PROGRAMA TRANSPORTE SUSTENTABLE

OPORTUNIDADES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA PARA PROMOVER LA ELECTROMOVILIDAD EN EL TRANSPORTE DE CARGA Y ÚLTIMA MILLA EN MÉXICO

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PROGRAMA TRANSPORTE SUSTENTABLE

Esta publicación fue financiada en el marco del proyecto de cooperación bilateral "Programa Transporte Sustentable" (PTS) entre el Gobierno Federal Mexicano y el Gobierno de Alemania, a través de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ), que trabaja por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, y en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Primera edición 2021.
Elaborado en México.

Publicado por:
Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn/Alemania
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH, Av. Insurgentes Sur 826,
Col. del Valle, Juárez, 03100, Ciudad de México
México.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I https://www.giz.de/mexico

Proyecto
Programa Transporte Sustentable
D.R. ©2021 Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Coordinación institucional
Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) en México

Stephanie Hartmann
Directora
Programa Transporte Sustentable (PTS)

Aleithya Morales
Asesora técnica
Programa Transporte Sustentable (PTS)

Ricardo Energy & Environment
Lorenzo Casullo
Aleix Pons
Peter Weldon
Andrés Kilstein
Micaela Zabalo

Centro Mario Molina
Salvador Montero
Julieta Leo
Saira Vichis

Diseño Editorial y Revisión
Elianenai Barajas
Adriana Campos
Penélope Cordova

Derechos de autor
Se permite la reproducción, total o parcial, por razones educacionales o sin ánimo de lucro de esta publicación, sin la autorización especial del portador de los derechos de autor, siempre y cuando la fuente sea citada.

Forma de citar
GIZ-Ricardo (2021). Oportunidades y recomendaciones de política pública para promover la electromovilidad en el transporte de carga y última milla en México. México.

Por encargo del
Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania

Índice

Resumen ejecutivo 7
1. Introducción 13
2. Objetivos y estructura del documento 16
3. Contexto y tendencias globales 19
3.1. Estado del arte 20
3.2.Tipos de vehículos y tecnologías de descarbonización 21
3.2.1.Vehículos de reparto urbano y regional 22
3.2.2. Vehículos de reparto de larga distancia 24
3.3 Tendencias globales de electromovilidad 25
4. Beneficios de la electromovilidad 27
4.1. Emisiones de gases efecto invernadero (GEI) 28
4.2. Beneficios en calidad del aire 32
4.3. Beneficios en niveles de ruido 32
5. Principales oportunidades y retos 33
6. Experiencias internacionales 38
6.1. Acción pública: herramientas y retos 39
6.2. Inversión privada: primeros pasos 41
7. Radiografía del transporte de carga en México 44
7.1. Caracterización del sector autotransporte en México 45
7.1.1. Relevancia del sector transporte de carga 45
7.1.2. Composición nacional de la flota vehicular del sector autotransporte 46
7.1.3. Incremento del e-commerce y su efecto en los repartos urbanos 48
7.1.4. Estructura empresarial del sector transporte de carga 51
7.1.5. Contribución al cambio climático y la contaminación del aire 52
7.1.6. Relevancia de la industria automotriz en México 56
7.2. Infraestructura de carga en México 57
7.2.1. Distribución de cargadores por sitio 60
7.3. Tendencias del transporte eléctrico de carga en la integración comercial con Estados Unidos y Canadá 61
7.3.1. Políticas, normatividad e incentivos 62
7.3.2. Infraestructuras de carga pública 62
7.3.3. Sinergia institucional y privada para la electromovilidad de carga 63
7.4. Síntesis de barreras iniciales a la electrificación 63
8. Mapeo de actores, tecnologías y estrategias de coordinación 70
8.1. Actores involucrados 71
8.1.1. Mapa de actores 71

Acrónimos..... 72
8.2. Estrategia de coordinación y alianzas estratégicas 73
8.3. Tecnologías disponibles 75
8.3.1. Mapa de actores..... 75
8.3.2. Marcas de la industria automotriz en México que venden vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados. 76
8.3.2.1. Vehículos eléctricos. 76
8.3.2.2. Vehículos híbridos..... 82
9. Posibles actuaciones en México 84
9.1. Líneas estratégicas 85
9.2. Posibles medidas 91
9.3. Priorización temporal y sectorial..... 94

Listado de tablas

Tabla 0-1. Reducción de emisiones de CO_2 por tonelada-km totales del ciclo de vida en vehículos eléctricos de baterías en 2020-2050 respecto a un vehículo diésel equivalente (% en gCO_2e/tkm) 8

Tabla 3-1. Matriz para el mapeo de tipos de vehículo (según uso y peso) y tecnologías disponibles 21

Tabla 4-1. Beneficios en furgonetas en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050 29

Tabla 4-2. Beneficios en camiones rígidos en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050 30

Tabla 4-3. Beneficios en camiones articulados en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050 31

Tabla 7-1. Participación en el PIB total, transportes, correos y almacenamiento, autotransporte de carga 45

Tabla 7-2. Comercio total por modo de transporte 46

Tabla 7-3. Estructura empresarial del autotransporte de carga 52

Tabla 7-4. Emisiones de GEI por tipo de vehículo, 2016 54

Tabla 7-5. Emisiones de contaminantes criterio por tipo de vehículo, 2016 55

Tabla 7-6. Contribución de las fuentes móviles a las emisiones de contaminantes criterio 55

Tabla 7-7. Serie histórica y metas intermedias de generación de energía eléctrica por fuentes limpias 65

Tabla 8-1. Renault Kangoo Z.E. – Mercado Libre -DHL 76

Tabla 8-2. VDT3 - MOLDEX - EVOLTE - BIMBO 77

Tabla 8-3. eZERO – 99 minutos 77

Tabla 8-4. JAC - E SEI1 CARGO - E SUNRAY - E X350 78

Tabla 8-5. ELF 500 de Isuzu – FEMSA – Quimmco 79

Tabla 8-6. FL 360 715 – Freightliner – Daimler - Quimmco 79

Tabla 8-7. eCascadia - Daimler 80

Tabla 8-8. BYD eT8a - BYD Company - Grupo Modelo 80

Tabla 8-9. BYD - T3 - Danone 81

Tabla 8-10. Volkswagen – e Transporter - eCrafter 81

Tabla 8-11. HINO – Serie 300 516 - 616 - 816 82

Tabla 8-12. FORD - LOBO LIMITED HEV - F-150 HEV 83

Tabla 9-1. Propuesta de gradualidad de las medidas 96

Abreviaturas usadas en el presente informe

BEV	Vehículo eléctrico de baterías (o eléctrico puro)
CDN	Contribuciones determinadas a nivel nacional
DOE	Departamento de Energía de Estados Unidos
EC	Coalición para la electrificación
EPRI	Instituto de Investigaciones de Energía Eléctrica
ERS	Vehículo eléctrico cargado por catenaria o sistema de carretera electrificada
EV	Vehículo eléctrico
FCEV	Vehículo eléctrico con pilas de combustible de hidrógeno
FC-REEV	Vehículo eléctrico de rango extendido con pilas de combustible de hidrógeno
GEI	Gases de efecto invernadero
HDV	Vehículo pesado (>16 toneladas)
I+D	Investigación y desarrollo
LDV	Vehículo ligero (3,5 – 7,5 toneladas)
MDV	Vehículo de peso medio (7,5 – 16 toneladas)
OEM	Fabricante de equipo original
PHEV	Vehículo eléctrico híbrido enchufable
TCO	Costo total de propiedad
ZEUF	Flota urbana sin emisiones
ZEV	Vehículos cero emisiones

Resumen ejecutivo

Contexto y objetivos

El transporte juega un rol central en los esfuerzos por la mitigación de las emisiones de GEI responsables del cambio climático. En México, el sector transporte contribuye al 25% de estas emisiones. En el mundo, muchos gobiernos nacionales y locales han encontrado en el impulso de la electromovilidad una herramienta no sólo favorable a la descarbonización, sino también a la mejora en la calidad del aire y las condiciones de habitabilidad de las ciudades.

