la Figura 1, que de manera análoga registra un comportamiento similar y creciente del diésel para el mismo periodo de tiempo.

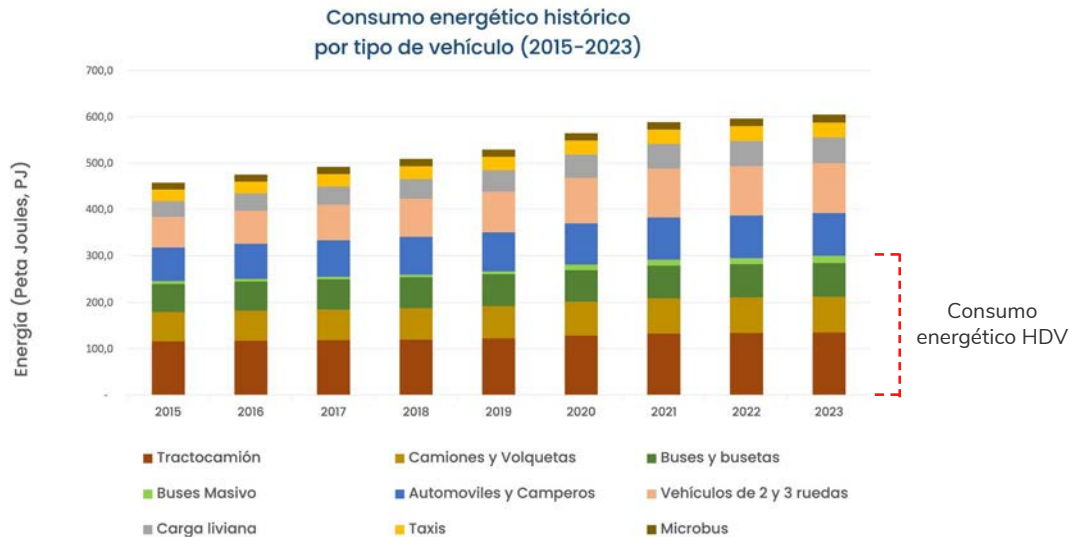


Figura 4. Demanda energética del transporte terrestre por tipo de vehículos
Fuente: (Orozco et al., 2025).

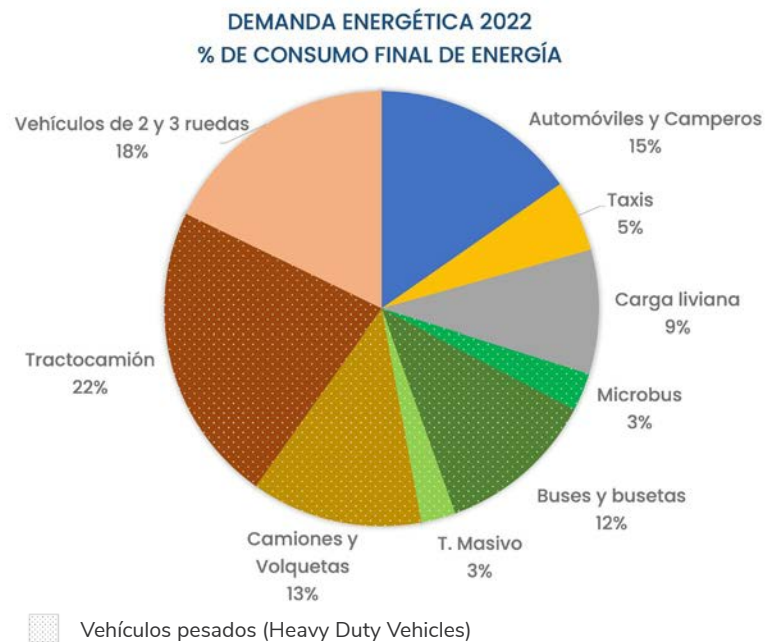


Figura 5. Consumo energético de HDV para el 2022 por tipología vehicular.
Fuente: Elaboración propia con datos (MinEnergía, 2024b; UPME, 2021).

Ahora bien, teniendo como soporte los datos del Ministerio de Minas y Energía (MinEnergía, 2024b), para 2022 se observa la siguiente participación en el consumo final de energía (peta Joules): **Vehículos pesados (316 PJ - 53%)** y **vehículos livianos (288,2 PJ - 47%)** para un total de 604,6 PJ estimados para el total del parque automotor y su consumo energético para el año 2022. En la Figura 5 se observa la distribución porcentual desagregada por tipología vehicular y en la Figura 6 se aprecia el consumo energético por tipo de servicio, predominando el transporte de pasajeros sobre el transporte de carga:

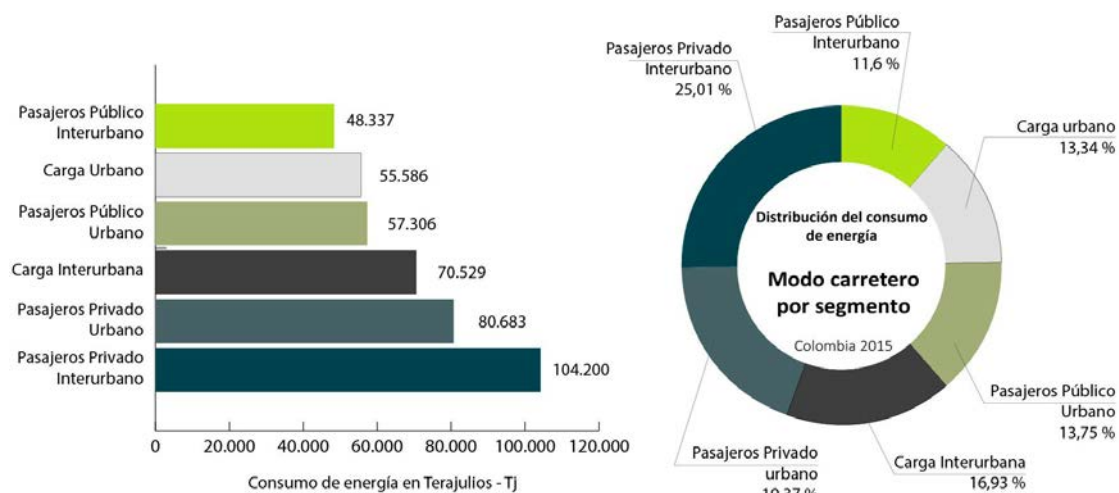


Figura 6. Consumo energético de HDV para el 2015 por tipo de servicio.
Fuente: Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS, 2022)

Es necesario por lo tanto, hacer un contraste con el tamaño del parque automotor y el número de vehículos para cada segmento, pues aunque la mayoría de energía es consumida por lo vehículos pesados (~53% de la demanda final), estos vehículos no representan la mayoría en cantidad en Colombia, por el contrario, son la minoría (~3,23% para el 2024) del total del parque en número de vehículos registrados, como se observa en la Figura 7. Según el reporte anual “Transporte en Cifras” del Ministerio de Transporte (MinTransporte, 2023) se registraron 630.205 vehículos pesados, para el 2024 según “Transporte en Cifras” y RUNT 2024 (MinTransporte, 2023; MinTransporte 2025; RUNT, 2025).

Para el año 2023, el sector transporte es el mayor consumidor de fósiles (más del 92% es fósil). De allí, **más del 50% de la energía es consumida por los HDV, que no superan el 5% (3,23% para el 2024) del total del parque automotor.**

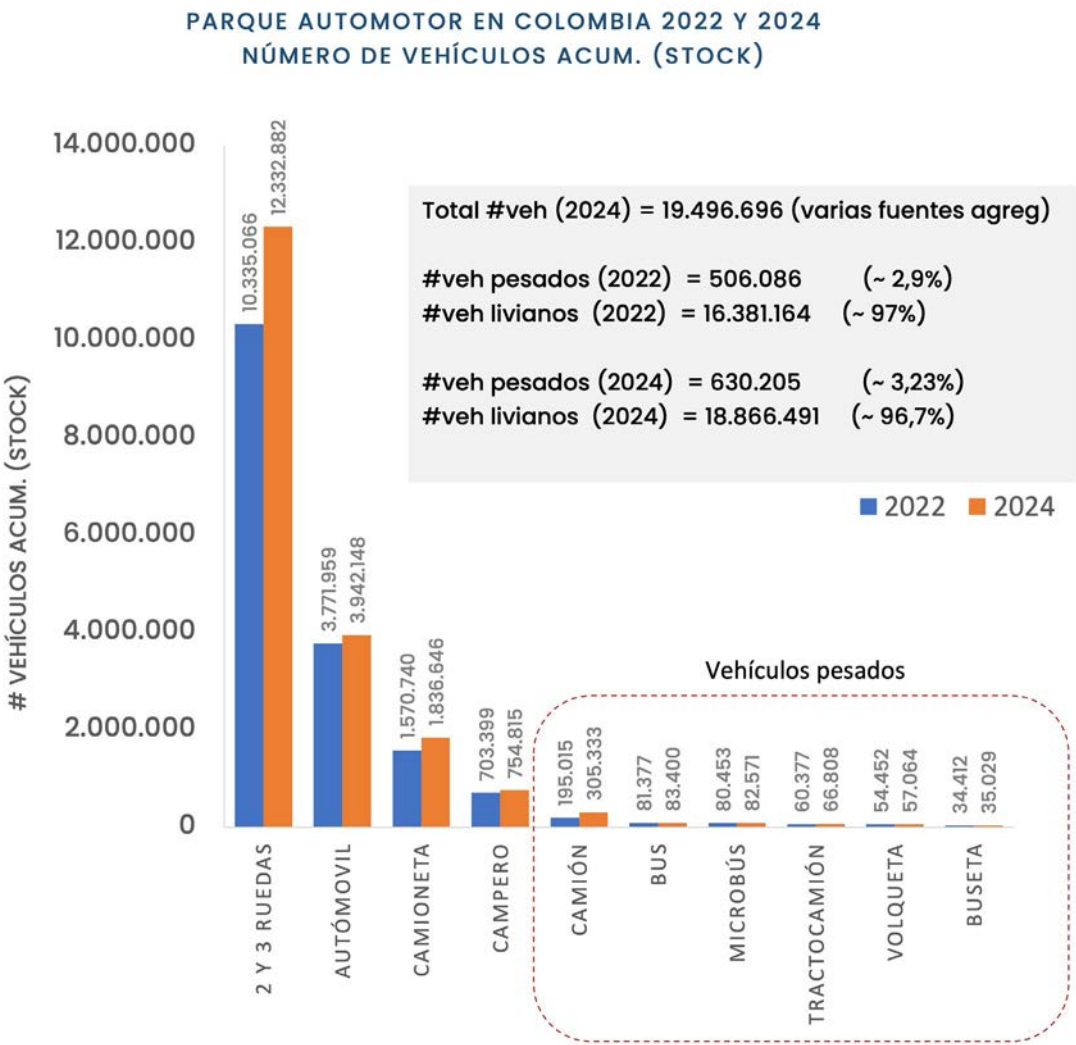


Figura 7. Consumo energético de HDV para el 2015 por tipo de servicio.
Fuente: Elaboración propia con datos agregados* (MinTransporte, 2025, RUNT, 2025)

Se aprecia también en la Figura 7 la composición del parque automotor 2022, donde el parque de vehículos pesados fue de 506.086 vehículos (2,9% del total para el 2022) y 16.381.164 vehículos livianos (97% del total)¹. Debido que no hay aún reporte oficial del consumo energético actualizado, se opta por tomar de referencia el año 2022 para el parque y su demanda final.

Concluyendo en términos energéticos, es crítico considerar estrategias de eficiencia energética y descarbonización para los vehículos pesados, pues ~3% del parque automotor HDV **demandaron un 53% de la energía final del transporte carretero**, es decir, un estimado entre 316 PJ y 323 PJ² equivalentes a aproximadamente ~51.633.986 bboe (barriles de petróleo equivalente) y a más de ~2 mil millones de galones de combustible líquido en un solo año.

1.3 Evolución del parque automotor HDV

En cuanto al crecimiento del parque automotor de vehículos pesados, se observa en la Figura 8 los diversos segmentos tanto para carga como pasajeros. Es posible analizar que, hasta el 2015, hubo un crecimiento sostenido, esto, impulsado por algunas políticas del Ministerio de Transporte para la renovación del parque. Entre el 2016 y el 2022, se denota un crecimiento desacelerado de estos segmentos en general, por lo que en la última década no aumentó de 100.000 nuevas unidades registradas en el RUNT.

Se observa que, a diferencia de otros segmentos como el de motocicletas o automóviles —que en la última década pasaron de unos pocos millones a cerca de **12,4 millones de motos** y más de **7 millones de automóviles** registrados para 2025 (RUNT, 2025-COMM)—, el crecimiento del parque automotor de **vehículos pesados de carga y pasajeros** muestra un **aplanamiento en su curva de crecimiento**. En esta sección se presenta el histórico de **ventas (nuevas matrículas por año)** correspondientes a este tipo de vehículos.

PARQUE AUTOMOTOR 2024

A manera general, se tiene para el 2024 una distribución del parque automotor como se muestra en la Figura 7 y se detalla a continuación (MinTransporte, 2023, RUNT, 2025):

• 2 y 3 ruedas:	12.332.882	veh. al 2024
• Vehículos livianos	18.866.491	veh. al 2024
• Vehículos pesados	630.205	veh. al 2024
- Camión	305.333	veh. al 2024
- Volqueta	57.064	veh. al 2024
- Tractocamión	66.808	veh. al 2024
- Microbus	82.571	veh. al 2024
- Bus	83.400	veh. al 2024
- Buseta	35.029	veh. al 2024

¹Se emplea de forma comparativa datos del 2022, para otros cohortes (2023/2024/2025) la información energética oficial no es pública al cierre de este documento.

²Se contempla un margen de error del modelo de $\epsilon \leq 0,05$

• Maquinaria off-road	278.958	veh. off-road al 2024
- Semirremolque	177.538	veh. off-road al 2024
- Remolque	2.827	veh. off-road al 2024
- Industrial y de construcción	98.593	veh. off-road al 2024

Adicionalmente, se observan los históricos de stock o histórico agregado agregado en la Figura 8ba, en la entrada de nuevos vehículos (matrículas o ventas) en la Figura 8b y las tendencias por segmento en las Figuras 9 (a-f).

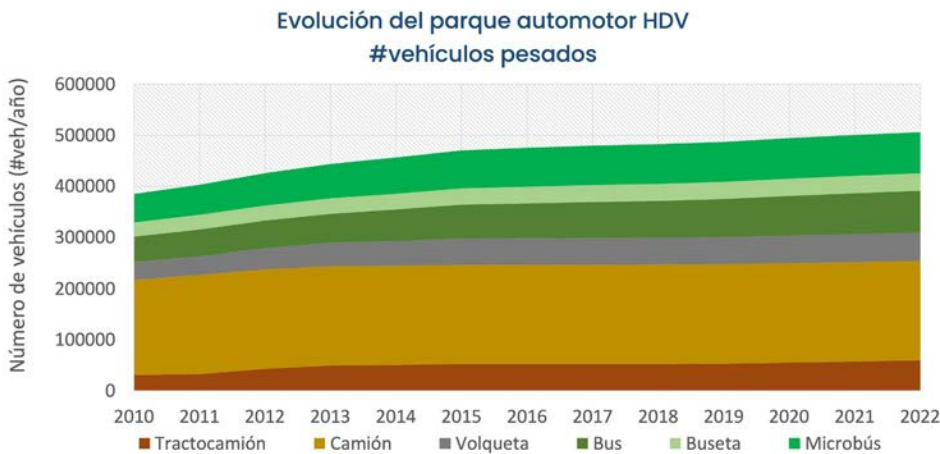


Figura 8a. Crecimiento del stock acumulado parque automotor de pesados (todos los energéticos)
Fuente: Elaboración propia con datos de (MinEnergía, 2024b) y (RUNT, 2025)).

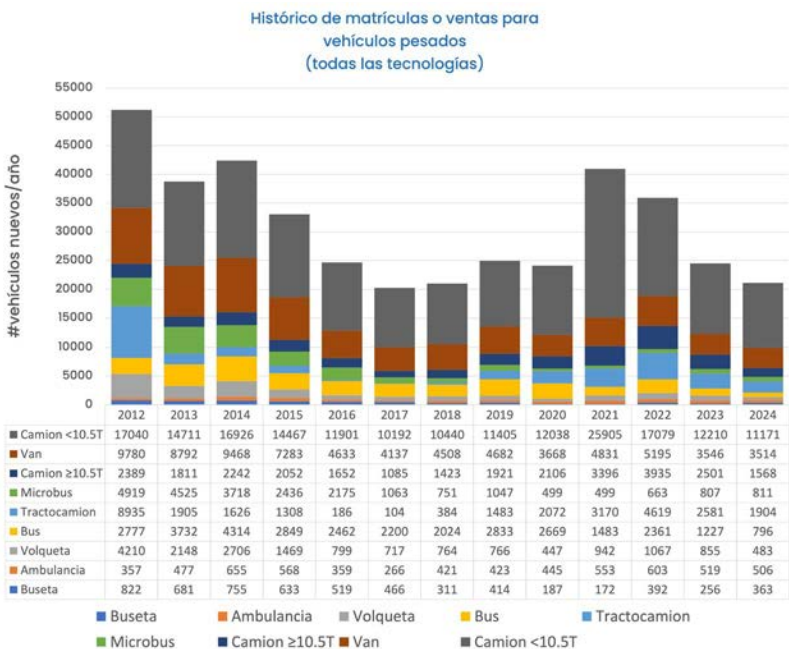


Figura 8b. Crecimiento del parque automotor de pesados (todos los energéticos)
Fuente: Elaboración propia con datos de (MinEnergía, 2024b) y (RUNT, 2025)).

a) Histórico y tendencia de ventas de HDV:

Entrada de nuevos vehículos por segmento (todas las tecnologías/energéticos)

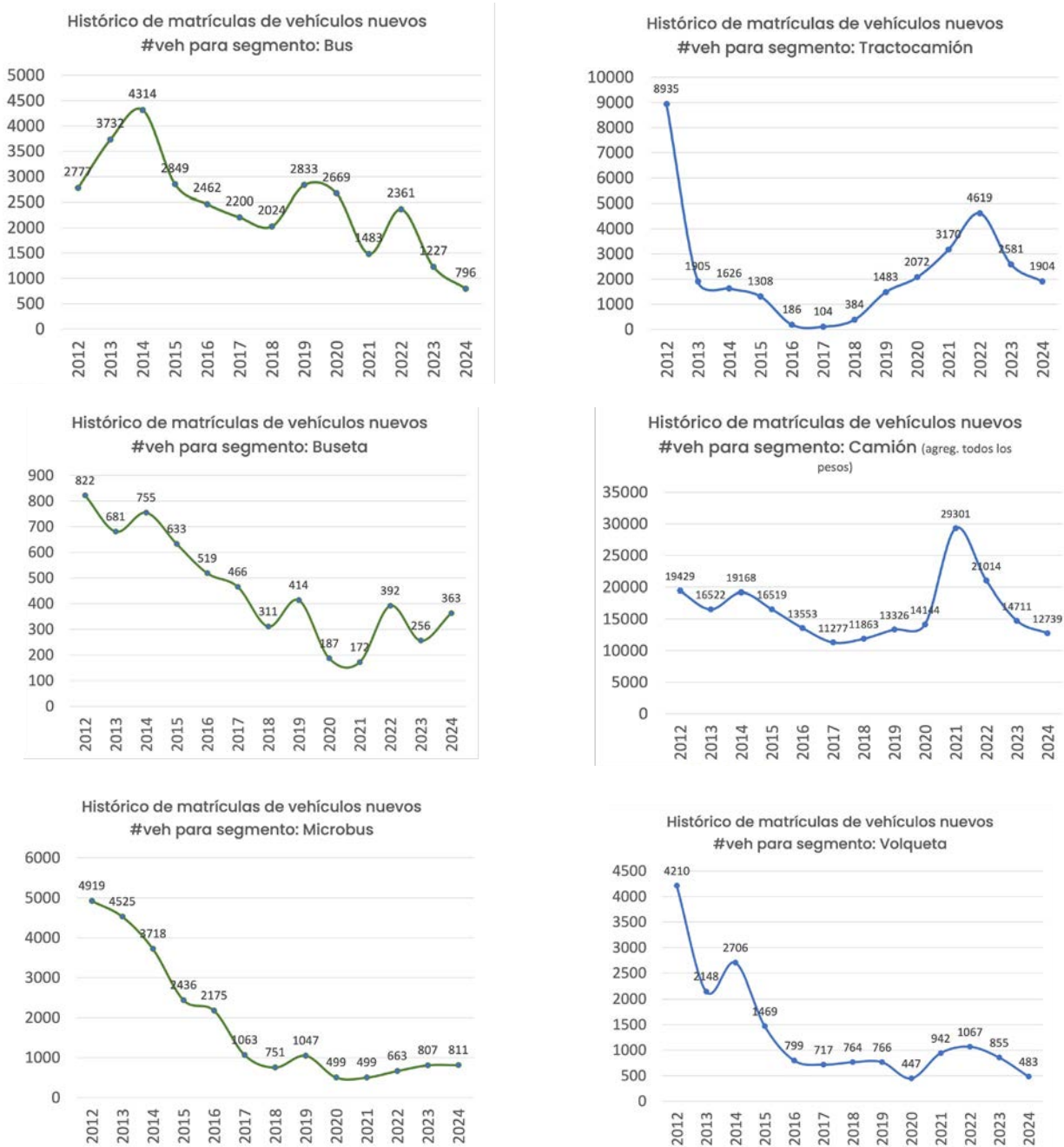


Figura 9 (a-f). Crecimiento del parque automotor de pesados por segmento (todos los energéticos)