Este documento tiene por objetivo principal examinar las oportunidades y desafíos que enfrenta México para avanzar en el camino de la electrificación del transporte de carga por carretera y de última milla, así como las políticas públicas que puedan promover este proceso. Algunas características de la operación de vehículos de carga contribuyen a que el proceso de electrificación se torne más complejo, de aquí la relevancia de esta exploración, que se enfoca en una revisión de experiencias internacionales y en el análisis del contexto mexicano para la electrificación de dicho sector.

Oportunidades y retos

Una oportunidad para el sector reside en los avances tecnológicos y en los procesos empleados, pues gracias a ellos, los vehículos, baterías e infraestructura de carga se vuelven cada vez más competitivos. La penetración de la electromovilidad para la logística está atada a un costo total de propiedad competitivo con respecto a la alternativa diésel y a la suficiente dotación de infraestructura de carga de acuerdo con el rango de operación requerido.

En este sentido, los vehículos de última milla, es decir, aquellos que se utilizan para el reparto de productos a consumidores finales o negocios, son los primeros candidatos para la electrificación entre los vehículos comerciales. Su actividad permite la carga en horarios nocturnos sin necesidad de cargas intermedias durante la operación, lo que posibilita emplear cargadores lentos, que son menos costosos y consumen en menor medida la vida útil de la batería. Los bajos costos de electricidad de los horarios nocturnos y los menores costos de equipo para cargadores lentos facilitarían esta adopción. Al mismo tiempo, los requisitos técnicos propios de las baterías eléctricas las vuelven menos onerosas para estas tipologías de vehículos que para el transporte pesado; la ratio batería/tamaño es más favorable para las furgonetas y otros vehículos logísticos livianos.

Los vehículos pesados de carga que viajan en distancias interurbanas tienen la ventaja de que la gran mayoría de estos recorridos se hacen por carreteras principales, lo que permitiría concentrar las estaciones de carga en dichos corredores. Adicionalmente, y debido a que la operación presenta requerimientos de descanso de los conductores, es posible pensar en recargas durante el servicio que coincidan con estos recesos, de lo cual se obtendrían beneficios en materia de eficiencia. La posibilidad de recargar electricidad mientras se carga o descarga mercadería podría impulsar una adopción más temprana.

No obstante, se comprueba que los vehículos pesados presentan retos adicionales que no existen en una flota de menor dimensión y escala. Se requieren estaciones de mayor tamaño, adaptaciones especiales en la red eléctrica local y mayor potencia de carga. Adicionalmente, la carga rápida de esta operación acorta la vida las baterías, por lo que una alta inversión de capital ofrece un menor rendimiento. Por este y otros motivos, el transporte pesado podría requerir otro tipo de innovaciones, como adaptaciones en la ruta (de tipo catenaria, por ejemplo) o incluso explorar tecnologías como el hidrógeno.

Los vehículos eléctricos de cualquier tipo pueden implicar costos adicionales en comparación con los vehículos convencionales, por ejemplo, de aire acondicionado, calefacción o de nuevas formaciones impartidas a los conductores. La construcción de una infraestructura de apoyo demanda inversiones por parte de los propietarios de vehículos y, posiblemente, arroje también mayores costos sobre las espaldas de los usuarios finales. No obstante, se ha observado que éstos pueden ser compensados mediante la reducción de los costos operativos sumados a incentivos específicos de los gobiernos.

Beneficios

En relación con los beneficios de la electromovilidad que se han explorado en este documento, las reducciones en emisiones de GEI para el transporte de carga eléctrico son significativas respecto al diésel desde el panorama de las emisiones totales del ciclo de vida, según el tipo de vehículo y tecnología empleada. En la Tabla 1 se muestran las reducciones esperadas de emisiones de CO_2 desde la perspectiva mencionada en un vehículo de diésel equivalente.

Tabla 0-1 Reducción de emisiones de CO_2 por tonelada/km totales del ciclo de vida en vehículos eléctricos de baterías en 2020-2050 respecto a un vehículo diésel equivalente (% en gCO_2e/tkm)

Tipo de vehículo	% Reducción en gCO_2e/tkm
Furgoneta	50 - 65%
Camión rígido	50 - 80%
Camión articulado	50 - 95%

Fuente: (Ricardo, E4tech, ifeu, 2020). Notas: Emisiones de GEI incluyen producción de componentes del vehículo, producción de fuentes de energía, operación del vehículo (emisiones de escape), mantenimiento y procesos de final de vida.

Además del impacto específico en materia de emisiones de GEI, la transición hacia la electromovilidad ofrece beneficios ambientales para los entornos urbanos, como la mejora en la calidad del aire, sobre todo en los microcentros compactos de las ciudades, y la reducción del ruido, especialmente relevante en el caso de los vehículos pesados.

Desde la perspectiva de los costos operativos, es posible realizar ahorros disponiendo de una flota eléctrica en vez de una alimentada con combustibles. Según McKinsey (2017), el costo total de propiedad de una flota eléctrica se aproxima al de una de diésel a medida que nos acercamos a una distancia diaria recorrida de 200 kilómetros. Según el autor, con los avances tecnológicos, la paridad del costo total de propiedad entre el diésel y el eléctrico se alcanzará en el año 2030.

Experiencias internacionales

El impulso a la electromovilidad presenta, en todo caso, retos específicos que actúan como barreras para que el sector privado realice inversiones iniciales de capital. La implantación de la infraestructura de carga requiere inversiones a nivel de las redes eléctricas, además de la adquisición de nuevas tecnologías. Por esta razón, se requiere un fuerte protagonismo de los gobiernos para que establezcan incentivos, promuevan inversiones y desarrollen un marco normativo adecuado.

A lo largo de este estudio hemos repasado las normas y políticas específicas en la Unión Europea, Estados Unidos, China, Canadá, Reino Unido, Bélgica y Portugal, entre otros. Se destacan experiencias como las siguientes:

- Estándares para la producción de nuevos vehículos de carga. Por ejemplo, en la Unión Europea, donde en el 2019 se establecieron normas de comportamiento en materia de emisiones de CO_2 para vehículos pesados nuevos, se planificó una trayectoria de reducción gradual de las emisiones para los parques fijada para 2025 y 2030.

- Sistema de subsidios para para infraestructuras públicas de recarga. Por ejemplo, en Shenzhen los subsidios se orientan a la construcción de puntos de recarga de uso público, bajo criterios de potencia y de sistema eléctrico, y con rebajas en las tarifas de electricidad para inversores que instalan un mínimo de capacidad.

- Reducciones impositivas para la compra de vehículos. Por ejemplo, en Bélgica y Portugal los impuestos bajan en función de su etiqueta de emisiones.

- Medidas de limitación del tráfico para vehículos de altas emisiones. Por ejemplo, la Low Emission Zone en Londres, Reino Unido, con una una tarifa de más de £100 que se cobra a los vehículos pesados si no cumplen los estándares de emisiones establecidos.