Fuente: Elaboración propia con datos de (RUNT, 2025).

b) Distribución de tecnologías en el parque automotor de vehículos pesados

Se presenta la distribución de tecnologías en el parque automotor de vehículos pesados. Este inventario permite identificar las tecnologías predominantes en cada segmento vehicular de los HDV (Heavy-Duty Vehicles), según las definiciones establecidas en la normativa y estándares de emisiones contaminantes para vehículos EURO. A continuación, se describen algunas generalidades sobre la Norma EURO:

- **Pre-Euro:** Se refiere a vehículos que cumplen con los estándares de emisiones anteriores a la entrada en vigor de la primera norma oficial, la Euro 1 de 1992. Sin embargo, pre-euro no sigue los criterios de emisiones establecidos por la legislación de la Unión Europea, y sus emisiones son considerablemente altas comparadas con vehículos más modernos.
- **Euro II:** Entró en vigencia en 1996. Estableció un marco normativo y del estándar más exigente que Euro I. Para motores de combustión interna de gasolina, los límites son: 2,2 g/km de CO y 0,5 g/km de HC, sin considerar las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en la misma medida que las normas siguientes. Conllevó a que fabricantes mejoraran los sistemas de control para los gases emitidos por el vehículo.
- **Euro IV:** Entró en vigencia en 2005. Tuvo un alto impacto en la reducción de emisiones contaminantes con respecto a la normatividad previa, sobre todo en llevar el azufre a 450 partes por millón (ppm) para diésel y gasolina.

Con la reglamentación de la normativa europea sobre emisiones contaminantes (NEC), comúnmente llamada norma EURO se establecieron lineamientos técnicos que los fabricantes, ensambladores y autopartistas deben implementar para mejorar los sistemas relacionados con la generación y control de emisiones contaminantes. La evolución de la norma avanza hacia rangos y estándares más exigentes y menos contaminantes, como se observa en la Figura 10.

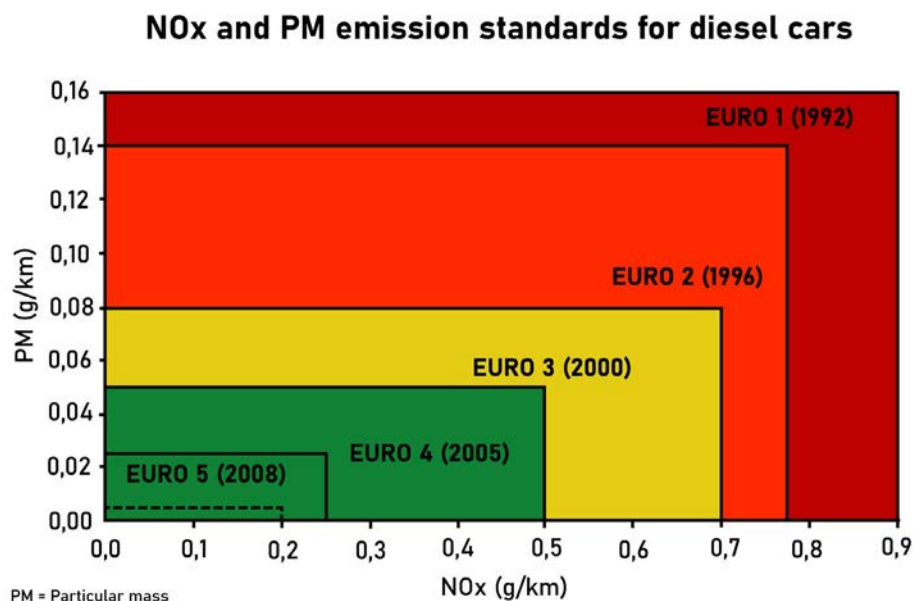


Figura 10. Comparación de estándares EURO 1 a EURO 5 para NO_x y PM para diésel

Fuente: (4DPF, 2024)

La clasificación de vehículos pesados de acuerdo a la norma euro registrada en el RUNT, se muestra a continuación:

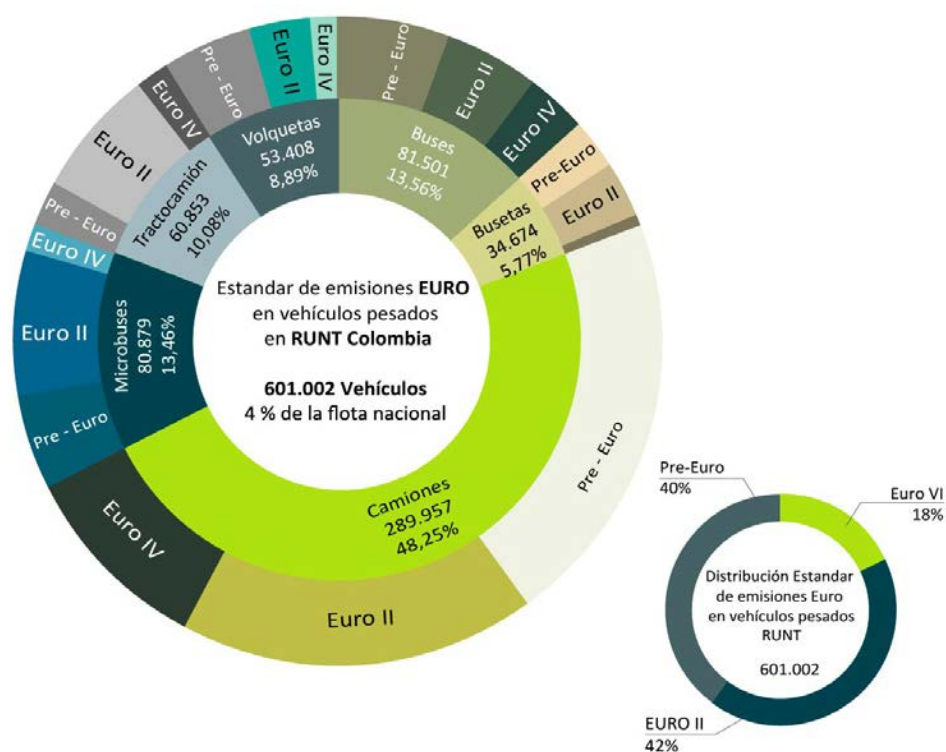


Figura: 11. Clasificación del parque automotor de vehículos pesados en Colombia, según la normativa EURO

Fuente: Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS, 2022)

Para carga, en general, la flota es mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II.

- Volquetas (8,89%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV
- Camiones (48,25%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV
- Tractocamiones (10,08%), mayoritariamente Euro II, seguido de pre-Euro II y Euro IV

Para pasajeros, en general, la flota es mayoritariamente Euro-II, seguido de pre-Euro

- Microbuses (13,46%), mayoritariamente Euro II, seguido de pre-Euro II y Euro IV
- Buses (13,56%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV
- Busetas (5,77%) , mayoritariamente Euro II, seguido pre- Euro II

c) Transición a vehículos de bajas y cero emisiones en HDV

Sin embargo, en términos de ascenso tecnológico, el **parque automotor de pesados eléctricos e híbridos** representan en los últimos años una tendencia en crecimiento, si bien la tecnología eléctrica – cero emisiones – representó menos del 1% del parque automotor para el 2024 (de un total de 19.972.482 vehículos en stock), las matrículas anuales de vehículos eléctricos en segmentos de HDV han tenido un comportamiento

incremental.

Para el 2021 se registraron 628 unidades nuevas eléctricas; para el 2022 se registraron 2532 unidades; para el 2023, 1959 unidades registradas y 5860 unidades para el 2024. Se observa en las Figura 12, Figura 13 y en la Tabla 2, el parque automotor de vehículos pesados eléctrico e híbrido, incluidos los segmentos: bus, buseta, microbus, ambulancia, camión, tractocamión y utilitarios (MinTransporte, 2025; RUNT 2025):

Periodo acumulado en ventas	HDV Eléctricos	HDV Híbridos (no enchufables)	HDV Híbridos (enchufables)
2012-2024	12121 unidades	7257 unidades	81799 unidades

Tabla 2. Matrículas de vehículos de bajas y cero emisiones.
Fuente: Elaboración propia con datos Andemos y RUNT

La tendencia predominantemente creciente para vehículos eléctricos a partir del 2021. **La aceleración de la curva de entrada de vehículos nuevos entre 2023 y 2024 da señales positivas de una transición energética del parque automotor de vehículos pesados con un crecimiento 199,1% (~200%↑) entre estos dos periodos consecutivos.**

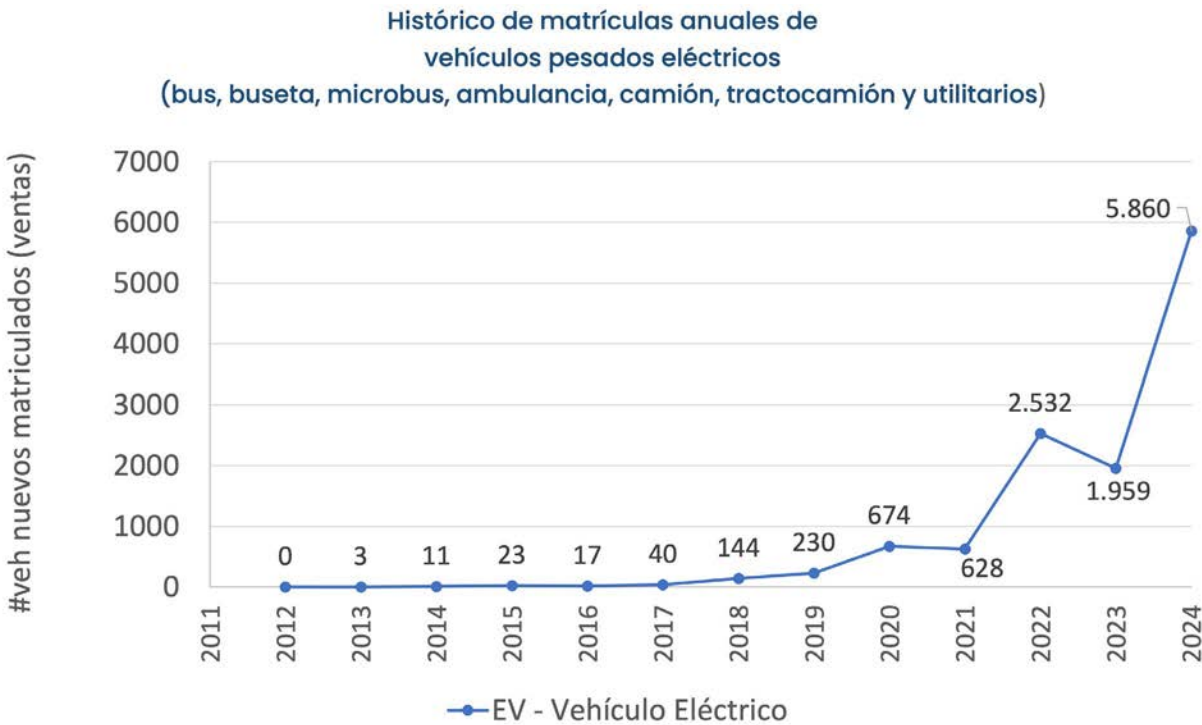


Figura: 12. Histórico de entradas de vehículos nuevos eléctricos HDV.
Fuente: Elaboración propia con datos (RUNT 2025)

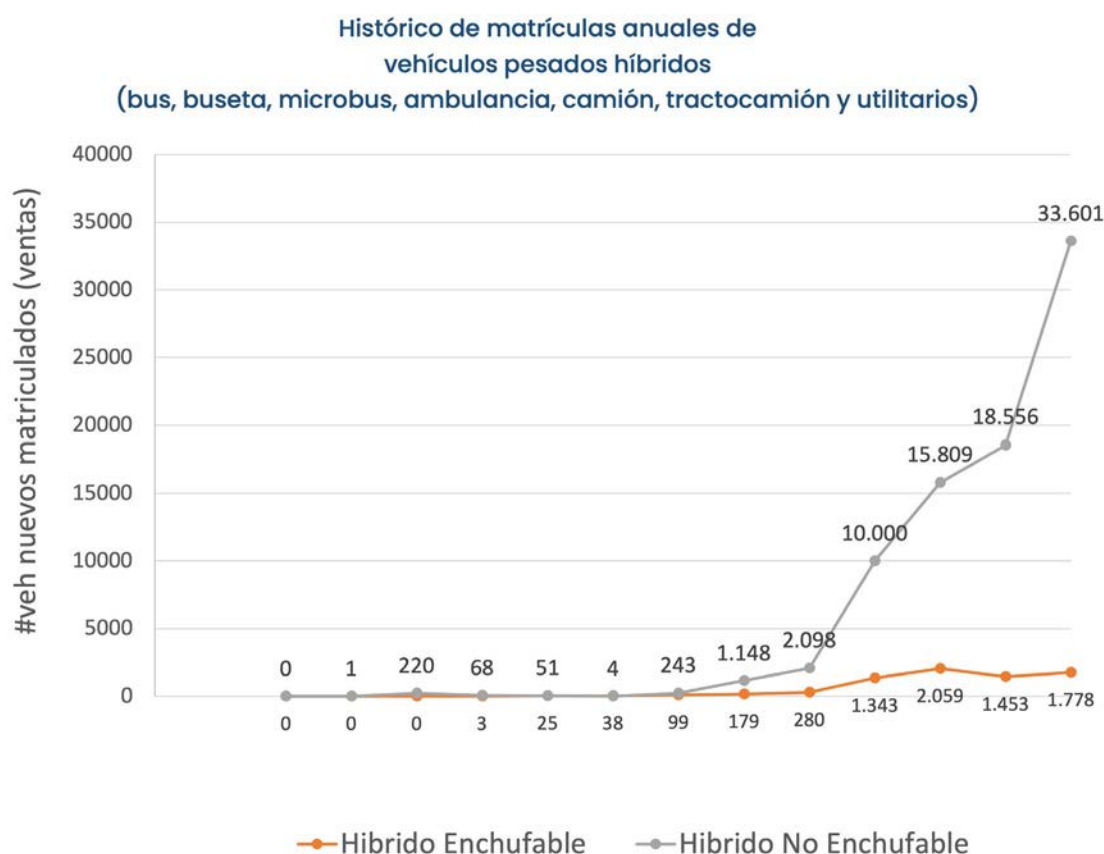


Figura: 13. Histórico de entradas de vehículos nuevos híbridos HDV.

Fuente: Elaboración propia con datos (RUNT 2025)

En este contexto, resulta necesario impulsar políticas públicas orientadas a acelerar la implementación de la electromovilidad, fortalecer la infraestructura de carga y promover incentivos para la electrificación. En el caso de los vehículos de carga pesada (más de 30 toneladas), se requiere además la realización de pruebas en campo y de laboratorio que permitan verificar, en condiciones propias del territorio colombiano, aspectos como el consumo energético, rendimiento, eficiencia, potencia, torque y otros parámetros técnicos en topologías locales. Esto es fundamental para garantizar una adopción exitosa de la tecnología eléctrica, así como para adaptar la infraestructura vial y de carga a las características regionales, especialmente en zonas de topografía compleja o no interconectadas al sistema eléctrico nacional.

De manera comparativa, las campañas de *reconversión hacia gas natural vehicular (GNV)*, impulsadas por la industria, han tenido un alto impacto en la elección tecnológica del sector y la difusión -voz a voz- entre usuarios. Sólo en el 2023 se registraron 14.372 unidades reconvertidas, un 63% de aumento con respecto al año anterior y un total agregado de aprox. 645.000 entre 2005-2023 (Naturgas, 2023), lo que evidencia la viabilidad de implementar pilotos o demostraciones que contribuyan a desmitificar percepciones sobre la movilidad eléctrica, su capacidad, autonomía y aplicaciones.

En este contexto, se presenta en la *Figura 14* la energía final por energético del parque automotor de vehículos pesados, concordando con las bajas cifras en el número de ventas anuales de vehículos de bajas y cero emisiones HDV:

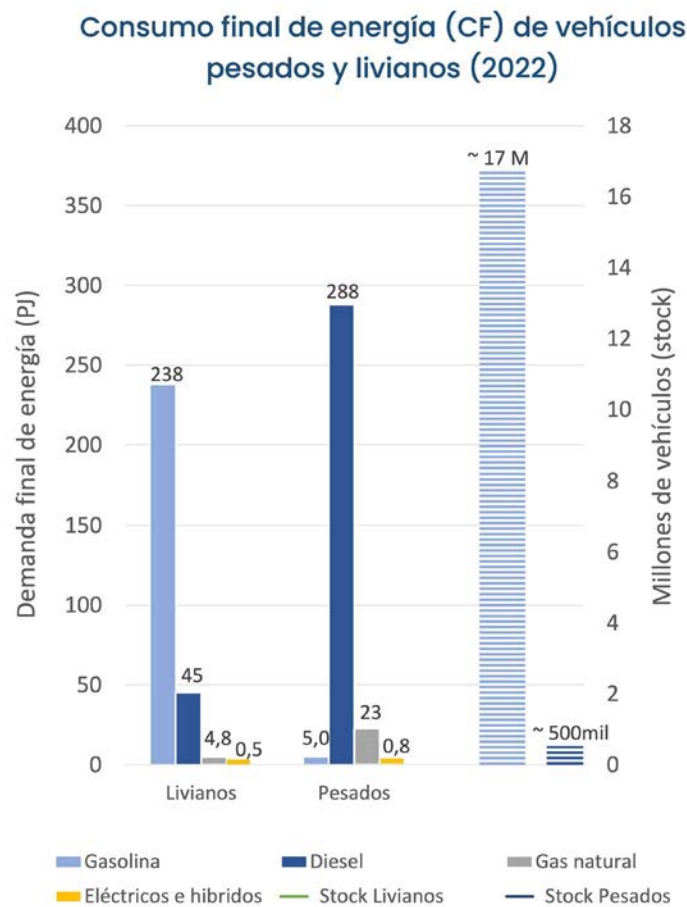


Figura 14 Energía final por energético en el parque automotor de livianos y pesados.
Fuente: Elaboración propia con datos (MinTransporte, 2024)

Finalmente, y en concordancia con lo anterior, el alto consumo de combustibles fósiles líquidos, principalmente diésel, en el parque automotor de vehículos pesados, obedece a factores como los recorridos de larga distancia, la antigüedad del parque vehicular —con unidades que pueden superar los 30 años de operación— y la baja eficiencia energética de dichos vehículos. Estos elementos generan un elevado impacto en la demanda energética nacional, en las emisiones de gases de efecto invernadero y en la calidad del aire urbano.