- Adopción de principios de *green procurement*. Por ejemplo, Copenhague, Dinamarca, que desplegó BuyZet, un programa que incentiva a las administraciones públicas locales y empresas estatales para que adopten vehículos eléctricos en flotas de utilitarios públicos como camiones de la basura y furgonetas de servicios.

De acuerdo con nuestros análisis, el dinamismo en la producción de vehículos es un reflejo del crecimiento de la demanda y la maduración de los mercados, que dependen del despliegue de políticas gubernamentales de desarrollo, incentivos a la innovación y desincentivo a las prácticas obsoletas. Esto se refuerza mediante la comprobación de que el 80 % de los vehículos eléctricos de carga en el mundo se vendieron en la misma región en que se produjeron, lo que da una idea del impulso que las regulaciones imprimen en la demanda.

Además, las inversiones del sector privado aumentan en los países y ciudades donde los gobiernos locales son líderes en la transición a la electromovilidad, como hemos visto en el caso de los grupos postales en Francia y Suiza, así como en proveedores de infraestructuras en Alemania.

Contexto mexicano

En México existe una importante industria automotriz, influida por un pujante mercado norteamericano, pero orientada tanto a la producción local como a la destinada al país vecino. En la actualidad, esta industria cumple un rol central en la actividad económica total y, principalmente, en términos relativos dentro del dominio de la producción industrial. Según datos del INEGI para el año 2019, la industria automotriz representa arriba del 3 % del PIB total, cerca del 19 % del PIB manufacturero y 37 % del valor exportado. Esto entrega una idea del peso de la industria local y de la presencia de actores con recursos y disposición para la inversión en innovación y la transición hacia la electrificación.

Adicionalmente, en México la actividad relacionada con el transporte de carga representa alrededor de 3.3 % del Producto Interno Bruto. Hay 1.14 millones de camiones de diferentes características y tipos de servicio, así como un amplio espacio y potencial para la electrificación. El 40 % de la flota supera los 20 años de antigüedad, lo que demanda reemplazos sin dilación.

En materia de infraestructura de recarga se han hecho algunos avances fundamentalmente en el marco del Programa para la Promoción de la Movilidad Eléctrica (PEII). Al cierre del año 2020 ya se habían instalado 87 puntos de carga de nivel 2 distribuidos entre Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara; además de 13 de carga rápida. Los puntos de carga se ubican en lugares de acceso público como centros comerciales, tiendas de conveniencia, y el servicio es gratuito. En la actualidad, la Ciudad de México concentra el 22 % de los puntos de carga del país, favorecidos por políticas de restricción de la circulación para autos de combustión. Se está trabajando también en la instalación en corredores interurbanos como el Puebla-Guadalajara o el Saltillo-Monterrey-McAllen.

Por otra parte, el mercado de reparto de carga se ha ampliado como resultado de la pandemia de COVID-19. La crisis sanitaria ha activado el dinamismo del comercio electrónico y ha expandido tanto los segmentos de productos que se comercializan como los perfiles de consumidores. Adicionalmente, nuevas empresas han ingresado a la actividad de este tipo de comercio. La pandemia condujo a que el 74 % de los ciudadanos mexicanos que todavía no lo habían probado, lo hicieran por vez primera, abriendo un nuevo potencial para la inversión en la flota de reparto urbano.

Por supuesto, la electrificación de la flota de carga en México debe superar barreras considerables. Entre ellas podemos mencionar las limitaciones que ofrece una estructura empresarial basada en el hombre-camión (menores recursos para la inversión en capital), los altos costos iniciales para el establecimiento de la infraestructura de carga, la matriz energética desequilibrada hacia los fósiles que vuelven menos atractiva la inversión, entre otras posibles. Sin embargo, la movilidad eléctrica se instalará en México gracias al impulso que imprimen los compromisos nacionales para cumplir las metas del Acuerdo de París. Además, muchas ciudades ya están tomando la iniciativa en la promoción de políticas para mejorar la calidad del aire y reducir el ruido, apostando a la calidad de vida de los ciudadanos.

Recomendaciones de política pública

En este estudio hemos elaborado un mapeo de las posibles estrategias tecnológicas y de cooperación a desplegar, así como de los principales actores que intervienen en el contexto

mexicano en el proceso de electromovilidad en carga y de última milla, entre los cuales identificamos organizaciones de gobierno, del sector privado (automotriz, infraestructura, con flotas, sin flotas), agencias internacionales, sector financiero, ONGs, asociaciones y academia.

Hemos propuesto una serie de medidas de coordinación para enfrentar la fragmentación de los actores, entre las cuales se destaca un mecanismo organizacional dentro de la Alianza por la Electromovilidad en México: un comité de coordinación que apoye a los líderes de la movilidad eléctrica y que pueda replicarse a nivel local, impulsar la transferencia de conocimiento sobre flotas eléctricas y promover la creación de fideicomisos locales de participación público-privada.

Finalmente, hemos identificado **las principales líneas de acción en el país para la actuación gubernamental**. Estos ejes de políticas públicas examinados se enumeran a continuación:

- Focalizar la intervención en el corto plazo en la electrificación de los vehículos livianos para el reparto urbano.

- Elaborar planes de asistencia financiera y técnica para el recambio escalonado de la flota según su antigüedad.

- Impulsar la colaboración entre el sector público y el privado para la generación de capacidades de inversión en tecnología, así como I+D para el desarrollo de nuevas soluciones de carga y almacenamiento.

- Establecer medidas localizadas que sean al mismo tiempo un incentivo hacia la electrificación y un desincentivo al mantenimiento de la flota de combustión, por ejemplo, las políticas de acceso, como las Zonas de Bajas Emisiones o las restricciones horarias para el acceso al centro de las ciudades, las zonas exclusivas de carga y descarga u otros permisos de aparcamiento.

- Fortalecer la multimodalidad y el traslado de la carga a vehículos más livianos para cubrir la distribución de última milla.

- Identificar las zonas prioritarias para la instalación de puntos de recarga en centros logísticos o en otros puntos de la ciudad o la carretera como los estacionamientos.

- Ofrecer beneficios impositivos diferenciales para la adquisición de vehículos eléctricos, híbridos o de hidrógeno, dependiendo del caso.

- Establecer criterios de *green procurement* en las licitaciones y contratos de equipamiento para agencias gubernamentales o sus contratistas y proveedores.

Futuras líneas de estudio

El presente estudio se ha focalizado en la electromovilidad para el transporte carretero de carga y, particularmente, en la distribución de última milla como sector con mayores oportunidades

a corto y medio plazo. Sin embargo, la descarbonización del transporte de carga debe considerar otras cuestiones desde una perspectiva más amplia, como son:

- Aplicación de una perspectiva de economía circular para reducir la demanda de transporte de carga
- Mejora de la eficiencia en la logística a través de la digitalización y uso de sistemas de transporte inteligentes tanto en el ámbito urbano como interurbano
- Promoción de transvases modales al ferrocarril u otros modos de transporte más eficientes desde una perspectiva energética y de emisiones
- Capacitación en herramientas de *eco-driving* para la mejora de la eficiencia energética
- Uso de biocombustibles u otros carburantes bajos en carbono en vehículos pesados

1

Introducción

1. Introducción

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrentamos en la actualidad, en la medida en que requiere una acción transformadora rápida y decidida, así como el compromiso y la cooperación de un gran número de naciones. La agenda para combatirlo ha dejado de centrarse en los países desarrollados y es cada vez más global, lo cual exige esfuerzos conjuntos de todos los gobiernos.