Además, producen efectos económicos negativos, tanto para la finanza pública, debido a los subsidios al diésel a través del Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPC), como para la economía de los transportadores, por los altos costos asociados a fletes, peajes, impuestos y sobretasas que inciden en la operación del transporte de carga y pasajeros.

Se estima una necesidad como sector, país y región de la implementación de mejoras tecnológicas y energéticos de bajas y cero emisiones, pero sobre todo del impulso de un ascenso tecnológico del parque automotor de vehículos pesados y de la infraestructura necesaria para dicha transición de manera amplia, ambiciosa y democrática.

1.4 Análisis de las emisiones del parque HDV

Desde una mirada ambiental, el transporte pesado (HDV) representó la mayor fuente de emisiones móviles del transporte terrestre, con una participación de 43,54%, es decir, **12,89 MtCO_{2eq}**, según el último inventario nacional de gases de efecto invernadero de MinAmbiente (IDEAM, 2018) y publicado para el sector transporte en la Estrategia Nacional de Transporte Sostenible del Ministerio de Transporte (ENTS, 2022), como se observa a continuación:

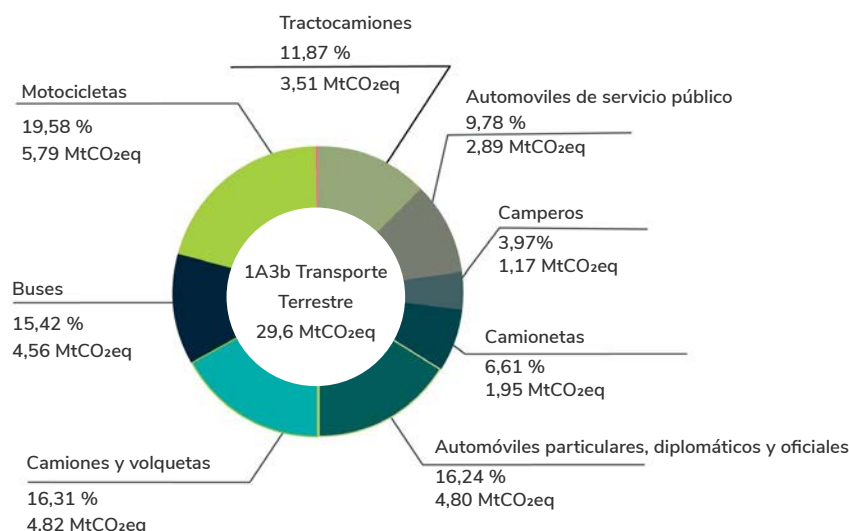


Figura 15a. Emisiones de gases de efecto invernadero para el transporte en Colombia.

Fuente: Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS, 2022)

De manera desagregada se observa de la Figura 15a, que para cada segmento vehicular la participación en emisiones es la siguiente:

Buses:	4,56 MtCO _{2eq} (15,42% del transporte terrestre para el año 2018)
Tractocamiones:	3,51 MtCO _{2eq} (11,87%, idem)
Camiones y volquetas:	4,82 MtCO _{2eq} (16,31%, Idem)
Total (Veh. Pesados):	12,89 MtCO_{2eq} (43,54%, Idem)

Estas emisiones están asociadas no solo al alto consumo energético de combustibles fósiles, al alto kilometraje por sus recorridos de larga distancia, sino que refleja también las altas ineficiencias relacionadas a la edad de los vehículos y su tecnología vehicular (Sección 1.3).

En términos históricos, la tendencial del sector transporte en emisiones es similar a la tendencia incremental del consumo energético y del tamaño de su parque automotor de vehículos terrestres. Se observa en la Figura 15b el crecimiento de GEI en Colombia 2010-2019 (REF-)

EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DEL TRANSPORTE (ÚNICAMENTE COMBUSTIBLE) Fuente: IEA & UPME (2019)



Figura 15b. Emisiones para el transporte en Colombia.
Fuente: (ClimateChance, 2021)

De manera agregada para los segmentos de vehículos pesados registrados en el inventario de GEI, se tiene un total de **12,89 MtCO_{2eq}** (43,54% del total de emisiones GEI del sector transporte terrestre para el 2018), las cuales son emitidas por fuentes móviles particularmente HDV. Estos GEI provienen de menos del 5% del total del parque automotor de Colombia. De nuevo concluyendo, la necesidad de FORTALECER las políticas nacionales hacia una transición energética y el ascenso tecnológico que fomente la entrada de vehículos cero y bajas emisiones, así como su infraestructura de carga, entre otras medidas para HDV.

ANÁLISIS JURÍDICO Y REGULATORIO DE HDV

SECCIÓN II

MARCO REGULATORIO Y NORMATIVO: BREVE ANÁLISIS Y CONTEXTO

El diagnóstico energético de la sección anterior ha relacionado la demanda de energía final con el parque automotor de pesados, ubicando a los HDV como los grandes consumidores de combustibles fósiles (diésel) del sector transporte. En este sentido, los vehículos pesados, pese a representar tan solo un 3 % del parque automotor nacional (aprox. 630 mil vehículos de 19.4 millones al 2024), concentran el 53 % del consumo energético del transporte carretero y una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de combustibles líquidos fósiles.

La realidad del sector subraya la urgencia de avanzar hacia una transformación estructural del sector, que no solo dependa de innovaciones tecnológicas o incentivos económicos, sino también de un marco jurídico y regulatorio sólido, coherente y articulado con los objetivos de ascenso tecnológico, eficiencia energética, descarbonización y transición energética justa para el transporte.

En este contexto, esta sección aborda un análisis jurídico de los vehículos pesados -carga y pasajeros-, examinando la suficiencia del marco normativo vigente, la distribución de competencias institucionales, los instrumentos regulatorios aplicables y las oportunidades de mejora para alinear la política nacional con las tendencias internacionales y los compromisos climáticos de Colombia.

2.1 Contexto internacional

El análisis de las medidas regulatorias para HDV en otros países nos muestra tres enfoques principales, cada uno con sus propias ventajas y desafíos:

- **Prohibiciones Progresivas de Venta de Vehículos Fósiles:**

La Unión Europea (UE) con el Reglamento 2019/1242, establece metas obligatorias de reducción de emisiones de CO₂ para HDV nuevos, o en California (Advanced Clean Trucks Rule, 2020) con un mandato progresivo de ventas de camiones ZEV. Si bien estas medidas son fáciles de comunicar, pueden generar resistencia política y un riesgo de interrupción del mercado si la oferta y la infraestructura no están listas.

- **Mandatos de Ventas ZEV (Vehículos de Cero Emisiones):**

Países como China e India (han implementado este enfoque, por ejemplo, a través de su programa de subsidios y compras públicas FAME II. Su mayor ventaja es que son muy eficaces para el mercado y envían una señal clara que acelera la disponibilidad de modelos. Sin embargo, su implementación requiere un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) robusto y pueden llevar a costos iniciales altos.

- **Estándares de Eficiencia o Emisiones:**

Adoptados en países como Brasil (ej. Proconve P8) y México. Estos son flexibles para la industria y promueven la innovación, reduciendo costos operativos, pero pueden ser complejos de implementar y verificar, y no necesariamente conducen a la electrificación plena.

También se observan los incentivos fiscales y subsidios (Alemania, EE. UU.) que reducen la barrera del costo inicial, siendo políticamente más populares, pero pueden generar dependencia y desafíos de sostenibilidad fiscal a largo plazo. Lo fundamental es que estos enfoques se integren con las NDC de cada país, como lo hace la UE al vincular sus metas de reducción de emisiones con sus compromisos climáticos.

2.2 Contexto y marco jurídico nacional

a) Autoridades competentes para la regulación de la electromovilidad en Colombia

La implementación de estas medidas requiere la coordinación de múltiples entidades:

- **Ministerio de Transporte:** Autoridad y cabeza del sector. Homologación de vehículos, lineamientos técnicos, estándares para vehículos (fabricación, ensamble e importaciones), línea de energéticos de bajas y cero emisiones y transición.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Establecimiento de estándares de emisiones, determinación de energéticos (de bajas y cero emisiones). Lineamientos y presupuestos de emisiones de efecto invernadero, NDCs, etc.
- **Ministerio de Minas y Energía:** Políticas de eficiencia energética, políticas energéticas para el transporte, energéticos de bajas y cero emisiones, electrificación e infraestructura de energía (estaciones de carga). Mediante la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), se otorgan incentivos tributarios a proyectos de gestión eficiente de la demanda, incluyendo vehículos eléctricos. FPEC.
- **Ministerio de Hacienda y Crédito Público:** Diseño y gestión de incentivos fiscales. FPEC.
- **Ministerio de Comercio, Industria y Turismo:** Fomento a la reindustrialización y regulación de acuerdos comerciales. Aranceles para vehículos de bajas y cero emisiones. Políticas enfocadas a mejoras en la industria automotriz y autopartista.

b) Visión y enfoque de política pública

Se identifican cuatro visiones principales para la política de oferta de HDV en la transición energética y ascenso tecnológico:

- **Visión 1: Descarbonización por Metas Climáticas:**

Aquí, la prioridad es la reducción de emisiones a través de estándares de eficiencia de combustible o metas de ventas de ZEV, vinculadas directamente a la NDC.

- **Visión 2: Sustitución Tecnológica por Incentivos:**

Se enfoca en la adopción de nuevas tecnologías mediante subsidios, exenciones fiscales o criterios de compra pública favorable, creando activamente un mercado.

- **Visión 3: Objetivo Industrial (Localización de Cadena de Valor y reindustrialización):**

Busca fomentar la producción local o regional de componentes y vehículos, articulándose con políticas de desarrollo industrial y comercio exterior (ej. estrategia de manufactura de VE en México).

- **Visión 4: Seguridad Energética y Transición Energética Justa (TEJ):** Se centra en reducir la dependencia de combustibles fósiles importados, promoviendo la electrificación y los biocombustibles. Es una política nacional que da lineamientos intersectorialmente.

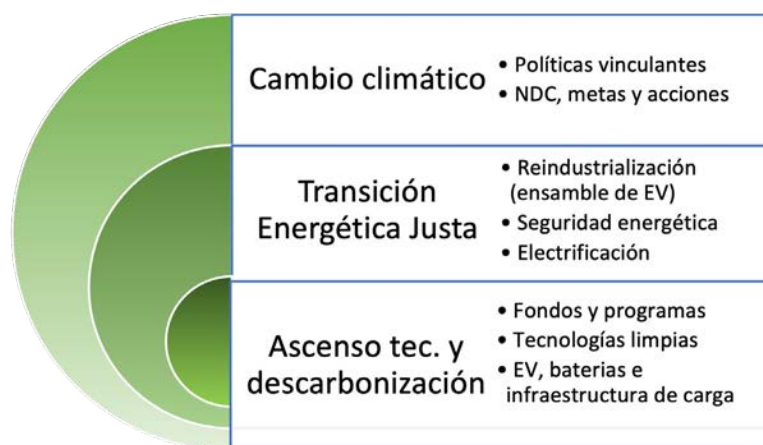


Figura 16. Políticas energéticas y climáticas para el transporte.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Análisis de las políticas de electromovilidad orientadas a la oferta (supply-side regulation)

Política Nacional de Reindustrialización: priorizando la industria automotriz y autopartista nacional

Colombia, al tener industria de ensamble vehicular, carrocerías y autopartes tiene una marcada visión y políticas orientadas al impulso de la industria nacional. Esta cualidad en el contexto de país y región, marca una considerable diferencia en la construcción de políticas públicas del transporte, pues cambios drásticos o sutiles en la regulación no sólo podría beneficiar -o afectar- la producción, los empleos y la cadena de valor de los mismo, es por ello que los Ministerios de Industria y Comercio, Departamento Nacional de Planeación, gremios, entre otros juegan un rol importante en las políticas de movilidad y electrificación y en años reciente se ha planteado una política transversal que abarca movilidad: **POLÍTICA NACIONAL DE REINDUSTRIALIZACIÓN** (Conpes 4129). Se cita un aparte de este documento:

“se destacan acciones que incluyen la hoja de ruta para la producción y ensamble de vehículos con tecnologías de cero y/o bajas emisiones en el país, para los modos carretero, fluvial, férreo y marítimo; el fortalecimiento de las cadenas productivas que agreguen valor a minerales estratégicos; el fomento a la economía circular con emisiones mínimas; la promoción de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR); incentivos a la electromovilidad;”

Conpes 4129. Política Nacional de Reindustrialización.

Incentivos tributarios para la industria automotriz nacional

La Resolución UPME 736 de 2025 modifica la Resolución 000135 de 2025, ampliando los listados de bienes y servicios para proyectos de generación de energía eléctrica a partir de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) y para acciones de gestión eficiente, en este contexto, para el 2025 se incorporaron componentes claves que incentivan el ensamble vehicular, particularmente aplicando reducciones a impuestos como el IVA y beneficios a la renta. Se cita apartados de la misma resolución que entró recientemente a regir:

“Lista de bienes y servicios GEE, para acciones o medidas de gestión eficiente de energía (GEE)” la cual fue actualizada con base en lo dispuesto en la Resolución MME 40156 de 2022, por medio de la cual el Ministerio de Minas y Energía adoptó el Plan de Acción Indicativo – PAI 2022 -2030 para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE)”.

“(…) autopartes que incluyen: sistema de alto voltaje, sistema de bastidor estructural, sistema de articulación, sistema de suspensión, sistema de dirección, sistema de tracción electrónica, sistema de bajo voltaje, sistema electroneumático, sistema de frenado electrónico, así como los servicio de producción y maquila para chasis, y servicio de producción y maquila para carrocería, destinados a la fabricación nacional de buses eléctricos” **en el listado de bienes y servicios susceptibles de recibir los incentivos tributarios para las medidas y acciones de Gestión Eficiente de la Energía – GEE, enunciadas en el Anexo No. 2 de la Resolución UPME No. 00135 de 2025. Res. 736 de 2025**

Resultado de un esfuerzo conjunto de la industria nacional, gremios, gobierno y carteras nacionales, este año en el marco de los procesos de Transición Energética Justa y Reindustrialización, se dio a conocer el primer bus eléctrico totalmente en Colombia. En este sentido, las políticas de compra pública tendrán prioridad en los siguientes años para la adquisición de flotas ensambladas nacionalmente.

Colombia presenta su primer bus 100% eléctrico ensamblado en el país



Figura 17. Políticas energéticas y climáticas para el transporte.
Fuente: Foto de Caracol radio. Noticia del 14 de julio del 2025.

Ley de Electromovilidad: Ley 1964 de 2019

La Ley 1964 tiene por objeto generar esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones: Hasta ahora es el instrumento regulatorio de carácter vinculante y la más importante hasta el momento para la movilidad eléctrica. Esta ley presenta los esquemas de incentivos económicos y no económicos (art. 3 al art. 7)

- **Beneficio de “pico y placa”** o restricción vehicular: los vehículos de bajas y cero emisiones son exentos de la restricción vehicular de los municipios.
- **Descuentos en impuestos:** Las entidades territoriales pueden ofrecer descuentos en el impuesto sobre vehículos y en las tarifas de parqueaderos.
- **Revisión técnico-mecánica:** Aplican descuentos en la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes para vehículos eléctricos.
- **Parqueaderos preferenciales:** Se pueden implementar tarifas de parqueo diferenciadas.

Ley 1964 de 2019

Además, en el artículo 8, da el **lineamiento del incremento en la flota vehicular eléctrica de transporte público masivo**, con metas graduales de la siguiente manera:

- A partir de 2025, mínimo el diez (10%) por ciento de los vehículos adquiridos.
- A partir de 2027, mínimo el veinte (20%) por ciento de los vehículos adquiridos.
- A partir de 2029, mínimo el cuarenta (40%) por ciento de los vehículos adquiridos.
- A partir de 2031, mínimo el sesenta (60%) por ciento de los vehículos adquiridos.
- A partir de 2033, mínimo el ochenta (80%) por ciento de los vehículos adquiridos.
- A partir de 2035, mínimo el cien (100%) por ciento de los vehículos adquiridos.

Ley 1964 de 2019, Art. 8

En cuanto a la trayectoria de ascenso tecnológico que establece la ley para los buses de los sistemas masivos, se tiene un aumento gradual del porcentaje de e-buses en las flotas:

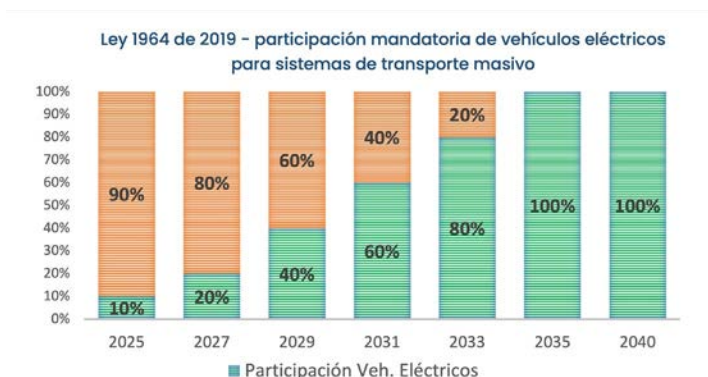


Figura 18. Ley 1964 de 2019, mínimo % de flota de EV.

Fuente: Elaboración propia con datos L. 1964/2019

NDCs: Ley 2169 de 2021

Meta nacional vinculante para la entrada de vehículos nuevo

En Colombia, aunque ya contamos con señales regulatorias importantes como la Ley 1964 de 2019 y las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional 2020 (Nationally Determined Contribution, NDC), aún predominan los incentivos no vinculantes. Las medidas vinculantes se limitan a la obligación de compra de buses eléctricos en los Sistemas Integrados de Transporte Público (SITP), tal como lo exige la Ley 1964 y por el lado de las NDC, bajo la Ley 2169 de 2021 se tiene la meta nacional de **electrificación de 600.000 nuevos vehículos al 2030, esto sin contar vehículos de 2 y 3 ruedas.**

“Artículo 12. Medidas del Sector Transporte. El Ministerio de Transporte, en coordinación con las entidades que se indican en los numerales siguientes, y demás entidades nacionales y territoriales competentes, deberá incorporar en los instrumentos sectoriales de planificación existentes y futuros, acciones orientadas a alcanzar las metas país en materia de mitigación, así como a garantizar las condiciones habilitantes para la implementación y avance en la consolidación de las siguientes medidas mínimas:

1. Acciones que permitan acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, diseñando e implementando políticas con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos de 2, 3 y 4 o más ruedas, así como la promoción de instrumentos financieros que incentiven el ingreso de vehículos eléctricos.

2. Acciones que permitan avanzar hacia la paridad de precios entre las tecnologías de vehículos eléctricos y vehículos convencionales con el fin de incentivar una mayor demanda de vehículos eléctricos en el mercado.

3. Acciones que permitan la concurrencia entre el Gobierno nacional y los entes territoriales para Incentivar la transición hacia la tecnología eléctrica en los sistemas de transporte público.

4. Desarrollo de instrumentos financieros que generen condiciones habilitantes para la circulación de al menos 600.000 vehículos eléctricos en el país a 2030. Estas acciones se desarrollarán en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Departamento Nacional de Planeación.

5. Acciones de seguimiento, monitoreo y verificación del programa para la modernización del parque automotor de carga de más de 10.5 toneladas de peso bruto vehicular y más de 20 años de antigüedad, para la renovación de al menos 57.000 vehículos, dentro del periodo de gestión establecido en la NDC.”

Ley 2169 de 2021.

Otros documentos como el CONPES 4011, Hojas de Ruta y documentos similares establecen metas que son solo indicativas al igual que la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa (TEJ) para vehículos en cada segmento, alineados con las NDC y otros instrumentos nacionales.

Hoja de ruta para la Transición Energética Justa:
Mirada integral del transporte y la energía para las próximas décadas

Finalmente, en infraestructura de carga, la reciente publicación del Ministerio de Minas y Energía “Estrategia Nacional para la Infraestructura de carga” (MinEnergía, 2025), establece un marco indicativo de las necesidades de estaciones de carga y conectores, dadas las proyecciones tanto de las NDC como de la Hoja de ruta TEJ. Se presentan las proyecciones de vehículos nuevos para HDV, de acuerdo a la TEJ:

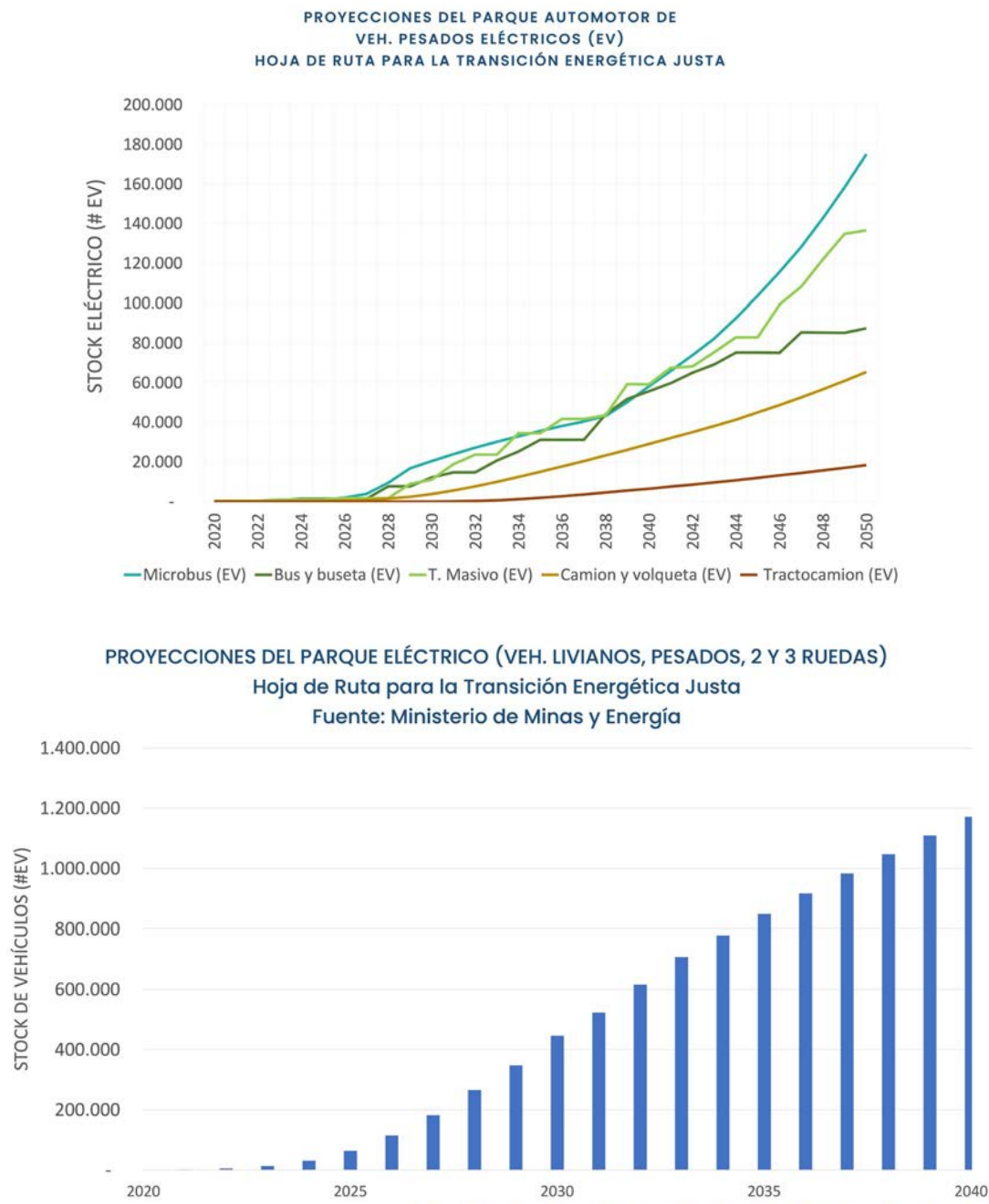


Figura 19(a-b). Proyecciones de electrificación del parque automotor en Colombia.
Fuente: Elaboración propia con datos (MinEnergía, 2024a; MinEnergía, 2024b)

Perspectivas de la regulación orientada a la oferta (supply-side regulation) en Colombia

Desde la perspectiva del mercado, particularmente del lado de la oferta, es posible considerar algunas de las siguientes dimensiones para una revisión detallada del estado del arte y penetración de la movilidad eléctrica nacional y/o territorial:



Figura 20. Dimensiones a considerar para el despliegue de HDV eléctricos.

Fuente: Elaboración propia

- **Adopción y ventas**

Def: Crecimiento marginal de vehículos eléctricos, muestra la penetración de la tecnología eléctrica.

Variables o métricas: [#veh_eléctricos_HDV_nuevos / año], [#veh_eléctricos_HDV_total]

Estado actual en Colombia: Mínima penetración en HDV < 1% de la flota.

Acciones potenciales: Mejorar fondo de ascenso tecnológico (acceso) a mecanismos de financiación, incl. mercados de carbono. Incentivar la compra pública. Medidas como estándares para la eficiencia energética pueden llevar a la electromovilidad.

- **Oferta de vehículos y modelos disponible**

Def: Número de modelos HDV en la oferta nacional para la adquisición y homologación.

Variables o métricas: [#veh_modelos_mercado_HDV]; [#veh_EV_homologados_HDV]

Estado actual en Colombia: Oferta escasa en HDV eléctricos, con un dominio de importaciones desde China.

Acciones potenciales: Señales al mercado del impulso de la electromovilidad para HDV (compra pública o programas de ascenso). Ya existen aranceles que favorecen los HDV de bajas y cero emisiones.

- **Disponibilidad de autopartes y cadena de suministro**

Def: Hace referencia a la disponibilidad de insumos, autopartes, repuestos y suministros para la operación de vehículos pesados eléctricos.

Variables o métricas: [existencia_suministros_repuestos] [#talleres_habilitados_para_EV_HDV]

Estado actual en Colombia: Incipientes, responde a la poca oferta vehicular HDV. Sin embargo, estos componentes son necesarios para el desarrollo del mercado en términos de oferta-demanda. Considerando además, que el impulso y las inversiones en éste componente pueden promover algunas actividades económicas como el ensamblaje, servicios de posventa, reparación, mantenimiento y producción nacional de componentes y autopartes. Se explorará en detalle este componente en la Fase de HDV-II.

Acciones potenciales: Fomentar el aumento de la demanda y oferta de HDV eléctricos. Capacitaciones y formación para eléctricos/electricistas/mecánicos y afines para nuevo capital humano orientado a la electromovilidad, infraestructura, etc.

- **Costos Totales de Propiedad (CTP) o Total Cost of Ownership (TCO)**

Def: Concepto financiero que estima los costos totales de adquisición, operación, mantenimiento y disposición final de un vehículo o activo a lo largo de toda su vida útil.

Variables o métricas: [\$_costo_total_propiedad_TCO]

Estado actual en Colombia: La comparación de los costos operativos, de mantenimiento y adquisición requiere un modelado financiero detallado, que involucre los parámetros de CAPEX y OPEX. Actualmente el costo de adquisición es alto con respecto a su similar de combustión, al menos dobla el precio nominal del mercado. Se explorará en detalle este componente en la Fase de HDV-II.

Acciones potenciales: Mejorar fondo de ascenso tecnológico (acceso) o a mecanismos de financiación, incl.. mercados de carbono. Nuevos modelos de negocio de electromovilidad e infraestructura de carga (venta de energía, etc.).

- **Incentivos económicos y no económicos:**

Def: Conjunto de estímulos o beneficios para la adopción de una tecnología. En este caso se consideran aquellos aplicables para vehículos pesados e infraestructura de carga.

Variables o métricas: [#_incentivos_económicos_disponibles_HDV];

[#_incentivos_no_económicos_disponibles_HDV]

Estado actual en Colombia: Este análisis requiere una exploración de la política pública de electromovilidad en función de incentivos. Existen ya algunos instrumentos que otorgan como Ley 1974 de UPME y Ley 1964 de 2019 para vehículos eléctricos, como pico y placa, descuentos en impuestos, parqueaderos, entre otros. Se explorará en detalle este componente en la Fase de HDV-II.

Acciones potenciales: Mejorar acceso a los incentivos. Dar a conocer mecanismos y fuentes de incentivos económicos y no económicos.

- **Infraestructura de carga**

Def: Despliegue de estaciones de carga habilitadas para HDV, principalmente en rutas principales nacionales y carga rápida/media.

Variables o métricas: [#estaciones_carga_HDV]

Estado actual en Colombia: Se requiere infraestructura de carga para vehículos pesados en vías y corredores estratégicos. Actualmente, se cuenta ya con Bogotá-Cali, ruta eléctrica de más de 460 km, y otras rutas en electrificación. Se desarrollará este componente en HDV-II.

Acciones potenciales: Estandarización de componentes, señales al mercado de impulso a movilidad eléctrica, beneficios/incentivos para propietarios de estaciones.



Figura 21. Primera ruta larga distancia para EV: 460 km electrificados en la Ruta 40 Bogotá-Cali.
Fuente: (RTCv, 2024).

Se presenta a continuación un análisis preliminar, con formato de semáforo, donde verde indica un nivel de preparación (readiness):



Figura 22. Dimensiones a considerar para el despliegue de HDV eléctricos y un estado de avance indicativo en Colombia.
Fuente: Elaboración propia

Políticas públicas emergentes y en construcción durante el 2025

- **Política económica de crédito con tasas compensadas de MinHacienda**

El proyecto de decreto que crea una línea de crédito con tasa compensada es una señal clara del compromiso del Estado con la transformación del transporte pesado. Esta iniciativa se perfila como una política emergente que busca acercar los instrumentos financieros a los objetivos de la transición energética, facilitando el acceso a recursos para la renovación de flota, la incorporación de tecnologías de cero emisiones y el fortalecimiento de la infraestructura de carga.

Más que un mecanismo financiero, el decreto puede convertirse en un impulso concreto para acelerar la eficiencia energética en los vehículos pesados (HDV), al permitir que las metas técnicas del programa se traduzcan en proyectos reales y financiados. Su inclusión dentro del marco del proyecto HDV abriría la puerta a alinear criterios técnicos y de priorización, generar indicadores de impacto energético y territorial, y consolidar un esquema coherente de apoyo a la transición justa. En conjunto, este decreto envía una señal positiva de política pública, orientada a que la modernización del transporte pesado sea también una oportunidad para avanzar en la descarbonización y competitividad del sector.

- **Política pública para infraestructura de carga en el sector residencial de MinVivienda**

El proyecto de resolución del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se inscribe como una política que busca preparar la infraestructura urbana para la transición hacia la movilidad eléctrica, al exigir que las edificaciones nuevas de uso residencial y comercial cuenten con acometidas eléctricas para la carga de vehículos eléctricos. Esta medida reconoce que la transformación tecnológica del transporte requiere no solo de vehículos más eficientes, sino también de entornos urbanos listos para abastecerlos. Al incorporar criterios técnicos de conexión eléctrica y gradualidad territorial, el proyecto envía una señal de política pública clara: la electromovilidad comienza a integrarse en la planeación y regulación del hábitat urbano.

En el marco del proyecto HDV, esta resolución complementa el enfoque de eficiencia energética en el transporte pesado al ampliar la base de infraestructura eléctrica disponible para todos los segmentos del parque automotor, creando las condiciones para una red nacional de carga más robusta y accesible. Su aplicación progresiva en municipios y distritos impulsa una visión sistémica de transición energética, en la que la vivienda, la movilidad y la energía convergen. Integrar este tipo de iniciativas al proyecto HDV refuerza el mensaje de que la eficiencia no solo depende del desempeño de los vehículos, sino también de la capacidad del entorno construido para sostener tecnologías limpias y descarbonizadas.

2.4 Análisis de riesgos legales y regulatorios

La implementación de nuevas medidas o la aceleración de las mismas conlleva riesgos importantes, que deben ser considerados para cada medida, se citan algunos:

- **Conflictos con Normas de Libre Competencia:** Se podrían crear barreras de entrada injustificadas para nuevos actores o exclusividad tecnológica.
- **Impacto sobre Pequeños Transportadores:** Si no se acompaña la transición con el financiamiento adecuado, podríamos afectar a los pequeños operadores y aumentar sus costos.
- **Compatibilidad con Acuerdos Comerciales:** Los requisitos de contenido local o las preferencias arancelarias deben diseñarse cuidadosamente para no contravenir los compromisos con la OMC o los TLC.
- **Derechos Adquiridos:** La transición debe respetar los derechos de los propietarios de vehículos existentes y no generar una depreciación abrupta de su flota.

ANÁLISIS DE IMPACTOS Y MEDIDAS

SECCIÓN III

ANÁLISIS SOCIAL Y ECONÓMICO DE SECTOR HDV

4.1 Análisis social de los actores y dinámicas de conflicto

El transporte de carga en Colombia está compuesto por una cadena de cinco actores clave: generadores de carga, empresas de transporte, operadores logísticos, propietarios de vehículos y conductores. Según datos de la Encuesta Nacional de Logística (ENL), aunque el **41,1% de las empresas tienen flota propia, especialmente las medianas y grandes, muchas pequeñas y microempresas tercerizan sus operaciones, siendo la carga y distribución uno de los servicios más subcontratados**, especialmente en el sector agropecuario (DNP, 2023). **La gran mayoría de empresas transportadoras son microempresas (91,8%) y casi todos los propietarios tienen entre uno y tres vehículos, evidenciando un sector altamente atomizado** (Cuellar, 2024).

Sin embargo, esta estructura también refleja una fuerte informalidad. Muchos pequeños propietarios no logran cumplir con los requisitos de habilitación exigidos por el Ministerio de Transporte, como la acreditación de un capital mínimo de 1.000 SMMLV (Decreto 1079 de 2015), lo que ha motivado propuestas regulatorias para reducir estas barreras.³ La propiedad del parque automotor está mayoritariamente en manos de personas naturales con un solo vehículo, y en muchos casos, los mismos propietarios son quienes conducen (DNP, 2017). Esta realidad plantea retos en términos de formalización, asociatividad y acceso a financiamiento para la modernización del sector.

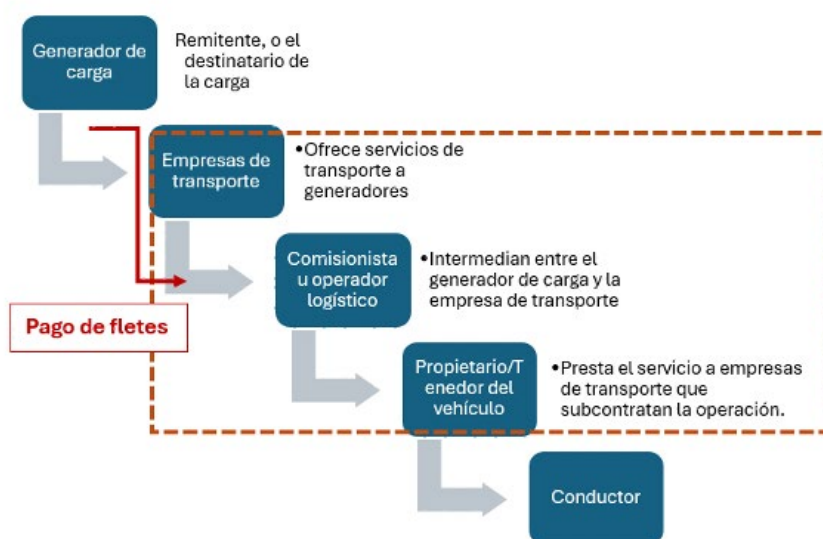


Figura 23. Estructura organizacional del transporte de carga.

Fuente: Elaboración propia con datos DNP (2007, 2017) y Decreto 1079 de 2015

Por su parte, el transporte de pasajeros terrestre tiene múltiples categorías y características. Está dentro del ámbito urbano mediante transporte masivo que funcionan en corredores definidos con alto volumen de pasajeros, y transporte público colectivo urbano y metropolitano, como buses, busetas o microbuses que operan rutas fijas, con vehículos homologados según normas técnicas. Por su parte, está el transporte intermunicipal, que se da entre municipios o ciudades, con rutas y horarios autorizados. Finalmente, el transporte especial, con usos amplios y que se desarrolla por contrato con un grupo específico de personas con características comunes y homogéneas, como estudiantes, empleados, personas con movilidad reducida, turistas, entre otros (Decreto 1079 de 2015).

³Ver Proyecto de decreto por el cual se modifican, adicionan y derogan unos artículos del Capítulo 7 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1079 de 2015, Único Reglamentario del Sector Transporte., 2025.

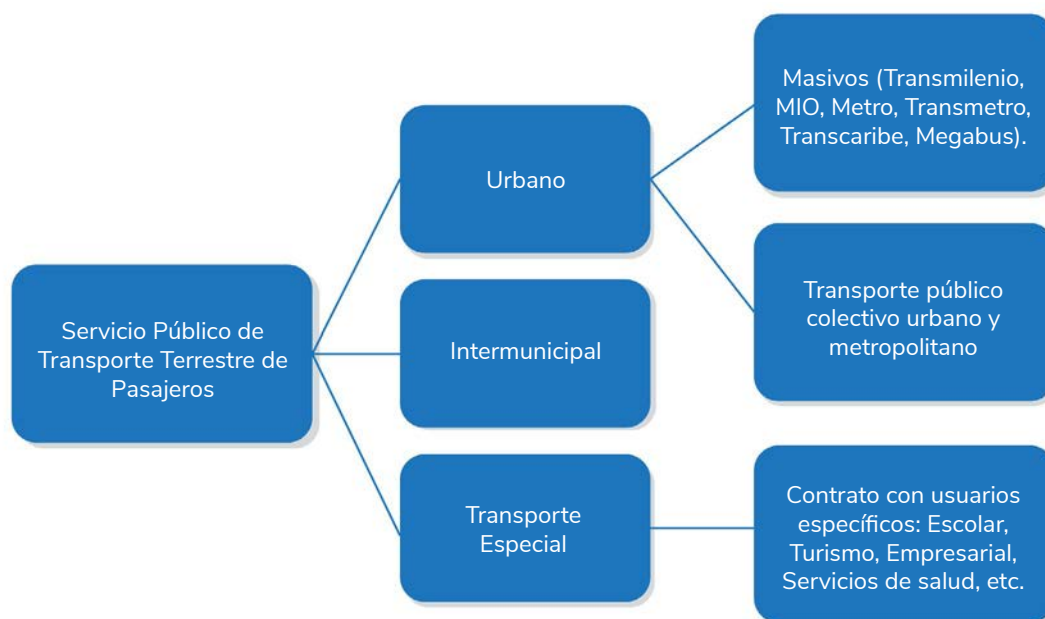


Figura 24. Organigrama del transporte de pasajeros terrestre en Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Entre 2008 y 2024 se evidenció un crecimiento significativo en el número de organizaciones del transporte pesado. En los últimos años, esta dinámica ha estado marcada por el tránsito de una identificación amplia como “camioneros” o “transportadores” hacia formas más específicas, entre ellas, transportadores de carga liviana, independientes, volqueteros, propietarios o choferes. El pico alcanzado en 2021, en el marco del Estallido Social, refleja tanto la diversificación de demandas y los desacuerdos internos del sector como la necesidad de visibilizar a actores históricamente marginados y lograr que sus reivindicaciones específicas por tipo de servicio fueran reconocidas institucionalmente.