En el 2015, el Acuerdo de París significó un gran paso en la sistematización de la cooperación internacional para el combate al cambio climático, pues concedió una gran flexibilidad a los países firmantes y dejó como potestad de cada Estado decidir sobre sus contribuciones y estrategias para alcanzar las metas planteadas. Los aportes de cada Estado firmante se conocen como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN). El documento con la CDN de México se elaboró inicialmente en 2016, pero se modificó y actualizó en el 2020.

Los compromisos de mitigación que se suscriben en este documento son: una reducción incondicional del 22 % de las emisiones de gases de efecto invernadero y 51 % en la emisión de carbono negro para el 2030, respecto al escenario tendencial (*business-as-usual*); una reducción condicional de 36 % de gases de efecto invernadero y una reducción del 70 % de emisiones de carbono negro en el mismo periodo. Como es de esperar, estos ambiciosos objetivos requieren un gran trabajo en todas las actividades emisoras: generación de energía, agricultura y ganadería, actividad industrial, y principalmente, transporte.

El transporte tiene un rol central en este trabajo de mitigación ya que, según un informe de Zero Carbon 2019 (UNEP, 2019), el 15 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina provienen de este sector. De ellos, más del 80 % proviene del transporte de carretera. En México, el sector transporte contribuye al 25 % de las emisiones, tal como se verá detalladamente en la sección dedicada a los beneficios de la descarbonización.

La necesidad de descarbonizar el transporte, sumada a la búsqueda de mejorar la calidad del aire y las condiciones de habitabilidad de las ciudades, ha conducido a muchos gobiernos a impulsar la electromovilidad tanto para el desplazamiento de personas como de bienes. Por electromovilidad se entiende el conjunto de los medios de transporte de personas y bienes a través de vehículos con motores eléctricos, carentes de combustión interna, y, para los propósitos de este estudio, que no circulan por rieles.

El uso de vehículos eléctricos se considera una de las principales herramientas para la reducción de las emisiones que permite, a la vez, mantener un sistema logístico eficiente. Es una solución técnica sólida en la medida en que los vehículos eléctricos no generan emisiones locales (a través de la tubería de escape), ayudan a reducir la demanda de combustibles fósiles de un país (como gasolina o diésel) y, en conjunto con una matriz energética sustentable, se incrementa su potencial para reducir las emisiones de CO_2.

Dada la situación presentada anteriormente, el principal enfoque de este documento será el análisis de los retos para el transporte de mercancías. **La promoción e impulso del transporte**

eléctrico para este sector tiene la potencialidad de contribuir a otras mejoras en el entorno urbano. Entre ellas podemos mencionar la de la calidad del aire y la reducción de los costos de salud pública asociados, la disminución de la contaminación sonora, la modernización y actualización de la flota y su contribución a la seguridad vial, y la mejora general de la circulación en la ciudad por las características de los nuevos vehículos.

La transición a la electrificación en el transporte es necesaria si se busca aumentar la calidad de vida de las personas y alcanzar las metas relacionadas con la mitigación del cambio climático. Como cualquier transición sustentable, no es sencilla, ya que implica la transformación de un sistema completo, por ejemplo, la adaptación de nueva infraestructura y la aparición de nuevos modelos de vehículos, pero también ofrece a los gobiernos locales la oportunidad de repensar la organización de la logística en su ciudad, los flujos de bienes, los nodos de intercambio y su localización, así como el acceso en relación con los puntos de origen y destino de los movimientos en cuestión.

En este sentido, dadas las presiones sobre los acuerdos de cambio climático y las metas tan ambiciosas de algunos países, las nuevas tecnologías han logrado reducir sus costos y ser accesibles para la mayoría de las personas. Por ejemplo, en los últimos años, los avances tecnológicos han reducido notablemente el costo de las energías renovables, volviéndolas cada vez más asequibles y competitivas. Lo mismo ha sucedido en el caso de los vehículos eléctricos, donde, entendiendo que no es una tecnología nueva, tanto los vehículos como, principalmente, las baterías, han ido reduciendo su costo, de modo que en los próximos años es posible que se pueda llegar a equiparar con el de un vehículo de combustión interna.

Con el mencionado contexto en mente, la electrificación del transporte es una tendencia que tiene lugar actualmente en la mayoría de las regiones del mundo, aunque con diferentes intensidades y velocidades. Por ejemplo, Reino Unido se ha comprometido a alcanzar un nivel neto de cero emisiones de carbono y, como parte de ese compromiso, todos los vehículos nuevos tendrán que ser eléctricos para el 2035 y antes, de preferencia. En América Latina, Chile, uno de los líderes en electromovilidad en la región, se ha comprometido a que los vehículos que se vendan en ese país sean eléctricos para el 2035.

En la medida en que se dé cumplimiento a las metas establecidas en el Acuerdo de París y que, seguramente, se presentarán en la COP26, el proceso mostrará sin duda un nivel importante de avance para el año 2050. De allí la importancia de comenzar el diálogo en México para planificar con anticipación los pasos necesarios para acoplarse a esta tendencia global que tantas ventajas ofrece para mejorar la calidad de vida en las ciudades.

2

Objetivos y estructura del documento

2. Objetivos y estructura del documento

Este trabajo tiene por objetivo principal analizar la potencialidad y las oportunidades existentes para la intensificación de la electromovilidad en el sector de transporte de mercaderías en México. Se hace un diagnóstico del escenario actual a nivel global y se esbozan recomendaciones para la elaboración de políticas públicas en México que favorezcan la introducción gradual de esta tecnología en el transporte de cargas por carretera, con especial atención en los repartos de última milla.

Para cumplir con el objetivo, se avanzará mediante las siguientes secciones:

- **Contexto y tendencias globales,** donde se examinan los tipos de tecnologías de descarbonización existentes y su ponderación en diferentes escalas de logística. Se repasan los principales desafíos técnicos e industriales para la incorporación de éstas en las diferentes etapas de la cadena logística y para las distintas escalas de la operación. Al mismo tiempo, se examinan las orientaciones de otros países en materia de electromovilidad en la logística, las incorporaciones presentes y los planes a futuro de las empresas fabricantes de vehículos, sus compromisos asumidos hacia la descarbonización y los pasos graduales para su cumplimiento.

- **Beneficios de la electromovilidad**, donde se cubren las ventajas que entrega la electrificación tanto en términos de eficiencia como en la reducción de impactos ambientales negativos, principalmente asociados a las emisiones, la calidad del aire y al ruido.

- **Principales retos y oportunidades**, donde se expone el horizonte de posibilidad para la incorporación de nueva tecnología, los desafíos que han enfrentado gobiernos y operadores logísticos y la forma en que han intentado contrarrestar las dificultades.

- **Experiencias internacionales**, donde se relatan los proyectos efectivos y vigentes tanto de iniciativa del sector público como de políticas públicas que integran la participación de actores privados para la incorporación de nuevas tecnologías de transporte.

- **Retos del transporte de carga en México**, donde se repasa la estructura empresarial del sector transportista y las características de su actividad que favorecen o retrasan las implementaciones. Luego se recorren las experiencias presentes en materia de movilidad de última milla con eléctricos y el estado de la red de recarga actual en el territorio mexicano. Se observa la integración de esta red con Estados Unidos y Canadá. Para terminar, se examinan las características de la industria automotriz y, específicamente, de la producción de camiones en el territorio mexicano.

- **Mapeo de actores, tecnologías y estrategias de cooperación**, donde se describen los actores clave para promover la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México, así como una estrategia para promover su coordinación a través de alianzas estratégicas. Igualmente, se presenta un mapa sobre las tecnologías disponibles a nivel nacional e internacional que incorporan la electromovilidad para el autotransporte.