Retos y conflictividad en el sector

El sector de transporte terrestre en Colombia enfrenta múltiples retos estructurales y coyunturales que afectan su eficiencia, seguridad, sostenibilidad y estabilidad social. Los principales obstáculos identificados son el mal estado de la infraestructura vial, la inseguridad, la informalidad, las barreras para la renovación del parque automotor y el alto costo de operación, tanto para el transporte de carga como para el de pasajeros.

a. Mal estado de vías y cierres

El 53% de las empresas de carga señalan el deterioro vial como su principal problema logístico, seguido por cierres por mantenimiento (26%) y por orden público (25,8%) (DNP, 2023). El mal estado de las vías estaría asociado a mayor costo de transporte y reduce la eficiencia logística del país (Cheyne García et al., 2023). Sin embargo, COLFECAR señala que los cierres viales son una de sus problemáticas principales, en 2024 se registraron 1.393 cierres viales, de los cuales el 80% fueron por manifestaciones, generando pérdidas superiores a cuatro billones de pesos (Torres Villamil, 2024). Estos bloqueos afectaron principalmente a Cundinamarca, Bolívar y Atlántico. Para el transporte de pasajeros, los bloqueos, como el del paro arrocero de 2025, también implicaron pérdidas superiores a \$10.000 millones y afectaron la prestación del servicio (El Tiempo, 2025).

b. Inseguridad

El transporte de carga y pasajeros está afectado por delitos como extorsión, piratería terrestre, saqueos y vandalismo. Según MinDefensa, entre 2023 y 2024 los casos de extorsión aumentaron en 19,7%, con mayor concentración en Bogotá, Antioquia, Atlántico y Valle del Cauca. La piratería terrestre también mostró un repunte del 11,7% en 2024, con 163 casos registrados (Mindefensa, 2025). Estas condiciones elevan el riesgo financiero y operativo, limitan el acceso a crédito y aumentan los costos de aseguramiento, según estudios de GiroZero (Hernández et al., 2024).

c. Informalidad

El sector de transporte de carga presenta alta informalidad en contratación, intermediación y bancarización, lo que dificulta el acceso a servicios financieros. Estudios sobre el sector de transporte de carga han señalado que existen una alta informalidad en contratación, una significativa presencia de intermediarios y una baja profesionalización (DNP, 2017; Hernández et al., 2024). Como se indicó en la sección sobre caracterización del transporte de carga, la formalización de los transportadores como empresa requiere condiciones que no suelen reunir los pequeños y medianos propietarios de vehículos de carga. En transporte de pasajeros, la piratería y el uso de servicios informales representan más del 50% en ciudades como Sincelejo (DNP, 2020). La Superintendencia de Transporte ha intensificado los controles, pero el fenómeno persiste y afecta la rentabilidad del sector formal (Supertransporte, 2024).

A nivel laboral, persisten vacíos en la protección de derechos de conductores y pequeños propietarios. Las propuestas de formalización laboral (reconocimiento como profesión de alto riesgo, protección pensional) han sido reiteradas en paros, pero han enfrentado dificultades para ser incorporadas normativamente. Aunque la Ley 2266 de 2025 incluye medidas de formalización para microempresas, aún hay rezagos en su implementación específica para el sector.

d. Renovación del parque automotor

Desde el año 2000, Colombia ha impulsado políticas para renovar la flota del transporte de carga, con el objetivo de reducir accidentes, emisiones y mejorar la eficiencia. Sin embargo, más del 40% de los vehículos de carga siguen teniendo más de 20 años (Páez, 2024). La renovación de flota ha sido una demanda constante en los paros del gremio transportador (2008, 2011, 2016, 2021 y 2024), especialmente en lo relacionado con limitar la sobreoferta mediante mecanismos como la reposición uno a uno, y facilitar el acceso a financiamiento. Sin embargo, la persistente informalidad del sector, los altos costos de los vehículos, la baja bancarización y el limitado acceso a productos financieros adecuados dificultan la modernización, especialmente para pequeños propietarios.

Según el estudio de GiroZero (Hernández et al., 2024), sólo un tercio de las empresas accede a crédito y estas concentran la mayoría de los activos del sector, lo que amplía la brecha tecnológica. Se recomiendan medidas como ampliar las garantías estatales, ajustar las líneas de Bancóldex, promover pagos electrónicos y reformar el programa de modernización. A esto se suma el llamado del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2024) a fortalecer la inclusión financiera para pequeñas empresas, clave para avanzar en la descarbonización del transporte de carga en Colombia.

e. Altos costos de operación

El aumento sostenido en el precio del diésel (principal combustible del sector) y la antigüedad de la flota han duplicado los costos frente a las ganancias, según COLFECAR (Cuellar, 2024). La mayoría de los vehículos usan diésel (51,6%), y solo una pequeña fracción ha migrado a tecnologías limpias (eléctricos: 0,3%) (DNP, 2023). Estos costos han motivado paros y presiones tarifarias. El FMI ha sugerido desmontar los subsidios al

diésel, pero cualquier reducción enfrenta fuerte oposición gremial por su impacto en los costos del servicio y los precios al consumidor. El precio del transporte se vincula con el costo de los pasajes, y de los bienes transportados, particularmente con el de los alimentos. Así, el incremento en los precios del transporte de mercancías puede aumentar los precios de la canasta básica familiar.

Resumiendo, las principales fuentes de conflictividad identificadas son:

- Mal estado de vías y cierres, por el deterioro o inexistencia de infraestructura vial, a pesar de que existen tarifas altas en peajes.
- Inseguridad, particularmente condiciones y situaciones frecuentes de inseguridad en carretera, vías principales, secundarias y terciarias
- Alta informalidad a pesar de la “sobre-regulación” del transporte, competencia desleal en el mercado y guerra de precios en la prestación de los servicios de transporte.
- Acceso a la renovación de flotas y programas de ascenso tecnológico, donde el costo de capital (CAPEX) juega un rol esencial, así como la bancarización de los transportadores.
- Altos costos de operación, poca rentabilidad y dificultades financieras en las empresas y servicios de transporte en general.

Se presenta en la Tabla 3, un análisis detallado de la conflictividad en el transporte pesado, con un registro histórico de acontecimiento de paros nacionales, usados como mecanismos de demanda por parte de los transportadores y empresas transportadoras al Estado:

ANÁLISIS DE CONFLICTIVIDAD EN EL TRANSPORTE PESADO					
Año y duración	Organizaciones involucradas	Demandas	Mecanismo de protesta	Mecanismo de solución	Acuerdos
2013 (24 días)	Multisectorial y pluriétnica. ATC y ACC se unieron al paro.	- Reducción de los precios de los combustibles - Reposición del parque automotor - Revisión del valor de los fletes (congelados en 2011) - Disminución de peajes (precios y cantidad)	Manifestaciones	Mesa de negociación con 22 acuerdos para diferentes sectores y en diversas regiones del país.	- Creación de mesas de trabajo. - Se firmaron más de 20 compromisos del gobierno - Revisión de los precios de los combustibles - Diálogos sobre la vida útil de los vehículos

2016 (46 días)	ACC, ATC, Confederación Colombiana de Transportadores (CCT), Asociación Nacional de Transportadores (ANT)	- Revisión del valor de los fletes (congelados en 2011) - Precios del combustible -Disminución de peajes (precios y cantidad) -Desintegración física de vehículos antiguos	Inmovilización de vehículos y bloqueos de vías.	Mesa de negociación entre representantes de la Cruzada Camionera, Mintrabajo y Mintransporte. Mediación de la Iglesia Católica.	- Mantener el régimen de libertad vigilada. - Renovación del parque automotor (reposición) - Actualización del SICE-TAC - Mejora a condiciones laborales (ARL y otros derechos) - Formalización del gremio - Ejecución de recursos para desintegración - No fijar vida útil para los vehículos de carga
2019 (días)	Agremiación Nacional de Conductores.	- Exigir que no se revoquen licencias de conducir a infractores reincidentes	Inmovilización de vehículos y bloqueos de vías.	La Corte Constitucional declaró inexecutable el artículo del Código Nacional de Tránsito que cancelaba la licencia de conducción (t. pasajeros) (Sentencia C428/19).	- Reglamentar las condiciones para suspender o cancelar la licencia de conducción.
2021 (21 días)	Multisectorial. Multisectorial. Gremios, empresas, entre otros.	-Disminución de peajes (precios y cantidad) -Reducción de costos operativos y rodamiento -Reducción de los precios de los combustibles	Inmovilización de vehículos y bloqueos de vías.	Más de 44 mesas de trabajo con la participación de representantes de la Defensoría del Pueblo y la Procuraduría General de la Nación, autoridades del transporte, Policía Nacional, y diferentes organizaciones gremiales.	- Creación de fondo para la modernización de vehículos de carga liviana y volquetas. - Obligatoriedad del SICE-TAC - SICE-TAC para carga liviana - Revisión de criterios para nuevos peajes. - Mejoras en el control del SICE-TAC y RND. - Creación de programa de profesionalización de conductores.

2024 (5 días)	Fedetranscarga, Defencarga, Colfecar y ACC, ATOA, bases transportadoras, maquinaria amarilla y conductores.	- Reducción de los precios de los combustibles - Reducción de costos operativos y rodamiento	Manifestaciones, inmovilización de vehículos y bloqueos de vías.	El Gobierno Nacional estableció mesas de diálogo con los líderes, Ministerios de Transporte, Interior, Minas y Hacienda. Garantes: Defensoría del Pueblo, Procuradora para la Gestión y Gobernanza Territorial	- Mesa de trabajo intersectorial - Pacto de precios del diésel (tope en aumento) - Soluciones estructurales - Inclusión en el SICE-TAC a todos los actores. - Mesa de trabajo sobre reformas laborales (eg. pensión). - Revisión el FUEC (t. especial) - Garantizar reposición 1-1 (incl. volquetas y vehículos de dos ejes rígidos).
------------------	---	--	--	--	---

Tabla 3. Revisión sistemática de la conflictividad en el sector transporte relacionado con vehículos pesados.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis económico del sector

El transporte de carga por vía terrestre funge un rol central en el marco de la cadena de valor de la mayoría de mercancías producidas y comercializadas en Colombia. El 79% total de mercancías se mueve a través de las carreteras desde el lugar de producción hacia los lugares de acopio y, las mercancías que tienen como destino final lugares en el extranjero, se trasladan de los lugares de acopio hacia los puertos. Así como las mercancías importadas se movilizan desde los puertos hacia los lugares de acopio (Consejo Privado de Competitividad, 2024).

Esta actividad económica es intensiva en capital, pero a su vez también mantiene una alta participación de mano de obra dadas las dificultades para su automatización y digitalización. Por lo tanto, el componente tecnológico (como la electrificación) del sector HDV determina en gran medida los resultados económicos, sociales y ambientales de esta actividad económica.

Según datos del Registro Nacional de Despacho de Carga en 2025 el 46,3% del total de vehículos que participaron en los viajes de carga se encuentran en un rango de actividad menor a 20, años, mientras que el restante 53,7% tienen más de 20 años de funcionamiento⁴. Situación que condiciona los ingresos generados así como la huella ambiental a la eficiencia energética y ambiental de estos equipos.

De igual manera el 96,3% de la flota que ha participado en el transporte de carga durante el año 2025 realiza su ejercicio económico empleando combustibles fósiles, el 2,2% con biodiesel, y el 1,4% con electricidad. Lo

⁴Dato del mes de enero del 2025. (Pendiente ajustar los cálculos para todo un año).

que muestra, la fuerte dependencia tecnológica del sector al consumo de los combustibles fósiles, pero también muestra que una pequeña parte del sector ha venido transitando hacia energéticos de bajas y cero emisiones, a partir de lo cual se pueden identificar interesantes elementos para el desarrollo de programas de ascenso tecnológico.

a) Caracterización general de los transportadores / empresas / gremios / colectivos

Con el fin de identificar la estructura y tendencias en el sector de transporte de carga colombiano, se analizaron las estadísticas históricas disponibles en el Registro Nacional de Despacho de Carga. Se encuentra que los vehículos de carga registrados representaron el 58.1% del total de vehículos, así como su participación en el parque automotor por antigüedad fue de 15,9% para vehículos entre 20 y 30 años, 16% entre 30 y 50 años y 13,7% entre 50 y 75 años.

Estas últimas cifras son importantes en tanto están relacionadas con los ingresos generados: existe una relación inversamente proporcional entre los ingresos generados por vehículo y su rango de años.

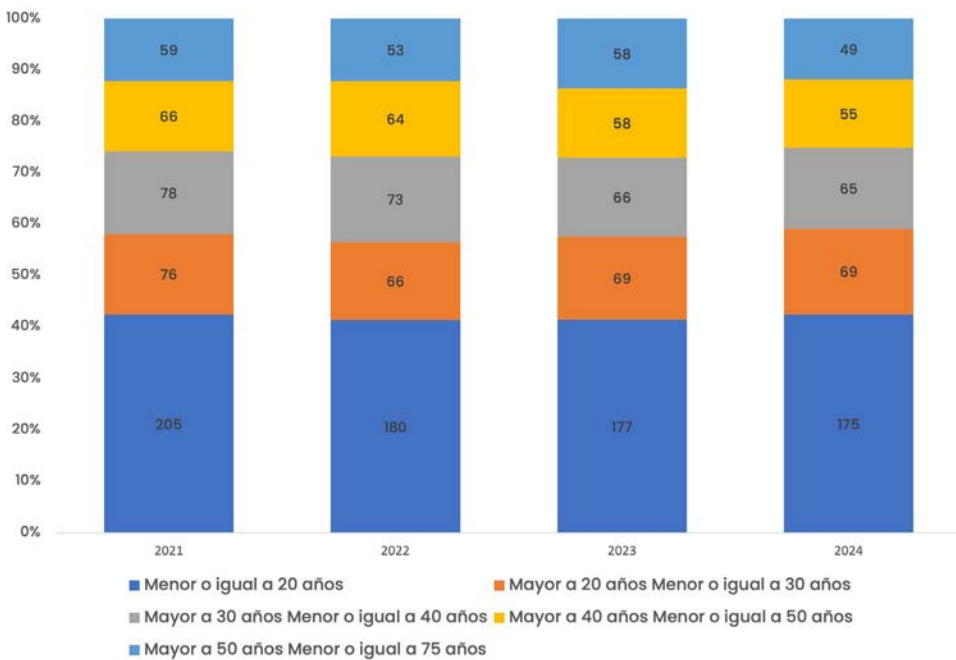


Figura 25. Participación de vehículos de carga por antigüedad en el parque automotor.

Fuente: Elaboración propia con datos al RNDC.

Con respecto al consumo de energéticos, se registra que el 95% de vehículos usó combustibles fósiles, siendo el diésel el combustible con más participación (ver Sección I). El 1% usan combustibles fósiles y electricidad y el 2% usó el biodiésel como energético. Estas cifras también están asociadas al comportamiento en el comportamiento en viajes y trayectos:

b) Barreras económicas para el ascenso tecnológico

Como se ha mostrado en el análisis previo, el sector está caracterizado por una alta heterogeneidad de actores, con una amplia presencia de vehículos de más de 20 años de funcionamiento, pero con una predominancia de los vehículos más actuales en cuanto a la realización de viajes y a la generación de ingresos. Esto tiene como consecuencia que el sector mantenga condiciones de acceso y barreras tan diferenciadas por

grupo de actores, como la heterogeneidad misma que caracteriza al transporte de carga.

El ascenso tecnológico, y por tanto, la implementación de tecnologías más eficientes, económicas y ambientalmente sostenibles demanda condiciones concretas para su realización: infraestructura para el abastecimiento de los combustibles específicos de cada tecnología; condiciones culturales, acceso a los recursos para la financiación de las inversiones; conocimiento de las tecnologías, disponibilidad de piezas y repuestos; capacitación de mano de obra para el mantenimiento de las nuevas tecnologías.

En esta sección solo se hará referencia a las condiciones de acceso a los recursos de acceso al financiamiento de las inversiones necesarias para el ascenso tecnológico.

Las fuentes de financiamiento de cualquier inversión se pueden clasificar genéricamente como: **recursos propios** (ganancias acumuladas de períodos anteriores); **créditos** del sector privado o público; y **recursos condonables de filantropía** o del sector público. La forma de financiamiento de una inversión de este tipo no excluye que se combinen las diferentes fuentes o que se use una única.

Ahora bien, el perfil mismo del propietario promedio del sector es lo que puede permitir determinar las ventajas o barreras que enfrentan los mismos para acceder a estos distintos recursos.

Como se ha mostrado previamente, el 31.9% de los vehículos superan más de 20 años de funcionamiento, y 26.1% superan 40 años, no obstante, la participación de este tipo de vehículos respecto a los viajes es reducida: durante el período 2021-2024, sólo representaron el 12.8%. Es decir que el 58% del parque automotor solo cubre el 12.8% de viajes, lo que implica una capacidad subutilizada, bien sea por baja eficiencia o de manera análoga por baja eficiencia. Adicionalmente la mayoría de los ingresos generados en este segmento del sector transporte se concentra en los vehículos con menor tiempo en funcionamiento. **Entre 2021 y 2024 el 86% de los ingresos generados por el transporte de carga fueron producto de la actividad de vehículos de menos de 20 años.**

Bajo esta perspectiva, se esperaría que los ingresos generados por los vehículos de más de 30 años sean reducidos respecto a la necesidad de ahorro o acumulación de ganancias para financiar con recursos propios las inversiones en vehículos nuevos y de tecnología más eficiente. De forma tal, que la primera barrera que enfrentan una gran parte de los actores de este segmento es la baja generación de ingresos que asegure el ahorro suficiente para el ahorro o acumulación de ganancias para el financiamiento de las inversiones.

En lo que respecta al acceso al crédito existen diferentes situaciones que restringen el acceso a este recurso, por un lado, la no inclusión de muchos propietarios dentro del sistema financiero, por temas culturales, y como un atajo frente a la cobertura de costos asociados. Por otro lado, si bien los proyectos de ascenso tecnológico pueden ser sostenible, respecto a los flujos esperados, es decir, como se ha observado, los vehículos más actuales, que se supone mantienen tecnologías más eficientes, son a su vez los que más participación tienen en los viajes de carga realizados, y en los ingresos generados; no obstante, dado que el principal activo de los propietarios de vehículos es este mismo, en la medida en que los mismo tienen un mayor tiempo de trabajo, la depreciación del mismo se convierte en una barrera para que el mismo pueda ser usado como colateral o garantía de respaldo para acceso a un crédito, bien sea público o privado. Así pues el incumplimiento de características como historia financiera, colateral y/o garantía son algunas de las barreras más fuertes para el acceso tanto al crédito público como privado.

Al respecto, se conocen apuestas realizadas por el gobierno colombiano para la oferta de garantías bancarias por parte de entidades crediticias públicas para reducir el riesgo de los transportadores, no obstante, los resultados aún enfrentan muchos desafíos.

Finalmente, se encuentra el acceso a recursos condonables tanto de origen público como de fondos extranjeros. En el país existe el Fondo de la Promoción para el Ascenso Tecnológico (FOPAT) (ver Sección II), no obstante,

no se conocen resultados oficiales puesto que su puesta en marcha ha sido muy reciente. De igual forma, a nivel territorial se encuentra en funcionamiento el Fondo Distrital para la Promoción del Ascenso Tecnológico de la Carga Urbana en el Distrito Capital, no obstante, aún no se conocen los resultados de este instrumento.

Por otro lado, en lo que respecta a los recursos de organizaciones multilaterales o de beneficencia, existen algunos pilotos de implementación -proyectos pequeños de sustitución de vehículos de carga de combustión a eléctricos, que no superan las decenas de unidades-, pero sobre todo, acciones o donaciones para el financiamiento de asistencia técnica. Por tanto, desde lo público como filantrópico se enfrentan a desafíos importantes para que esta se convierta en un fuente destacada del financiamiento del ascenso tecnológico.