- Finalmente, como resultado de este camino, se identifican **Posibles actuaciones en México**, recorridos estratégicos y medidas concretas para aplicar políticas públicas que favorezcan la incorporación de tecnología y la ampliación de la red de recarga e infraestructura accesoria, así como la creación de *know how* e información para el sector. Alineados con estos ejes estratégicos, se proponen medidas a nivel nacional y local similares a las que han aplicado otros gobiernos centrales y municipales que se proponen alcanzar las metas antes señaladas.

3

Contexto y tendencias globales

3. Contexto y tendencias globales

3.1. Estado del arte

El crecimiento del mercado de vehículos eléctricos desde principios de la década de 2010 se ha concentrado en gran medida en los automóviles de pasajeros prémium, el segmento en el que los fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) tienden a lanzar nuevas tecnologías. Sin embargo, la electrificación de camiones y furgonetas ha aumentado en los últimos dos años, en especial para vehículos eléctricos ligeros (LDV, por sus siglas en inglés) (ITF, 2020).

A nivel global, el tamaño de la flota eléctrica de camiones y furgonetas representa solo el 1% de la flota total (BloombergNEF, 2021). Los vehículos eléctricos ligeros (LDV, por sus siglas en inglés), utilizados para el reparto urbano, predominan con un stock mundial de 435 000 unidades. Para comprender el contexto, las dinámicas de la producción de vehículos reflejan el crecimiento de la demanda y la maduración de los mercados, que dependen altamente de la existencia de políticas gubernamentales de desarrollo. El 80 % de los vehículos fueron producidos en la misma región en que se vendieron, lo que determina la importancia de las regulaciones e incentivos para generar esta demanda y, de esta manera, profundizar la producción (ICCT, 2021).

La fabricación en Estados Unidos, luego de un pronunciado crecimiento, se ha mostrado estable entre el 2018 y el 2020, mientras que Europa y China continúan creciendo al amparo del estímulo a la demanda que entregan diferentes regulaciones. El sentido de éstas es limitar la continuidad de la producción de los vehículos de combustión. En Europa, las automotrices han presentado en los últimos tres años 30 modelos diferentes con un volumen de ventas crecientes, incentivados a cumplir los estándares de emisiones de CO_2.

Las principales políticas apuntan al etiquetado del automóvil y el goce de diferentes permisos y derechos urbanos asociados (políticas de restricción y aparcamiento priorizado, por ejemplo) (ICCT, 2021). China tiene, por su parte, un conjunto de políticas públicas que abarcan al mismo tiempo el lado de la oferta y de la demanda, extendiendo los incentivos al consumidor e implementando regulaciones cada vez más estrictas. Todo esto ocurre al tiempo que Estados Unidos ha retraído las regulaciones e incentivos al sector durante la pasada administración de Donald Trump, lo que desaceleró el impulso que mostraba su industria.

China es el líder mundial con 39 000 vehículos de carga en 2020, 35 000 vehículos eléctricos de batería (BEV, por sus siglas en inglés) y 4000 vehículos híbridos enchufables (PHEV, por sus siglas en inglés), seguido de Europa, con 37 000, 36 000 BEV y 1000 PHEV. El stock de vehículos pesados (HDVs, por sus siglas en inglés) utilizados para reparto de larga distancia es más limitado, con 31 000 unidades a nivel global. Los registros mundiales de HDV eléctrico fueron de 7400 en 2020, donde 6700 de las nuevas inscripciones fueron en China, un 10 % más que el año anterior. Las matriculaciones de HDV eléctrico en Europa aumentaron un 23 %, a unos 450 vehículos, y en Estados Unidos aumentaron a 240 vehículos. Sin embargo, los camiones eléctricos siguen por debajo del 1 % de las ventas en ambas regiones (IEA, 2021).

Actualmente, por las condiciones se observa que el mercado es limitado, pero, dada la tendencia de electrificación del transporte, más empresas empiezan a presentar modelos. Existen tres factores que lideran la transición a flotas eléctricas de vehículos comerciales (McKinsey, 2017):

1. Costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) competitivo comparado con las alternativas de diésel. El TCO juega un rol más importante en las consideraciones de compra de vehículos comerciales debido al mayor foco en costos de estos compradores. Las tecnologías de bajas emisiones comienzan a ser atractivas al alcanzar la paridad con diésel. Sin embargo, esta paridad dependerá de las diferentes aplicaciones y clasificación de peso de los vehículos (ver sección 3.2.1).

2. La tecnología y la infraestructura de vehículos eléctricos (EV) se vuelven cada vez más competitivas y existe una mayor penetración de éstas (ver sección 3.2.1) (T&E, 2020).

3. Entorno reglamentario favorable que facilita la adopción de tecnologías de bajas emisiones, como las regulaciones de emisiones a nivel de país (por ejemplo, objetivos de dióxido de carbono para las flotas) y las políticas de acceso local (por ejemplo, zonas libres de emisiones). La sección 5 abordará este punto en mayor detalle.

3.2.Tipos de vehículos y tecnologías de descarbonización

Esta sección analiza las oportunidades de electrificación para vehículos según su tipo de uso: **reparto urbano, regional y de larga distancia**. La Tabla 1-1 presenta una matriz con un mapeo del tipo de vehículo según su categoría de peso y su uso, puesto que las tecnologías más adecuadas en cada caso podrán depender de uno o los dos factores. A lo largo de esta sección se utilizan los diferentes criterios de clasificación (por uso o por peso).

Si bien el estudio considera diferentes tipos de vehículo y las tecnologías de bajas emisiones disponibles para cada uno, éste se centra en los vehículos de batería eléctrica de reparto urbano (última milla) debido a su predominancia en México.

Tabla 3-1. Matriz para el mapeo de tipos de vehículo (según uso y peso) y tecnologías disponibles

Criterio	Reparto urbano	Reparto regional	Reparto de larga distancia
Tipo de uso	Urbano (~100 km)	Regional (~200 km)	Larga distancia (~500 km)
Peso*	LDV (3,5 – 7,5 toneladas)	MDV (7,5 – 16 toneladas)	HDV (>16 toneladas)
Tecnología de cero/bajas emisiones	BEV / PHEV / FCEV	BEV / PHEV / FCEV / FC-REEV / ERS	BEV / PHEV / FCEV / FC-REEV / ERS

Fuente: Elaboración propia. Notas: LDV: Vehículo ligero, MDV: Vehículo de peso medio, HDV: Vehículo pesado, BEV: Vehículo eléctrico de baterías, PHEV: Vehículo eléctrico híbrido enchufable, FCEV: Vehículo eléctrico con pilas de combustible de hidrógeno, FC-REEV: Vehículo eléctrico de rango extendido con pilas de combustible de hidrógeno, ERS: Vehículo eléctrico cargado por catenaria o sistema de carretera electrificada. *Categorías de peso utilizando definición europea.

3.2.1.Vehículos de reparto urbano y regional

El proceso de distribución de mercancías encuentra su punto más crítico en la última milla de la cadena de suministro, donde se presentan las decisiones más difíciles y donde, adicionalmente, se evidencian los mayores costos por unidad de tiempo y distancia (Ambram, 2017). Es en la última etapa cuando pueden surgir mayor cantidad de detalles que afectan la calidad del servicio suministrado, cuando las alternativas de *routing* son más amplias y cuando la interacción con el cliente final complejiza el proceso de reparto. El uso de vehículos eléctricos de diferentes características según el tipo de reparto puede reducir las externalidades que hemos enumerado para esta actividad, tal como se ha demostrado en ciudades europeas como París, Londres y Viena (Conway, Fatisson, Meyer *et al.*, 2012).