Este segmento del sector de transporte, muestra unas características altamente heterogéneas, y una alta desigualdad en términos de la generación y apropiación de ingresos, de tal forma que esta característica se convierte a su vez en la principal barrera de acceso a los recursos de financiamiento para el ascenso tecnológico⁵. Más de la mitad de los vehículos de carga son vehículos de más de 20 años de funcionamiento, pero los viajes e ingresos se concentran en los vehículos de menor edad. Así pues, quiénes serían objeto del ascenso tecnológico son quienes carecen de historial crediticio sano, garantías financieras, o flujos de ingresos suficientes para financiar con recursos propios las inversiones necesarias. Finalmente no se cuenta con recursos públicos o de filantropía significativos para la implementación de estos proyectos.

⁵Este tipo de situación, más que ser una condición idiosincrática de Colombia, ha sido uno de los elementos caracterizados como comunes a los países de Latinoamérica y el Caribe (ver (Alves & Odriozola, 2024))

SECCIÓN IV

MEDIDAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE HDV

La revisión de literatura en el marco de las políticas públicas arroja diversas medidas orientadas hacia la transición energética justa, descarbonización, eficiencia energética y en general, mejoras sustanciales en el parque automotor de vehículos pesados. Se detalla en la Tabla 4 las medidas asociadas con el ascenso tecnológico y electrificación:

Medidas que impactan mayoritariamente la electrificación y descarbonización	Medidas que impactan mayoritariamente el mercado (supply/demand side)	Medidas que impactan mayoritariamente la eficiencia energética
Programa de ascenso tecnológico (FOPAT y FONCARGA) Programa de renovación de flota (FOPAT) Programa de desintegración física de vehículo Incentivos económicos, fiscales y tributarios para EV, híbridos e infraestructura (Ley 1715 / Ley 1964)	Fondos y programas para la industria (CONPES reindustrialización, IAMA) Restricciones EURO VI Incentivos a vehículos cero y bajas emisiones Desincentivos a vehículos contaminantes Línea de crédito para electromovilidad (MinHacienda, en regulación)	Programa de etiquetado vehicular (en implementación por UPME) Programa para estándares vehiculares (en regulación) Programa para generadoras de carga (logística) Conducción eficiente (en implementación) Digitalización del transporte

Tabla 4. Clasificación de medidas de acuerdo a los impactos esperados.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la priorización y énfasis de las políticas a evaluar, se tienen aquellas que impulsan la electromovilidad y el ascenso tecnológico de las flotas, tanto para propietarios individuales como para empresas que se encuentran en la trayectoria a electrificar su parque automotor de pesados. Se evalúan, por tanto, las medidas de ascenso tecnológico, renovación de flota y sustitución por vehículos eléctricos y, por otro lado, aquellas que pueden impulsar esta medida desde la eficiencia energética vehicular.

4.1 Modelado y simulación del impacto de algunas medidas

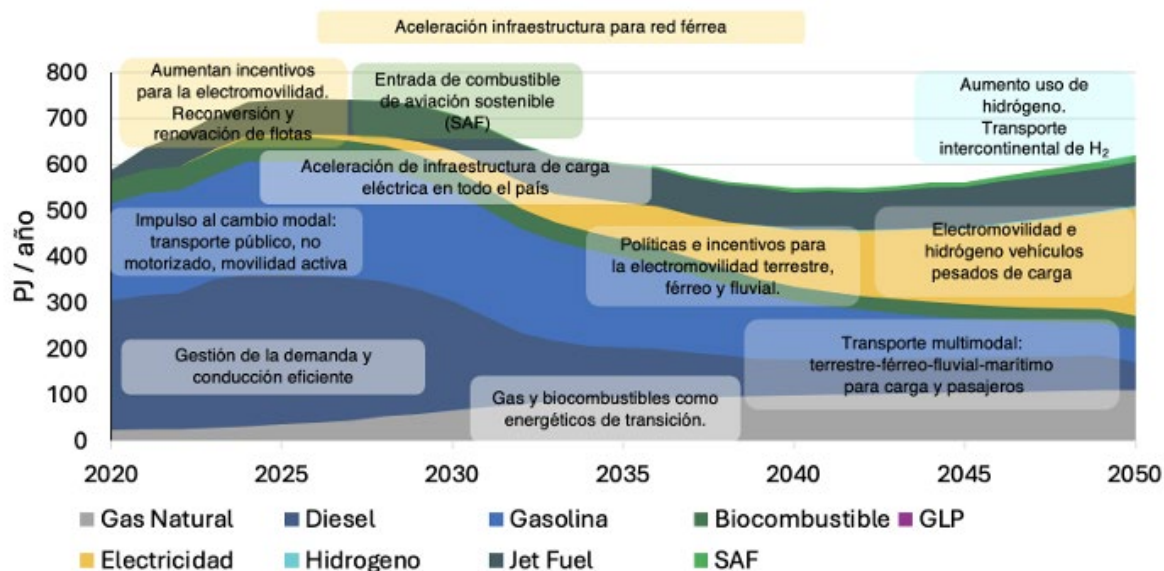


Figura 26. Modelo de descarbonización de la Hoja de Ruta para la Transición Energética del transporte

Fuente: (MinEnergía, 2024b)

Antecedentes

La Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa (TEJ) (MinMinas, 2024c - escenarios) como instrumento nacional para la planeación energética de la largo plazo, es un documento de políticas públicas que da lineamientos indicativos a todos los sectores económicos del país, incluyendo el sector transporte en todos sus modos como parte de la demanda final de energía nacional. En este documento, principalmente en la publicación “Escenarios Nacionales – Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa, Rutas que nos preparan para el futuro” las medidas orientadas a la electromovilidad, infraestructura de carga, eficiencia energética y ascenso tecnológico, combustión de aviación sostenible, cambios modales, entre otras, son una respuesta integral, sistémica y con enfoque de sostenibilidad al actual estado de alto consumo energético y emisiones de GEI del sector transporte en todos sus modos.

Con respecto al transporte terrestre, férreo y fluvial, la señal indicativa de la Hoja de Ruta TEJ es la adopción gradual de la movilidad eléctrica como medida principal para la descarbonización y electrificación de los sistemas de transporte. No obstante, esta política nacional, actualmente en implementación desde varias carteras (MinMinas, MinTransporte, MinCIT, MinAmbiente, DNP, entre otras) abarca más allá de la dimensión tecnológica y ambiental, para dar un impulso a políticas económicas y de reindustrialización con el fin de fomentar las industrias verdes en el marco de la TEJ que tengan relación con el desarrollo productivo de insumos, bienes, servicios y fortalecimiento de capacidades que puedan contribuir y acelerar al ascenso tecnológico, el acceso y la democratización del transporte público de cero emisiones.

Pilares de la Transición Energética Justa para el sector transporte

i. Preparación e impulso de políticas públicas para acelerar la transición en el transporte:

- Mejora e impulso al transporte público y los sistemas de transporte masivo de pasajeros (aumento de cobertura, tamaño de flotas, accesibilidad y frecuencias del servicio).
- Electromovilidad, para transporte de servicio particular, público, oficial y diplomático
- Reconversión de vehículos de combustión interna a eléctricos (retrofit).
- Impulso al despliegue nacional de infraestructura de carga, para carga en viviendas, espacios públicos, electrolíneas y estaciones de servicio mixtas.
- Desarrollo de infraestructura vial, férrea, marítima, fluvial, portuaria y aeroportuaria.
- Aumento en la eficiencia energética con programas de conducción eficiente y optimización de la carga.
- Fomento de los programas de renovación de flotas y ascenso tecnológico.
- Sustitución de energéticos líquidos por energéticos de bajas y cero emisiones.
- Impulso al desarrollo de la industria de combustible de aviación sostenible (SAF).

ii. Impulso de movilidad sostenible y ciudades inteligentes

- Cambio modal a transporte público, movilidad activa y no motorizada (bicicletas, caminata).
- Desarrollo de infraestructura vial, rural y urbana, incluyendo andenes y ciclovías.
- Desarrollo de infraestructura de estaciones de carga eléctrica.
- Desarrollo urbano orientado al transporte y ciudades inteligentes.
- Digitalización del transporte y uso de tecnologías de monitoreo.
- Inclusión de políticas públicas con enfoque de género y diferencial en la planeación del transporte y la caracterización de viajes, patrones de movilidad e indicadores con enfoque diferencial

iii. Reindustrialización:

- Impulso a la industria automotriz eléctrica, autopartista y la cadena de valor de la electromovilidad.
- Fortalecimiento de la cadena de valor de la movilidad eléctrica, producción local de autopartes, “motopartes”, motores eléctricos, baterías, componentes de software, entre otros.
- Desarrollo de la reconversión de vehículos de combustión interna a eléctricos (retrofit) y su marco regulatorio garantizando la seguridad vial, la estandarización y la certificación de procesos.
- Incremento de la oferta de empresas/talleres de servicio y mantenimiento para vehículos eléctricos, híbridos, etc.
- Desarrollo empresarial para el combustible de aviación sostenible (SAF, Sustainable Aviation Fuel).
- Impulso de transporte férreo, para carga y pasajeros.
- Impulso de hubs logísticos y puertos internacionales.
- Transporte intercontinental de hidrógeno.

iv. Multimodalidad e intermodalidad:

- Redistribución y balanceo de carga entre los modos de transporte carretero-férreo-marítimo-fluvial.
- Mejoras en la navegabilidad y electrificación del transporte fluvial en ríos Amazonas, San Juan, Cauca, Magdalena, Meta, entre otros.
- Optimización de corredores de carga.
- Introducción de nuevas tecnologías, como el hidrógeno y derivados, etc.

Otros documentos que preceden la HdR TEJ con enfoques de movilidad sostenible y eléctrica revisados para este diagnóstico:

- Objetivos de Desarrollo de las Naciones Unidas para Colombia (ODS 11): “Ciudades y comunidades sostenibles” (Naciones Unidas Colombia, 2023).
- Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible (Ministerio de Transporte et al., 2022).
- Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica 2050 (Minambiente: Rodríguez Vargas et al., 2020).
- Estudio de la Hoja de Ruta de la Transición Energética Colombia 2050. (CREE, 2023).
- Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París (Gobierno de Colombia, 2021a).
- Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC) (Gobierno de Colombia, 2020a).
- Plan Energético Nacional (PEN) 2022-2052 (UPME, 2023a).
- Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, Colombia potencia mundial de la vida (Ley 2294 de 2023, 2023).

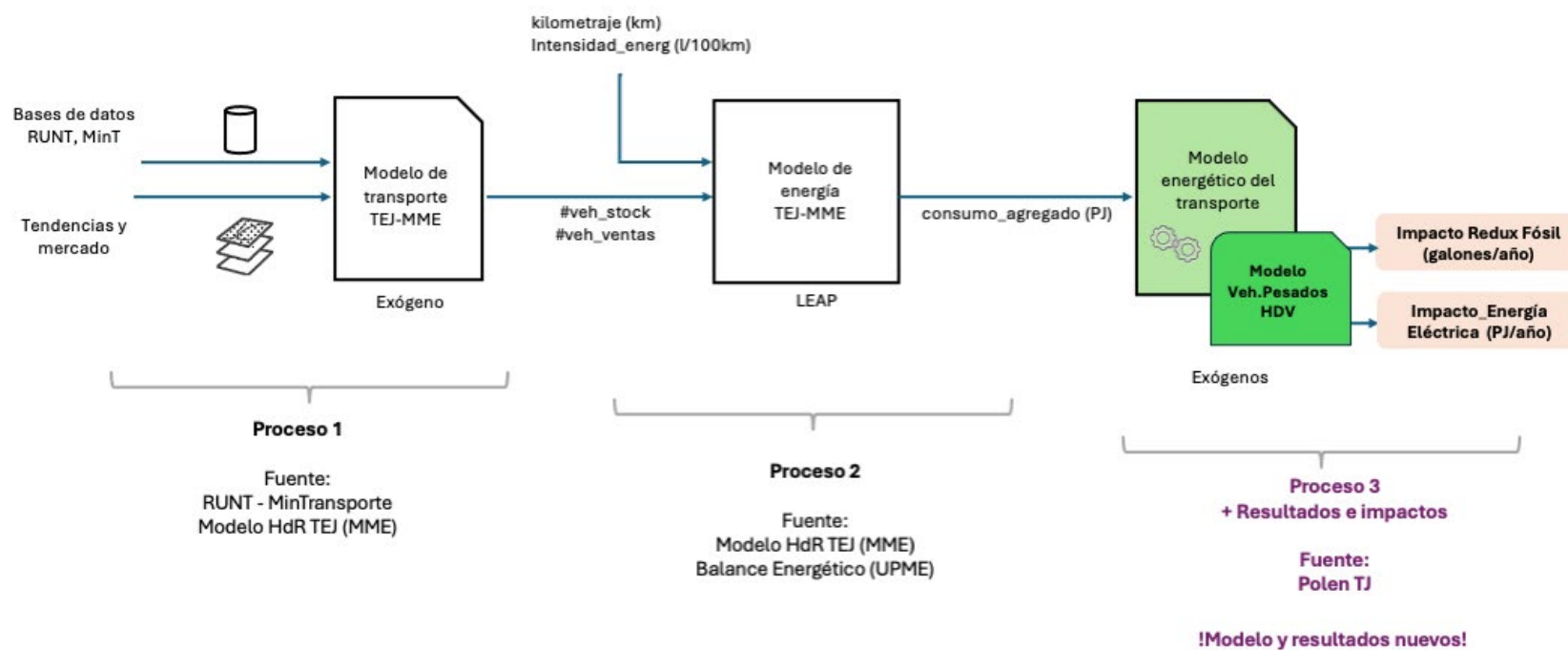
4.2 Modelo energético y simulación de medidas para vehículos pesados

Partiendo del ejercicio de planeación energética derivado de la Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa como base, este diagnóstico emplea un enfoque de modelado energético, simulación e iteración de algunas medidas. Esta metodología, trae bondades como una estimación a priori de elementos, conceptos e impactos que se podrían obtener de manera indicativa previo a la implementación de las medidas o de su construcción como política pública nacional o regional.

Es por ello, que en Polen TJ se optan por mecanismos de este tipo para contribuir en el desarrollo técnico-científico de políticas, como lo recomienda la Agencia Internacional de Energía. Por lo tanto, este enfoque, el cual ha empleado modelos previos con validación nacional -como el modelo de NDC, modelo TEJ y PEN – permite un análisis de impactos en términos de posibles alcances, velocidades y mínimos críticos para viabilizar los resultados de una medida, en particular la electrificación del transporte pesado de carga y pasajeros, mediante los programas de ascenso tecnológico, desintegración física y renovación de flotas ha vehículos de cero emisiones. Para este caso, se ha diseñado un escenario 2026-2036 empleando las proyecciones y metas de diversos instrumentos de política pública, así como con consideraciones de tipo social y económico de la población/actores en consideración.

El proceso de modelado se aprecia en las Figura 26 (a-b) y se presentan algunos resultados:

Diagrama de flujo del modelado energético del transporte HDV (I)



*Otras fuentes adicionales han sido empleadas, se citan algunas: MinEnergía, UPME-BECO-FECOC, MinTransporte-Transporte en Cifras-RUNT, Hill Consulting, MinHacienda, MinAmbiente, entre otros.

Figura 27a. Diagrama de flujo de proceso y modelado

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo del modelado energético del transporte HDV (II)

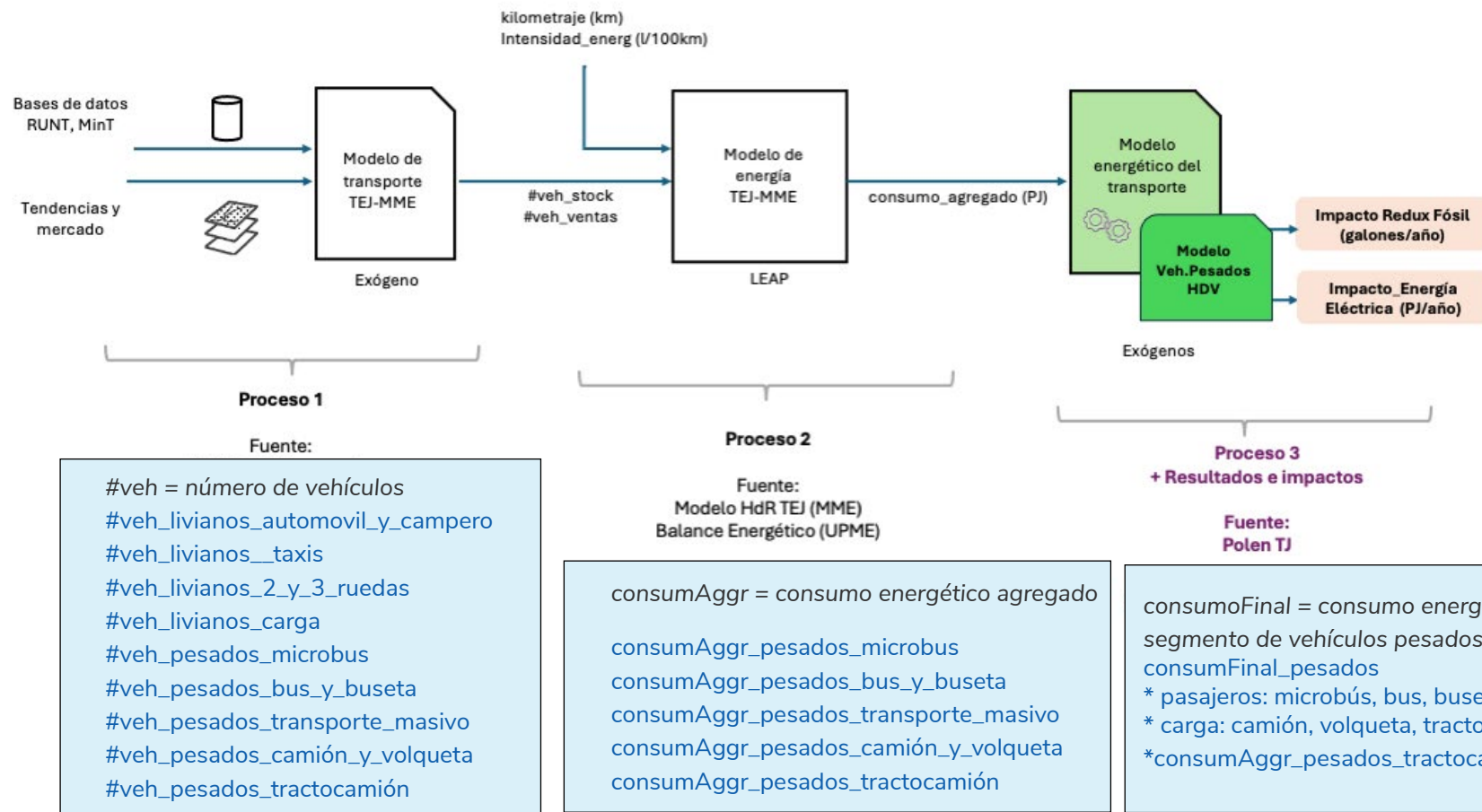


Figura 27b. Detalle de las variables, entradas y salidas del sistema.

Fuente: Elaboración propia

Resultados de simulación preliminares

a) Electrificación, ascenso y desintegración

Se puede apreciar que mediante el método de modelado energético y simulación del conjunto de medidas orientadas a la electrificación y deseables para una implementación estratégica como un “paquete de medidas”, de acuerdo a la metodología de la Agencia Internacional de Energía (policy package).

Escenario: Aceleración de la electromovilidad en vehículos pesados

Medidas que se deben abordar para una introducción al mercado y adopción tecnológica de la electromovilidad para los segmentos de vehículos pesados de carga y pasajeros:

- I. **Electromovilidad** Oferta [estándar de disponibilidad / availability standard]
Demanda [se recomienda revisar modelos de co-financiación/subcuentas FOPAT]
- II. Desintegración física de vehículos (chatarización) con programa de renovación
- III. Cambio modal

Se aprecia que en el escenario de aceleración de la electromovilidad, que en conjunto con las medidas complementarias propuestas, los resultados en términos de descarbonización son efectivos. El consumo para un escenario tendencial (*business as usual*, BAU) es creciente conforme al histórico energético de diésel nacional, que puede ser reducido drásticamente en un horizonte de tiempo de 10 años debido a la sustitución de vehículos de combustión interna por flota nueva eléctrica, mediante programas de ascenso tecnológico y “chatarización”. Así como con la optimización de la operación logística y cambios modales (a férreo en el caso de carga y a transporte público en caso de pasajeros).