Los elementos clave en la evaluación de los costos de equilibrio para los camiones y furgonetas incluyen el diferencial de TCO entre el diésel y la electricidad, el kilometraje anual (que varía entre los camiones utilizados para la entrega urbana, los traslados regionales y los de larga distancia) y el rango eléctrico (ITF, 2021b). A medida que los costos de las baterías continúan disminuyendo, los vehículos de reparto urbano se vuelven más competitivos.

Los vehículos de última milla, es decir, aquellos que se utilizan para la entrega final de bienes a consumidores o negocios, son el mejor candidato para la electrificación temprana de los vehículos comerciales (ITF, 2020); es decir, aquellos enfocados en la entrega de paquetería o servicios, con gran auge durante la pandemia, y que incluyen las entregas de alimentos a domicilio. Estos vehículos tienen un alto kilometraje anual, por lo que los ahorros debidos a mejores costos de combustible compensan la prima de precio de los modelos eléctricos con relativa rapidez. Su distancia diaria de conducción suele ser inferior a 200 km y no varía entre días, lo que permite optimizar la capacidad de la batería y no requiere recarga durante el funcionamiento. Los vehículos pueden cargarse durante la noche utilizando cargadores lentos en el depósito de vehículos, y esto reduce los costos generales, gracias a los bajos costos tanto de electricidad en los horarios nocturnos y de equipo para cargadores lentos.

Si bien existen otras tecnologías de descarbonización que podrían utilizarse en el transporte de entregas urbanas y regionales, las furgonetas y camiones eléctricos de batería se consideran actualmente la solución más prometedora para descarbonizar este tipo de transporte (T&E, 2020). De hecho, se espera que los vehículos de reparto regional, que regresan al depósito durante la noche y viajan un máximo de 300 km a 400 km por día, se electrifiquen a un ritmo rápido, dados sus beneficios económicos y ambientales (T&E, 2020).

Según un estudio, al observar las diferentes clases de peso podemos identificar una distancia de conducción diaria óptima que establece la paridad de TCO para camiones eléctricos y de diésel (McKinsey, 2017)[1]. La paridad ocurre cuanto más próximo se encuentre el operador de una distancia recorrida de 200 kilómetros al día. Este punto óptimo de operación significa que la batería es lo suficientemente grande como para permitir un funcionamiento eficiente sin demasiadas recargas, al tiempo que garantiza una distancia anual suficiente para beneficiarse del menor costo por kilómetro. Al mismo tiempo, la batería sigue siendo lo suficientemente pequeña

1 Sin embargo, tres supuestos afectan a la paridad del TCO: el desarrollo de eficiencias de combustible y electricidad para las tecnologías ICE o BEV, el costo de las baterías y el costo del combustible y la electricidad. Además, nuestro análisis muestra que el punto de equilibrio del TCO de las aplicaciones urbanas es más sensible a los cambios en las suposiciones que a las aplicaciones de larga distancia.

como para limitar los gastos de capital iniciales. Este efecto es más fuerte donde la diferencia entre los precios de la electricidad y el diésel es alta, como en la Unión Europea, donde los impuestos sobre los combustibles son altos, lo que resulta en un alto diferencial con los precios de la electricidad. En Estados Unidos, los precios del combustible y la electricidad son más bajos, al igual que el diferencial absoluto entre los mismos.

La paridad para aplicaciones urbanas ligeras es sensible a cambios menores en el caso de uso. El camión promedio del segmento LDV podría alcanzar el punto de equilibrio en 2021 al modificar ligeramente las características del caso de uso (por ejemplo, utilizando una batería más pequeña, recargando durante la operación o asumiendo una mayor eficiencia energética debido a la calefacción deshabilitada para la entrega de paquetes urbanos).

Las principales empresas de logística se han comprometido a electrificar sus operaciones de LDV en los próximos años y han comenzado a adquirir camiones y furgonetas eléctricas. El atractivo de los vehículos eléctricos para la logística se expresa también en la voluntad de los principales operadores de establecer alianzas con los fabricantes para diseñar y construir vehículos eléctricos para reparto urbano y regional (ITF, 2020). Los ejemplos incluyen Amazon y UPS, que han ordenado un gran número de camiones y furgonetas eléctricas personalizadas de las nuevas empresas fabricantes de vehículos Rivian y Arrival, así como también invirtieron respectivamente en dichas compañías.

Se pueden encontrar otros ejemplos de iniciativas en curso de la campaña EV100 del Grupo Climático, que se comprometieron colectivamente a electrificar más de 4.8 millones de vehículos ligeros en todo el mundo para 2030[2]. La electrificación de flotas de empresas también cuenta con el apoyo del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible y de la red Zero Emissions Urban Fleets (ZEUF) del Foro Económico Mundial (ITF, 2020). Otro programa que promueve la electrificación de flotas en el sector privado es la Alianza Corporativa de Vehículos Eléctricos de Ceres, una iniciativa para inversores orientados a la sostenibilidad con un enfoque en Estados Unidos.

Los requisitos para la carga de camiones eléctricos de reparto urbano y regional deben adaptarse a sus necesidades específicas, que incluyen: carga de depósito, carga de destino (infraestructura compartida en el centro de distribución o centro logístico durante la carga y descarga de mercadería) y carga pública. Se estima que alrededor del 80 % de la energía recargada por los camiones eléctricos se entregará mientras se carga en el depósito de origen, mientras que la carga en destino cubre el 15 % de la energía total, y la carga pública alrededor del 5 % (según *benchmarking* europeo) (T&E, 2020).

Las alternativas de hidrógeno (FCEV/FC-REEV) son menos atractivas para este tipo de camiones, puesto que la tecnología del vehículo y la infraestructura de distribución de hidrógeno están mucho menos desarrolladas. Por esto, los costos de desarrollo en este campo serían muy altos a corto plazo, mientras que los beneficios de usar hidrógeno como forma de almacenar energía (menor peso y volumen) son menores respecto a los vehículos pesados y de larga distancia.

2 About EV100 | Climate Group (theclimategroup.org)

3.2.2. Vehículos de reparto de larga distancia

Nuevas reducciones de costos y mejoras técnicas ampliarán el alcance de la electrificación rentable para vehículos de reparto de larga distancia. Los vehículos pesados utilizados para reparto de larga distancia tienen una serie de posibles ventajas en comparación con los ligeros y medianos habituales para reparto urbano y regional. Estos son bienes de capital muy utilizados y con mayor costo operativo que de capital, por lo que son buenos candidatos para beneficiarse de tecnologías con bajos costos operativos. Tal es probablemente el caso de la electrificación directa, si se pueden maximizar los niveles de utilización de los cargadores.

Los camiones de larga distancia alcanzan una mayor proporción de viajes en las carreteras principales con alto tráfico de vehículos en comparación con los vehículos ligeros. Considerando el caso europeo, en la mayoría de las regiones, el 20 % más transitado de las carreteras principales representa aproximadamente el 80 % de los viajes de HDV. Esto significa que se necesitaría un número menor de estaciones de carga de vehículos para atender los requisitos de vehículos pesados de larga distancia, aunque tendrían que ser más grandes en tamaño, lo que requeriría consideración de las redes eléctricas locales.

Sin embargo, más allá de estas ventajas, los camiones de reparto de larga distancia siguen siendo un modo de transporte relativamente difícil de electrificar en comparación con los vehículos más ligeros usados para reparto urbano o regional, debido a sus requisitos operativos. Esto ocurre porque los rangos de larga distancia aumentan los requisitos de capacidad de la batería y la inversión inicial asociada, incluso si la proporción de los costos de la batería por unidad de carga es menor. Debido a que los camiones eléctricos de larga distancia no pueden depender completamente de la carga nocturna en depósitos, requieren el despliegue de una infraestructura de red y carga de alta potencia intensiva en capital para tener acceso a energía baja en carbono. La carga regular de alta potencia también puede reducir la longevidad de la batería. A su vez, para ser económicamente viable, la infraestructura de carga intensiva en capital requiere un modelo de negocio sólido para recuperar costos y reducir los riesgos de inversión (ITF, 2021b).

Al igual que con otros BEV, la adopción de camiones BEV de larga distancia requiere el despliegue de la infraestructura de carga, cuya naturaleza depende de las características técnicas y los requisitos operativos de los camiones de larga distancia, y estos podrían necesitar la carga en ruta, lo que aumentaría los tiempos de viaje debido al tiempo insumido en la recarga. La integración de los periodos de carga del vehículo con los de descanso del conductor (tal vez asistidos por medio de tecnologías de planificación digital) puede ser una solución potencial para gestionar los requisitos de largo alcance con aumentos limitados en el tiempo de viaje (incluso si algunos pueden ser inevitables).

Otras soluciones potenciales incluyen el intercambio de baterías, que puede ayudar a abordar varios de los desafíos descritos anteriormente. Los cargadores de alta potencia son importantes en este contexto porque minimizarían los tiempos de recarga con un trabajo en curso, sobre la estandarización de soluciones con una potencia nominal de 1 MW o más (ITF, 2020).

Alternativamente, los vehículos podrían recargarse utilizando menor potencia (comparable con cargadores rápidos para automóviles) y cargadores nocturnos en depósitos de vehículos

o a lo largo de autopistas. Los cargadores de alta potencia son más caros que las opciones de baja, lo que requiere actualizaciones significativas de la red; esto podría dar lugar a mayores costos de electricidad (dependiendo de la utilización y el potencial de estructuras de tarifas por tiempo de uso). Los cargadores de alta potencia tienen un costo estimado de USD 350 000, aunque poseen el potencial de disminuir considerablemente por establecimiento para cada cargador adicional (ITF, 2021b).

Los sistemas eléctricos de carreteras (ERS) también ofrecen oportunidades para abordar las preocupaciones de alcance de los camiones eléctricos al tiempo que limitan la capacidad de batería requerida (lo que reduce los costos de compra de camiones BEV) (T&E, 2020). Por lo tanto, las altas tasas de utilización de la infraestructura ERS podrían ayudar a garantizar que la electrificación de camiones pesados para reparto de larga distancia se lleve a cabo de una manera menos dependiente de los materiales de la batería, al tiempo que mantiene una alta eficiencia energética.

Para estos vehículos, el hidrógeno (FCEV o FC-REEV) se plantea como una opción tecnológica potencialmente viable, aunque algunas investigaciones consideran que no está probada. Los vehículos de hidrógeno requieren potencialmente menos cambios de comportamiento por parte de los consumidores, porque sus tiempos de repostaje y rangos de vehículos son similares a los de los vehículos convencionales. En vehículos pesados, donde la cantidad de viajes a lo largo del ciclo de vida de una unidad es más alta en relación con un vehículo liviano, las reducciones en los costos del hidrógeno entregado en las estaciones de reabastecimiento de combustible multiplican su impacto a lo largo de un mayor número de viajes. Esto también sucede con las reducciones de costo de la pila de combustible y el tanque de almacenamiento.

3.3. Tendencias globales de electromovilidad

Con ciclos de desarrollo y de vida de productos que alcanzan más de diez años en algunos segmentos, tomará algún tiempo que la industria comience a ofrecer una gran cartera de camiones eléctricos. El segmento de LDV es el foco de los anuncios actuales de lanzamiento de productos, donde las similitudes tecnológicas con los automóviles de pasajeros son más altas (McKinsey, 2017).

Varios fabricantes de camiones y furgonetas han apostado por los vehículos eléctricos de batería como el futuro para las entregas urbanas y regionales. Se espera que la autonomía de los camiones eléctricos y furgonetas de la generación actual en el mundo real aumente hasta 400 o 500 km en los próximos años, y que el peso bruto llegue al segmento de 44 toneladas. Por ejemplo, Nikola Motors ha anunciado que comenzará a producir el primer camión eléctrico de batería de larga distancia en Europa a partir de 2021 en una empresa conjunta con Iveco (alcance de hasta 400 km) (T&E, 2020). Sin embargo, los vehículos HDV utilizados para reparto de larga distancia aún no han logrado un TCO competitivo; la penetración de alternativas eléctricas en vehículos pesados para reparto de larga distancia será más lento al alcanzar paridad con alternativas de diésel para 2023-2031 (McKinsey, 2017).

Fabricantes europeos agrupados bajo la asociación ACEA (Daimler, Scania, Man, Volvo, DAF, Iveco and Ford) se comprometieron en 2020 a que todos los camiones vendidos en 2040 sean libres de combustible fósil con el fin de alcanzar los objetivos climáticos en 2050[3]. Siguiendo

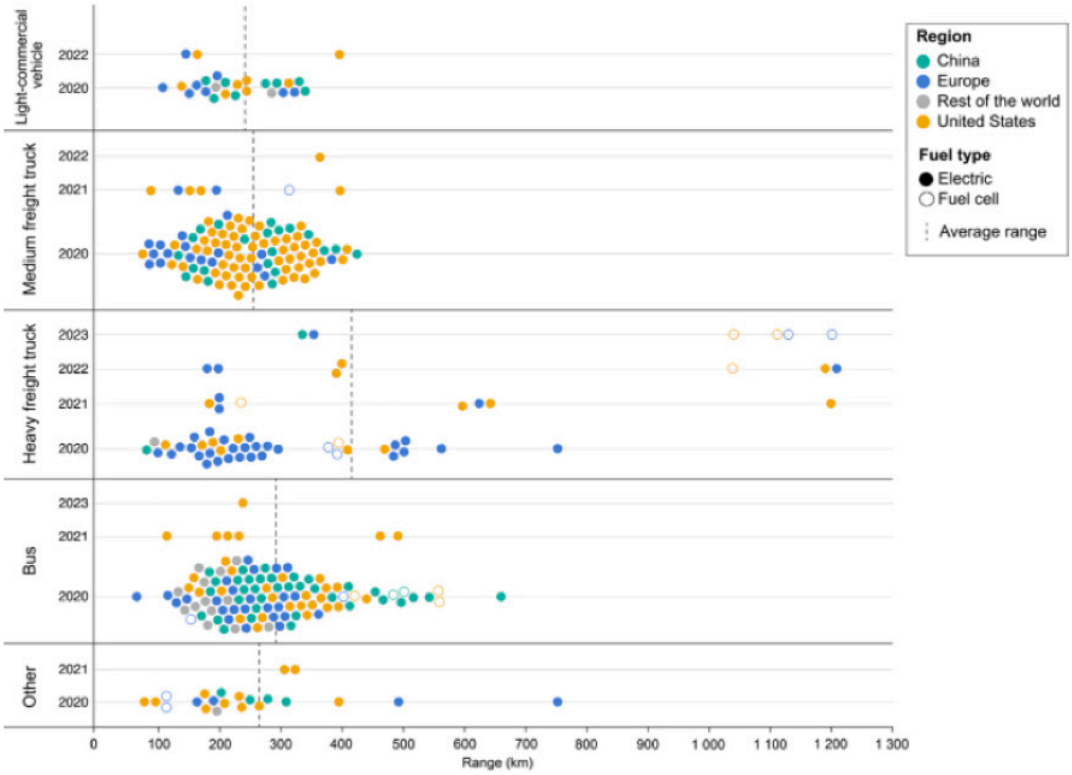
3 https://www.acea.auto/press-release/all-new-trucks-sold-must-be-fossil-free-by-2040-agree-truck-makers-and-climate-researchers/

este compromiso, numerosos fabricantes han anunciado pruebas y pilotos para los siguientes años con camiones eléctricos y de hidrógeno.