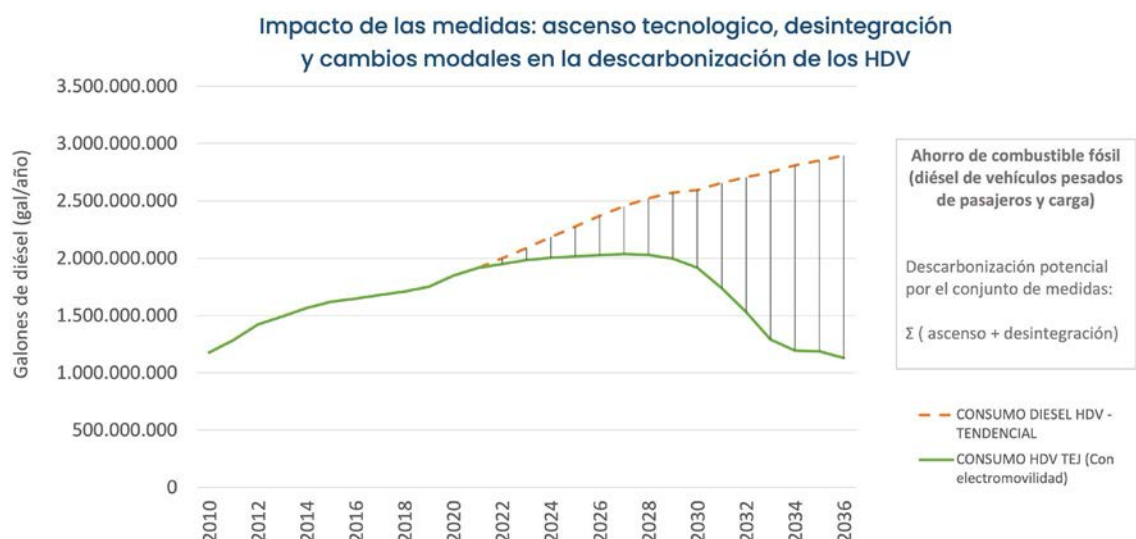


Figura 28. Modelo de entrada de electromovilidad y otras medidas.

Fuente: Elaboración propia

4.3 Evaluación preliminar de la viabilidad

Conforme a los hallazgos encontrados en este diagnóstico, la caracterización del parque y sus respectivos consumos y eficiencias, se presenta un análisis de alternativas para algunas medidas considerando los resultados preliminares de las simulaciones realizadas a partir del modelo energético del parque automotor de vehículos pesados, derivados de este estudio.

- Algunos criterios para esta evaluación preliminar son:
- Políticas previas establecidas (transporte, ambientales, sostenibilidad, etc.)
- Políticas económicas en línea con la transición energética justa
- Ambiente político favorable
- Impactos deseados (ambiental, energético, social, etc.)
- Relevancia de la medida en el marco internacional
- Madurez del mercado
- Resultados de simulación preliminares y su factibilidad

Entre otros.

Se presentan en las *Tabla 5-6*, una mirada sistémica de las potenciales medidas que pueden dar origen a una propuesta integral de medidas de corto y mediano plazo para un potencial desarrollo en las siguientes fases de este proyecto en el marco de Vehículos Pesados.

Resultados del análisis cruzado: técnico-jurídico-socioeconómico

Tabla 5. Análisis de las potenciales líneas regulatorias para implementar, orientadas a acelerar la electromovilidad

Medida	Problemática	Objetivo de la medida	Potenciales impactos	Propuesta Polen para HDV-II
Política de ascenso tecnológico	Las subcuentas del fondo de ascenso no registran cifras de “masificación” de reposición o ascenso.	Financiar nuevos vehículos de bajas y cero emisiones	- Mayor inyección de recursos para sustitución de vehículos y ascenso tecnológico. - Aumento de la demanda por vehículos de bajas y cero emisiones; incremento en la demanda y despliegue de infraestructura de carga. - Desarrollo de industria local; empleo; cadenas de valor; reducción importaciones de combustibles	Propuesta preliminar Polen TJ: Ajustes y/o mejoras en el fondo FOPAT y las subcuentas para HDV
Política de eficiencia energética	Ausencia de estándares mínimos de eficiencia para vehículos pesados.	Optimizar y reducir el consumo energético por unidad recorrida (km/l o l/100km)	- Mayor reducción de consumo energético y emisiones. - Mayor estímulo en el mercado de modelos más eficientes e infraestructura de carga. - Mejora en decisión de compra, reducción del TCO a mediano plazo, impulso a tecnologías híbridas y eléctricas.	Propuesta preliminar Polen TJ: Resolución Ministerial para estándares mínimos, (etiquetado para HDV en estudios por UPME).
Mandato gradual de ventas (EV)	Existe mandato para e-buses, no hay otras señales además del 600 mil al 2030, que carece de trayectoria.	Establecer metas anuales graduales en ventas de vehículos de cero y bajas emisiones.	- Acelerar oferta y escalabilidad. Impulso a la cadena de valor para vehículos EV e infraestructura de carga. - Señal fuerte y vinculante al mercado; favorece el mercado eléctrico, la economía de escala para autopartes, baterías e infraestructura de carga.	Propuesta preliminar Polen TJ: Inclusión de metas en instrumento de carácter vinculante. Trayectorias por segmento al 2030 en adelante.
Política de desintegración física (chatarización)	Se requiere de una política de salida de vehículos. Pre-EURO y Euro-II prevalecen en el parque, con edades de hasta 32 años	Retirar de circulación unidades con tecnologías o edades obsoletas e incentivar la entrada de unidades nuevas.	- Impulsar la salida de vehículos con edades avanzadas para sustituirlos por vehículos de bajas y cero emisiones nuevos. - Reducción de emisiones locales; mayor renovación tecnológica; costo fiscal/subsidios - Mejora de calidad del aire local; nuevas oportunidades de negocio ensambladoras, autopartistas y servicios en la industria automotriz y chatarrización.	Propuesta preliminar Polen TJ: Revisión de la viabilidad, conversaciones con reguladores y planteamiento de un esquema nuevo de chatarrización ligado al fondo de ascenso, entre otros.

Semáforo con las medidas de transición energética (viabilidad preliminar)

Implementación		HDV Pasajeros (Microbus, bus, buseta)	HDV Carga (Tracto, Camión y volqueta)	HDV Off-road (maquinaria amarilla)
*Escala de viabilidad para la pol. Pública	Status actual: Interés del sector: Medidas principales:	Poco ascenso tecnológico, faltan políticas y recursos. Falta programas t especial Ascenso a EV y ahorro en la transición (EE)	Nulo ascenso tecnológico, programas financiero y recursos propios y estatales- Ascenso EV o mejor tecnología (subir EURO), ahorro (EE)	Nulo ascenso, la política es un impedimento. Recursos propios de empresas. Ascenso (Hybrid/EV), ahorro (EE)
	Medidas de eficiencia energética (EE)	No existe, se requiere y urge, mientras entran otras medidas.	No existe, se requiere y urge, mientras entran otras medidas.	No existe, se requiere y urge, mientras entran otras medidas.
	Electromovilidad + infraestructura de carga, entrada de nuevos (ascenso tecnológico) (supply- side).	Aplica. Viabilidad para micros, busetas y buses. Mejora de programas.	Requiere infraestructura y apoyo al capex. Programas sin impacto, transportadores no los usan.	Requiere infraestructura y apoyo al capex. No hay políticas claras.
	Desintegración física ("chatarrización")	No existe, se requiere. Es necesaria un alto apoyo institucional.	Existe, con poco éxito. Se requiere. Es necesaria un alto apoyo institucional.	No existe, se requiere Es necesaria un alto apoyo institucional.
	Otras medidas: Conducción eficiente, etc.	Se requiera alta articulación con la autoridad, las empresas y conductores.	Se requiera alta articulación con la autoridad, las empresas y conductores	Se requiera alta articulación con la autoridad, las empresas y conductores

Tabla 6. Semáforo y síntesis de viabilidad de alternativas para políticas hacia la electrificación de HDV.

Fuente: Elaboración propia

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES SIGUIENTES PASOS

SECCIÓN V

CONCLUSIONES, DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES

Finalmente, es importante contemplar un espectro amplio multidisciplinario en la construcción de las políticas públicas. En este caso, para el transporte y la movilidad sostenible, se hace relevante contemplar análisis técnicos, análisis de los actores, perspectivas sociales y económicas, impactos potenciales de las medidas fomentadas y una visión global -sistémica- del transporte, el cambio modal, los usos y tecnologías vehiculares, puesto que las dinámicas del sector trascienden más allá dimensión técnica, para abordar realidades socioeconómicas de cómo nos movemos y por qué.

Mediante los ejercicios de modelado, caracterización y diagnóstico, se obtuvieron algunos mensajes centrales, que se resaltan a continuación:

Sección de desarrollo	Información clave o resumen
Sección I	Para los fines de este análisis, se consideran vehículos pesados aquellos automotores de transporte de carga o de pasajeros cuyo peso bruto vehicular (PBV) supera las 3,5 toneladas. Esta definición se basa en la clasificación oficial del Ministerio de Transporte establecida en la Resolución 20223040045295 de 2022 (Resolución Única de Tránsito), modificada por la Resolución 20243040030995 de 2024, así como en los criterios técnicos de la Resolución 4100 de 2004 y su modificatoria 1782 de 2009, relativas a pesos y dimensiones máximos permitidos para vehículos de carga. Inventario 2024: Vehículos pesados 630.205 veh. al 2024 - o Camión 305.333 veh. al 2024 - o Volqueta 57.064 veh. al 2024 - o Tractocamión 66.808 veh. al 2024 - o Microbus 82.571 veh. al 2024 - o Bus 83.400 veh. al 2024 - o Buseta 35.029 veh. al 2024 Maquinaria off-road 630.205 veh. al 2024 - o Semirremolque 177.538 veh. off-road al 2024 - o Remolque 2.827 veh. off-road al 2024 - o Industrial y de construcción 98.593 veh. off-road al 2024
Sección I	Para el año 2022, el sector transporte es el mayor consumidor de fósiles (más del 92% es fósil). De allí, más del 50% de la energía es consumida por los HDV, que no supera el 5% (3,23% para el 2023) del total del parque automotor.
Sección I	Se aprecian los porcentajes promedio de energía útil de la siguiente manera: bus (7,7%), buseta (10,7%), microbús (22,6%), camión (25,3%) y tractocamión (24,3%). Ver Fig. 9 En promedio y de forma agregada, se estima que sólo un ~23,7% es energía útil en HDV. Más de un 76% son pérdidas de energía

Sección I	Para carga, en general, la flota es mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II. - Volquetas (8,89%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV - Camiones (48,25%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV - Tractocamiones (10,08%), mayoritariamente Euro II, seguido de pre-Euro II y Euro IV Para pasajeros, en general, la flota es mayoritariamente Euro-II, seguido de pre-Euro - Microbuses (13,46%), mayoritariamente Euro II, seguido de pre-Euro II y Euro IV - Buses (13,56%), mayoritariamente pre-Euro, seguido de Euro II y Euro IV - Busetas (5,77%) , mayoritariamente Euro II, seguido pre- Euro II
Sección I	La tendencia predominantemente creciente para vehículos eléctricos a partir del 2021. La aceleración de la curva de entrada de vehículos nuevos entre 2023 y 2024 da señales positivas de una transición energética del parque automotor de vehículos pesados con un crecimiento 199,1% (~200%↑) entre estos dos periodos consecutivos.
Sección I	De manera agregada para los segmentos de vehículos pesados registrados en el INGEI, se tiene un total de 12,89 MtCO_{2eq} (43,54% del total de emisiones GEI del sector transporte terrestre para el 2018), las cuales son emitidas por fuentes móviles particularmente HDV. Estos GEI provienen de menos del 3% del total del parque automotor de Colombia. De nuevo concluyendo, la necesidad de FORTALECER las políticas nacionales hacia una <u>transición energética y el ascenso tecnológico que fomente la entrada de vehículos cero y bajas emisiones, así como su infraestructura de carga</u>, entre otras medidas para HDV.
Sección III	Conflictividad: las principales fuentes de conflictividad identificadas son: - Mal estado de vías y cierres, por el deterioro o inexistencia de infraestructura vial, no obstante, existen tarifas altas en peajes. - Inseguridad, particularmente condiciones y situaciones frecuentes de inseguridad en carretera, vías principales, secundarias y tercerías - Alta informalidad a pesar de la “sobre-regulación” del transporte, competencia desleal en el mercado y guerra de precios en la prestación de los servicios de transporte. - Acceso a la renovación de flotas y programas de ascenso tecnológico, donde el costo de capital (CAPEX) juega un rol esencial, así como la bancarización de los transportadores. - Altos costos de operación, poca rentabilidad y dificultades financieras en las empresas y servicios de transporte en general.
Sección III	Esta actividad económica es intensiva en capital, pero a su vez también mantiene una alta participación de mano de obra dadas las dificultades para su automatización y digitalización. Por lo tanto, el componente tecnológico (como la electrificación) del sector HDV determina en gran medida los resultados económicos, sociales y ambientales de esta actividad económica.
Sección III	Este segmento del sector de transporte, muestra unas características altamente heterogéneas, y una alta desigualdad en términos de la generación y apropiación de ingresos, de tal forma que esta característica se convierte a su vez en la principal barrera de acceso a los recursos de financiamiento para el ascenso tecnológico⁶. Más de la mitad de los vehículos de carga son vehículos de más de 20 de funcionamiento, pero los viajes e ingresos se concentran en los vehículos de menor edad. Así pues, quiénes serían objeto del ascenso tecnológico son quienes carecen de historial crediticio sano, garantías financieras, o flujos de ingresos Este segmento del sector de transporte, muestra unas características altamente heterogéneas, y una alta desigualdad en términos de la generación y apropiación de ingresos, de tal forma que esta característica se convierte a su vez en la principal barrera de acceso a los recursos de financiamiento para el ascenso tecnológico . Más de la mitad de los vehículos de carga son vehículos de más de 20 de funcionamiento, pero los viajes e ingresos se concentran en los vehículos de menor edad. Así pues, quiénes serían objeto del ascenso tecnológico son quienes carecen de historial crediticio sano, garantías financieras, o flujos de ingresos suficientes para financiar con recursos propios las inversiones necesarias. Finalmente no se cuenta con recursos públicos o de filantropía significativos para la implementación de estos proyectos.

⁶Este tipo de situación, más que ser una condición idiosincrática de Colombia, ha sido uno de los elementos caracterizados como comunes a los países de Latinoamérica y el Caribe (ver (Alves & Odriozola, 2024))

Sección III	Con respecto al transporte terrestre, férreo y fluvial, la señal indicativa de la Hoja de Ruta TEJ es la adopción gradual de la movilidad eléctrica como medida principal para la descarbonización y electrificación de los sistemas de transporte. No obstante, esta política nacional, actualmente en implementación desde varias carteras (MinMinas, MinTransporte, MinCIT, MinAmbiente, DNP, entre otras) abarca más allá de la dimensión tecnológica y ambiental, para dar un impulso a políticas económicas y de reindustrialización con el fin de fomentar las industrias verdes en el marco de la TEJ que tengan relación con el desarrollo productivo de insumos, bienes, servicios y fortalecimiento de capacidades que puedan contribuir y acelerar al ascenso tecnológico, el acceso y la democratización del transporte público de cero emisiones.
Sección IV	Aceleración de la electromovilidad y eficiencia energética en vehículos pesados Medidas que se deben abordar para una introducción al mercado y adopción tecnológica de la electromovilidad para los segmentos de vehículos pesados de carga y pasajeros: I. Electromovilidad Estándar de disponibilidad (mandato de ventas EV) II. Desintegración física de vehículos (chatarización) con programa de renovación III. Cambio modal IV. Eficiencia energética

Electromovilidad como respuesta natural

Con el ánimo de identificar las medidas que aceleran el cambio tecnológico principalmente a movilidad eléctricas, se plantean la siguiente ruta de acción en el marco de proyecto “Vehículos pesados – Heavy Duty Vehicles”:

Medidas a corto plazo: de carácter urgente y priorizando servicio de carga y pasajeros: - Ascenso tecnológico a electromovilidad (oferta y demanda) [EV availability standard] - Despliegue y políticas públicas de infraestructura de carga - Eficiencia energética Desafíos: Alto costo de capital o inversión. inicial EV, mecanismos de financiación, acceso a población propietaria, estaciones disponibles, información disponible.	
- Medidas de mediano plazo: - Desintegración física de vehículos - Renovación/Salida de vehículos CI - Inter-modalidad terreo-terrestre (carga) Desafíos: Institucionalidad de las medidas, programa de chatarrización vinculado a ascenso tecnológico, presupuesto, incentivos, información disponible.	
Medidas de largo plazo: - Multi-modalidad férreo-terrestre-fluvial - Cambio modal - Otras medidas de movilidad sostenible Desafíos: Institucionalidad, pilotos para nuevos energéticos, integración de sistemas de transporte, infraestructura de transporte, voluntad política.	

- Es necesario emplear con un enfoque integral que incluya las dimensiones energética, tecnológica, social, económica, ambiental y regulatoria para entender las dinámicas del del parque automotor, así como las posibilidades y viabilidades regulatorias. Esto provee una mirada basada en información histórica, presentada en este diagnóstico (Sección I). Esta información puede diferir del entendimiento de “tamaño de parque automotor” puesto que, por ejemplo, los HDV consumen aprox. un 53% del total nacional del transporte, sin embargo, desde la mirada de tamaño de parque, los HDV son minoría, con un 3% en el stock. Esta información amplía el marco de análisis desde varias dimensiones (consumo, eficiencia energética, energía útil, entre otros).
- La Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa (TEJ) establece unos lineamientos nacionales que son relevantes en la construcción de las políticas públicas, se tiene:

“La TEJ busca aumentar el **bienestar**, permitir una **vida digna** de toda la población colombiana, particularmente en aquellas **regiones ricas en recursos energéticos**, que han sido históricamente marginadas.” Principios fundamentales:

- Equidad y democratización
 - Gradualidad, soberanía y confiabilidad
 - Participación social vinculante
 - Intensiva en conocimiento
- En el caso del transporte, aplica tanto la visión como los principios, pues en el mundo de los vehículos pesados, se tiene tanto propietarios, conductores, dueños de empresas, entre otros. Sin embargo, no todos los actores tienen el mismo acceso al capital, a la tecnología y a la información para adquirir un vehículo nuevo eléctrico, puesto que hay una alta informalidad y poco acceso a la banca. Esta es la, situación de por lo menos el 85% de los dueños (“pequeños propietarios” de 1 a 3 vehículos son dueños de un alto porcentaje del parque HDV), es decir, “los pequeños transportadores o propietarios”. Por lo tanto, es preciso ajustar las medidas, adaptándolas a las situaciones socioeconómicas del sector.
 - Se recomienda el uso e implementación de la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA), denominada “paquete de medidas/**policy package** IEA”. Esta metodología propone, que en paralelo del diseño de las políticas públicas (**i. Política pública**), en su marco regulatorio o normativo, es importante dos ejes más: (**ii) Incentivos** e (**iii) Información**. De tal forma que son estos 3 ejes que mueven o moverán la política pública, con mecanismos de incentivos planteados y con sistemas de monitoreo e información.
 - Planeación de una estrategia conjunta (ruta de medidas), de mediano y largo plazo, tanto para su construcción como para la implementación, que de lineamientos claros a los actores y su preparación, y sobre todo esté alineada con los procesos de políticas públicas de movilidad sostenible con las que ya cuenta el país en varios de sus instrumentos de política pública:
 - **¿Qué y cuándo?** → Responde a la necesidad de planeación ante cambios regulatorios
 - **¿Por qué? Y para qué?** → Justifica los nuevos procesos y/o cambios, así como argumenta la necesidad (ambiental, social, tecnológica, económica, energética, etc.).
 - **¿Quiénes?** → Involucra mecanismos de participación ciudadana, democratización de la construcción de políticas públicas vinculantes, incluyentes y colectivas, fomentando su posterior entendimiento y adopción por los actores involucrados.
 - **Beneficios e impactos** → Políticas públicas bien informadas y con enfoque científico-regulatorio (ej. herramientas de modelado, cuantificación, clasificación, priorización, etc.)

Sobre las autoras y los autores

Ana María Orozco Idrobo (ana.orozco@polentj.org). Realizó estudios en ciencias del transporte en la Universidad Técnica de Munich (TUM). Ha trabajado en modelado e investigación en el Centro Alemán Aeroespacial, BMW Group, TUM y en el sector público, es co-autora de la Hoja de Ruta TEJ y la Estrategia Nacional para la Infraestructura de carga. Actualmente trabaja en la construcción de políticas públicas, como consultora en Polen TJ y en la banca de desarrollo.

Diana Carolina Murillo Martín (diana.murillo@polentj.org). PhD en Sociología de las Políticas Públicas y Sociales, más de 10 años de experiencia en análisis y diseño de políticas ambientales, minero-energéticas y de Transición Energética Justa. Investigadora senior en Polen TJ en proyectos de transición energética con enfoque socioambiental, territorial, justicia de género e interseccionalidad.

Jessica Arias Gaviria (jessica.arias@polentj.org) Ph.D. en Ingeniería, con más de 10 años de experiencia en modelado y planeación para la transición energética justa. Investigadora senior en Polen TJ, en proyectos de transición del sistema eléctrico, y transición de la demanda de energía.

Kira Rodas (kira.rodas@polentj.org). Abogada con Magíster en Ciudades Inteligentes del Externado y Especialista en Derecho Tributario de la Universidad de la Costa. En POLEN Transiciones Justas trabaja en el área de movilidad desde el componente jurídico, identificando aspectos normativos, revisando estrategias regulatorias, y apoyando la generación de políticas públicas de eficiencia energética de vehículos livianos y pesados.

Leonardo Rojas Rodríguez (leonardo.rojas@polentj.org). Economista, con maestría en Desarrollo Económico. Experiencia liderando equipos económicos de modelado macroeconómico-ambiental en la Universidad Nacional de Colombia, AFD, CEPAL y MinMinas. Ha sido asesor económico en el Concejo de Bogotá y el Congreso de la República. Investigador en temas macroeconómicos y financieros en Polen TJ. Interesado en la transición energética justa del transporte, la reindustrialización y finanzas sustentables.

Diseño y diagramación

Diagramación: Juan Sebastian Céspedes Carrillo (comunicaciones@polentj.org)

Diseño de portada: Alfonso Cañon (alfonso.canon@polentj.org)

Referencias

BID. (2024). Estrategia de País del Grupo BID con Colombia 2024-2027 (GN-3238).

Cheyne García, J. A., Correa Zabala, M. M., Torralba, D. R., León, L. N., Cifuentes, M. A., Salinas, E. C., & Ramirez Alvarez, E. (2023). Costos de Transporte de Carga Terrestre en los Departamentos de Colombia: Implicaciones y Recomendaciones para Políticas Públicas. Universidad del Rosario. https://doi.org/10.48713/10336_39891

Cuellar, P. (2024, septiembre 19). Transporte de carga en Colombia alerta por caída en ganancias. Valora Analitik. <https://www.valoraanalitik.com/transporte-carga-alerta-caida-ganacias/>

DNP. (2007). Conpes 3489. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3489.pdf>

DNP. (2017). Nueva Visión de la Política Nacional Logística—Informe Técnico. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Nueva%20Visi%C3%B3n%20de%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20Log%C3%ADstica%20-%20Informe%20T%C3%A9cnico.pdf>

DNP. (2020). Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional [Conpes 3991].

DNP. (2023). Encuesta Nacional Logística 2022. DNP. Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible.

El Tiempo. (2025, julio 19). Transportadores de pasajeros reportan pérdidas de más de 7.800 millones de pesos por bloqueos viales del paro arrocero. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/transportadores-de-pasajeros-reportan-perdidas-de-mas-de-7-800-millones-de-pesos-por-bloqueos-viales-del-paro-arrocero-3473577>

IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2021). Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Internacional Energy Agency (IEA), Global EV Outlook 2025. Outlook for electric mobility.

Gobierno de Colombia. (2021a). Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París. MinAmbiente; DNP; Cancillería; AFD; Expertise France. <https://e2050colombia.com/>

Hernández, C. E., Martínez, G., Bayardo Valcárcel, W., Wilmsmeier, G., & Bocarejo, J. P. (2024). Financiando la descarbonización del transporte automotor de carga (GiroZero Policy Brief No. 4). https://girozero.uniandes.edu.co/system/files/2024-05/docs/20240513_Policy_4.pdf

LEAP, & SEI. (s.f.). LEAP Structure. Retrieved July 6, 2023, from https://leap.sei.org/help/Concepts/LEAP_Structure.htm

Mindefensa. (2025, mayo 15). Información Estadística Desagregada. <https://www.mindefensa.gov.co/defensa-y-seguridad/datos-y-cifras/informacion-estadistica>

Ministerio de Minas y Energía (2024a). Escenarios nacionales – Transición Energética Justa, Rutas que nos preparan para el futuro.

Ministerio de Minas y Energía (2024b). Escenarios nacionales, resultados del modelo energético para el sector transporte https://minenergia.gov.co/documents/12513/MinEnergy_DATA_EnergyTransition_in_Transport_2024-2050_published_v41FRB.xlsx

Ministerio de Minas y Energía. (2023c). Potencial FNCER Subnacional y Estrategia de Descarbonización.

Ministerio de Minas y Energía (2025). Estrategia Nacional para la infraestructura de carga. Banco Mundial, Deloitte.

Ministerio de Transporte de Colombia. Reporte anual Transporte en Cifras (2023).

Ministerio de Transporte. Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS). 2022.

Molina F., Villaveces D., El Motociclista cómo víctima más vulnerable en los siniestros viales de Colombia. Universidad Libre (2022).

Ministerio de Minas y Energía. (2023a). *Diagnóstico Base para la Transición Energética Justa*.

Ministerio de Minas y Energía. (2023d). *Potencial FNCER Subnacional y Estrategia de Descarbonización*.

Murillo, L. M. (2024, 23 octubre). RTVC se suma a la caravana del Ministerio de Minas y Energía rumbo a la COP16 para impulsar las energías limpias. Radio Nacional de Colombia. <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/rtvc-se-suma-la-caravana-del-ministerio-de-minas-y-energia-rumbo-la-cop16>

Naturgas. (23 de enero de 2024). En un 63 % aumentó la conversión de vehículos de gasolina a gas natural durante el año 2023. Recuperado de <https://naturgas.com.co/en-un-63-aumento-la-conversion-de-vehiculos-de-gasolina-a-gas-natural-durante-el-ano-2023>

Nieves, J. A., Aristizábal, A. J., Dyner, I., Báez, O., & Ospina, D. H. (2019). Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application. *Energy*, 169, 380–397. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.051>

Observatorio Mundial de Acción Climática No Estatal (Climate Chance). (2021). Caso de estudio Colombia: Transporte[Policy paper]. https://www.climate-chance.org/wp-content/uploads/2021/04/es_2021_transport_colombia_20210329_v3_vf.pdf

Orozco A.M., Díaz J.P., Pico L.D., (2025). Recomendaciones de política pública para la electrificación de vehículos de 2 y 3 ruedas en Colombia. *Polen TJ*.

Pelgrims, M., Das, A., Correa, J., Morales, R., Morillo, J. L., Espinosa, M., Herrera, J. C., Felipe Mendez, J., & Cadena, A. (2020a). *Propuesta De Actualización Y Consolidación De Escenarios De Emisiones De GEI Por Sector Y Evaluación De Costos De Abatimiento Asociados En Colombia*. 1–205.

Páez, D. (2024, septiembre 8). Paro Camionero: Terminó la protesta ¿se acabó el problema? Razón Pública. <https://razonpublica.com/paro-camionero-termino-la-protesta-se-acabo-problema/>

Proyecto de decreto por el cual se modifican, adicionan y derogan unos artículos del Capítulo 7 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1079 de 2015, Único Reglamentario del Sector Transporte. (2025). <https://mintransporte.gov.co/info/mintransporte/media/anexos/wfXXF2bX.pdf>

Registro Único Nacional de Tránsito – RUNT. (2024). Consulta de estadísticas del parque automotor colombiano. <https://www.runt.gov.co/estadisticas>

Supertransporte. (2024, julio 26). La SuperTransporte ha impactado a 1.978.292 ciudadanos mediante 53.624 operativos en las principales vías del país. Superintendencia de Transporte. <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/comunicaciones-2024/la-supertransporte-ha-impactado-a-1-978-292-ciudadanos-mediante-53-624-operativos-en-las-principales-vias-del-pais/>

Torres Villamil, R. (2024, diciembre 19). Consejo Gremial y Colfecar denuncian aumento de extorsión y bloqueos viales en Colombia. Valora Analitik. <https://www.valoraanalitik.com/consejo-gremial-y-colfecar-denuncian-aumento-de-extorsion-y-bloqueos-viales-en-colombia/>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2021). Balance energético colombiano.

4DPF. (2024, 12 junio). Norma de emisiones EURO 5: un reto para los propietarios de vehículos. <https://4dpf.com/norma-de-emisiones-euro-5/?lang=es>

ANEXO I: Modelado energético del transporte

Se presenta a continuación la metodología y métodos de modelado matemático del transporte y la energía. Se establecen en esta sección los pasos generales que preceden a los resultados en términos de galones de diésel potencialmente ahorables y su impacto monetario; estos pasos comprenden:

Paso 1: Comprensión técnico-económica del sector transporte

- Visión sistémica del transporte
- Modelado de datos históricos (2010-2022) y proyecciones (2023-2050) con horizonte por segmento vehicular del stock y ventas para:
 - veh_livianos_automoviles_y_camperos
 - veh_livianos__taxi
 - veh_livianos_2_y_3_ruedas
 - veh_livianos_carga
 - veh_pesados_microbus*
 - veh_pesados_bus_y_buseta*
 - veh_pesados_transporte_masivo*
 - veh_pesados_camión_y_volqueta*
 - veh_pesados_tractocamión*

*Marca las variables de interés para este proceso de modelado de HDV, todos aquellos de la categoría veh_pesados, de carga y pasajeros.

- Comportamiento o postura de los usuarios finales (transportadores, taxistas, personas naturales, empresas, entre otros)
- Parque automotor y sus dinámicas (cambios modales, regulación técnica, etc.)
- Variables del mercado (ej. ventas, sensibilidad a los precios)
- Reguladores y sus posturas frente a la implementación de una política pública orientada a la mejora de los estándares mínimos de EE.

Paso 2: Modelado energético del transporte (LEAP)

Definición y objetivos del modelo:

Este modelo fue construido con un enfoque de descarbonización, pensando en un escenario que le apunta a la carbono-neutralidad de acuerdo a las políticas energéticas y ambientales establecidas en Colombia hasta el año 2022 y con una mirada transición energética justa, para el periodo 2023 en adelante con horizonte 2030 y 2050.

Datos generales:

- Modelo construido en el software Low Emissions Analysis Platform (LEAP, & SEI, 2023), plataforma mundial de facto con más de 190 países para la construcción y simulación de las NDC y políticas energéticas y ambientales.
- Resolución: Anual
- Horizonte: 2050

- Uso del modelo: Público. Modelo nacional publicado con los documentos de Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa (MinEnergía, 2024).
- URL archivos LEAP:

- Modelado de escenarios: Escenarios para la transición energética justa HDR TEJ 2023-2024 (archivo fuente publicado):

Enlace de descarga archive LEAP MinEnergia:

https://www.minenergia.gov.co/documents/12512/Escenarios_para_la_transición_energética_justa_HDR_TEJ_2023.leap

- Modelo de optimización: Optimización de la oferta de generación de electricidad HDR TEJ 2023-2024 (archivo fuente publicado):

Enlace de descarga archive LEAP MinEnergia:

https://www.minenergia.gov.co/documents/12514/Optimización_de_la_oferta_de_generación_de_electricidad_HDR_TEJ_2023.leap

- Validación del modelo: Agencia Internacional de Energía (IEA) y autoridades relacionadas (MinTransporte, MinAmbiente, MinCIT, MinHacienda, entre otros).
- Errores de modelado: A la fecha desde su publicación el modelo de transporte de LEAP, ha arrojado prospecciones y proyecciones con un error menor a $\varepsilon < 0,05$. Se espera un error de modelo o incertidumbre menor a 10%.
- Proceso técnico: El proceso de modelado, sigue el **método científico y una aproximación analítica basada en datos** tanto de los supuestos, como de las medidas, así como la información base del sector transporte.
- Variables principales:
 - Número agregado de vehículos (stock) - anual
 - Número de vehículos nuevos matriculados (ventas) – anual
 - Consumo energético por tipo de vehículo (Unidad: Peta Joules)
 - Intensidad energética por tipo de vehículo (Unidad: l/100km o l/km)
- Pilares de la modelación: Con el enfoque transversal para los supuestos de la siguiente manera:

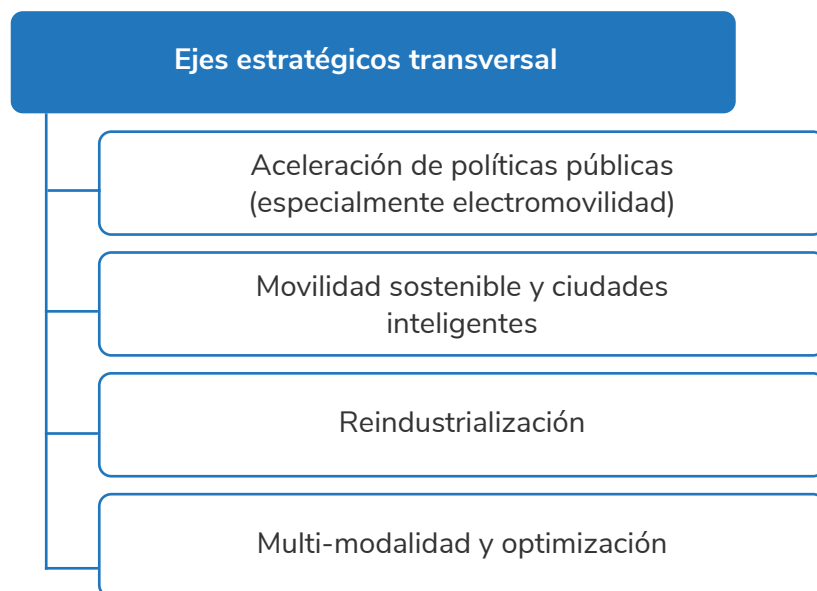


Figura 29. Ejes estratégicos y pilares de modelación.

Fuente: (MinEnergía, 2024b)

A continuación, se presenta el esquema y diagrama de flujo para el modelo en LEAP. Cabe aclarar que, hasta este punto, el modelo de LEAP fue construido por el "Equipo de Modelado para la Transición Energética Justa" del Ministerio de Minas y Energía en 2023.

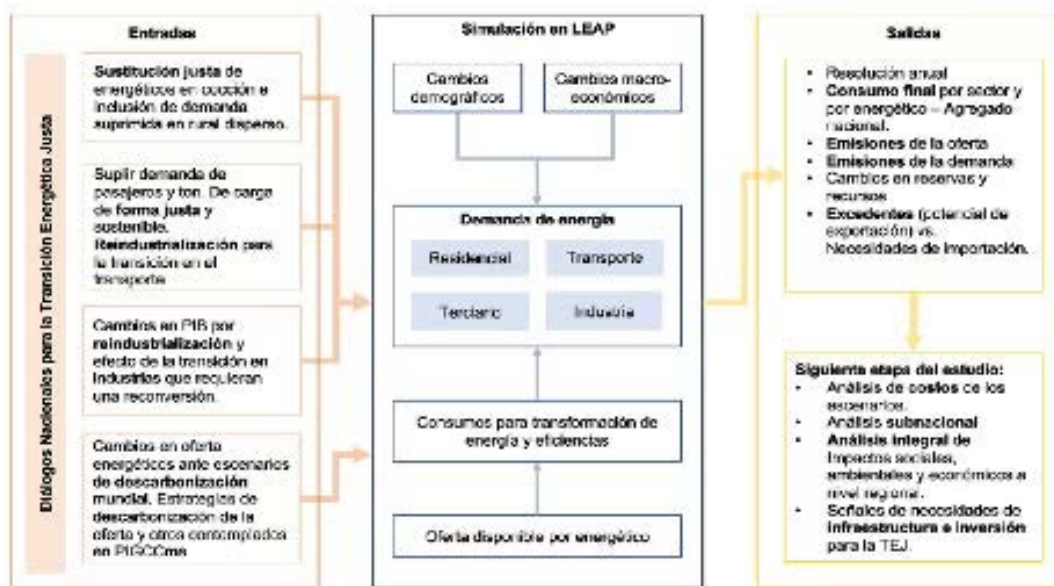


Figura 30. Flujo de procesos del modelado energético de los escenarios nacionales.

Fuente: (MinEnergía, 2024b)

Procesos/Processes

Dos macro-procesos se llevan a cabo: Por un lado, la simulación energética de LEAP [LEAP]*, con las variables principales, por otro lado, la incorporación de variables y modelado exógeno [EXÓGENO]*, proveniente de los expertos y modeladores, basado en una construcción analítica, numérica y relacional del transporte y la energía.

Se tienen los siguientes pasos metodológicos para el proceso:

1) [ÉXOGENO] Entradas del modelo y cuantificación del parque automotor: tamaño de parque automotor (RUNT), número de vehículos en stock y ventas anuales, proyecciones al 2050 y prospectiva de ventas para cada segmento, entre otras variables y parámetros. Se incorpora la mirada sistémica del transporte y la mirada de experto del sector.

2) [LEAP] Cálculo de consumo energético anual (agregado para todo el parque)

Unidad PetaJoules/año (se convierte a galones/barriles de combustible, según el caso).

Series de datos de:

- veh_pesados_microbus
- veh_pesados_bus_y_buseta
- veh_pesados_transporte_masivo
- veh_pesados_camión_y_volqueta
- veh_pesados_tractocamión

3) [LEAP] Cálculo del consumo energético para vehículos pesados.

4) [EXÓGENO] Conversión de unidades de Peta Joules (PJ) a galones de diésel.
Unidad Consumo_Diésel (galones o litro) /año

5) [EXÓGENO] Cálculo de consumo energético por unidad de transporte (Cuánto consume aproximadamente anualmente un automóvil, un campero, etc. para livianos)
Unidad Galones de gasolina cada 100 km (Intensidad energética Ige/100km)

6) [EXÓGENO] Cálculo de una unidad representativa para calcular los consumos futuros, de las proyecciones de ventas. Se emplearon datos del 2023, calibrados con registros reales.
Unidad Galones promedio / 100 km, por segmento vehicular de livianos.

7) [EXÓGENO] Proyección de consumo energético para la prospectiva de ventas, usando el modelo TEJ (MinEnergía, 2024b) y el consumo hallado en el paso 4.
Unidad Galones de fósil/año totales SIN LA MEDIDA.

**Esta serie de datos corresponde al consumo del Escenario Business as Usual (BAU), es decir, la simulación del parque automotor de pesados, sin la medida aún.

8)[EXÓGENO] Implementación de la medida en escenarios. Gráficas resultantes.



www.polentj.org



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



[@polentjcol](https://www.instagram.com/polentjcol)



POLEN Transiciones Justas

Contacto: ana.oroeco@polentj.org