Curiosamente, hay un número creciente de anuncios de modelos en el segmento HDV para los cuales la paridad de TCO para el usuario promedio se alcanza alrededor de 2030, con casos de uso beneficiosos a partir de 2023 (McKinsey, 2017).

La Figura 3-1 presenta los modelos actuales y anunciados de camiones eléctricos y de hidrógeno por tipo de vehículo. Como puede observarse, los tipos de HDV de bajas emisiones se expanden y el rango de conducción se alarga. La oferta de modelos de hidrógeno es significativamente menor para todos los tipos de vehículos, en todas las regiones.

Figura 3-1. Modelos de camiones eléctricos y de hidrógeno actuales y anunciados por segmento, año de lanzamiento y tren motriz en los principales mercados, 2020-2023



Fuente: (IEA, 2021)

En línea con un TCO competitivo y el mayor número de modelos disponibles, se estiman tendencias muy positivas en la penetración de la electromovilidad de transporte de reparto. Según un estudio reciente de la ICCT (2020), se espera que para 2050 los camiones ligeros eléctricos (utilizados para el reparto urbano) representen el 69 % del stock mundial (87 % de las nuevas ventas de LDV); los camiones eléctricos medianos (utilizados para el reparto regional) representarán el 42 % del stock mundial (60 % de las nuevas ventas de MDV); y los camiones pesados eléctricos (utilizados para larga distancia) representarán el 29 % del stock mundial (44 % de las nuevas ventas de HDV) (ICCT, 2020).

4

Beneficios de la electromovilidad

4. Beneficios de la electromovilidad

4.1.Emisiones de gases efecto invernadero (GEI)

El autotransporte en México (pasajeros y cargas) emitió 161.6 millones de toneladas de CO_2e, incluyendo CO_2, CH_4 y N_2O en 2018[4] (aproximadamente un 25 % de las emisiones totales de México). El autotransporte de carga representa aproximadamente un 40 % de las emisiones del transporte por carretera (INECC, 2018) en México[5]. A nivel global, los vehículos de transporte pesado representan únicamente un 9 % de la flota de vehículos por carretera, pero constituyen un 17 % de la actividad (en veh-km recorridos) y un 39 % de las emisiones de GEI (ICCT, 2017).

Hay un amplio consenso a nivel internacional sobre la necesidad de introducir vehículos eléctricos en el transporte de cargas por carretera para alcanzar los objetivos climáticos globales (ITF, 2021). En el caso de México, el compromiso de reducir las emisiones de GEI un 22 % respecto a la línea base para 2030, según la Contribución Determinada a nivel Nacional 2020 (Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020), hace necesario el aporte del sector del autotransporte de cargas a dicha reducción. El aumento previsto en la actividad del transporte de carga a nivel global requiere una reducción drástica de la intensidad de carbono de los vehículos de carga con una transición progresiva a la electromovilidad si se quieren alcanzar los objetivos.

Las diferentes tecnologías de electromovilidad (descritas en la sección 3.2) ofrecen reducciones significativas en cuanto a emisiones de GEI. Sin embargo, una comparativa rigurosa de los beneficios de emisiones de GEI respecto a la tecnología diésel actual tiene que considerar el conjunto del ciclo de vida de los vehículos. De esta forma, se asegura que dichas tecnologías ofrecen beneficios de la reducción de estas emisiones, tomando en cuenta el impacto global de éstas. La evaluación de emisiones del ciclo de vida incluye el proceso de fabricación de los diferentes componentes del vehículo (*cradle-to-grave*), la generación de la energía (*well-to-tank*), la operación (emisiones de escape o *tank-to-wheel*), el mantenimiento de los vehículos y los procesos de fin de vida de componentes (por ejemplo, eliminación de residuos, reúso o reciclaje y posible recuperación de energía).

El estudio liderado por Ricardo para la Comisión Europea (Ricardo, E4tech, ifeu, 2020) ofrece una revisión completa y actualizada de los factores de emisiones (gCO_2e/tkm) para vehículos ligeros y pesados en la Unión Europea desde una perspectiva del ciclo de vida completo de los vehículos.

Las Tablas 3-1, 3-2 y 3-3 detallan las reducciones de emisiones de GEI de diferentes tecnologías respecto al motor de combustión de diésel para furgonetas, camiones rígidos y camiones articulados, respectivamente. Los resultados ofrecen una visión de las emisiones de GEI para el ciclo de vida completo de los vehículos en 2020 y según la evolución esperada de la tecnología en 2030 y 2050. Los factores de emisiones se expresan en términos de gramos CO_2e por tonelada y kilómetro.

4 INECC, Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI).
5 Para más detalles sobre emisiones de GEI en el transporte de carga en México, ver el informe de la Actividad 2.

En furgonetas (Tabla 3-1), los vehículos de baterías (BEV) ofrecen una reducción neta de emisiones de GEI de entre 52 % y 62 %, mientras que otras tecnologías presentan reducciones menores. Por su uso en repartos urbanos, la tecnología de híbrido enchufable (PHEV) ofrece también reducciones netas considerables en furgonetas del orden del 40 % respecto al diésel convencional.

De forma similar, los vehículos eléctricos con baterías representarían también la tecnología más eficaz para reducir emisiones de GEI en camiones rígidos y articulados (Tablas 3-2 y 3-3), si bien, en este caso, la tecnología basada en pilas de combustible de hidrógeno (FCEV o FC-REEV) también ofrecería reducciones netas significativas a largo plazo. Los vehículos de baterías reducen las emisiones netas de GEI un 50 % ya en 2020, con reducciones de mayor orden (70-95 %) en 2030-2050. Por su lado, la tecnología de pilas de combustible de hidrógeno permite reducciones muy discretas en 2020, pero sus beneficios se verían en 2030-2050 con reducciones ya del orden del 50-90 %.

Tabla 4-1. Beneficios en furgonetas en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050

Tecnología	Emisiones GEI (gCO_2e/tkm) (*)	Reducción respecto a diésel
2020		
Diésel	322	-
PHEV	197	-39 %
BEV	156	-52 %
FCEV	250	-22 %
2030		
Diesel	279	-
PHEV	155	-44 %
BEV	109	-61 %
FCEV	198	-29 %
2050		
Diesel	177	-
PHEV	95	-46 %
BEV	68	-62 %
FCEV	91	-49 %

Fuente: (Ricardo, E4tech, ifeu, 2020). Notas: (*) Emisiones de GEI incluyen producción de componentes del vehículo, producción de fuentes de energía, operación del vehículo (emisiones de escape), mantenimiento y procesos de final de vida

Tabla 4-2. Beneficios en camiones rígidos en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050

Tecnología	Emisiones GEI (gCO_2e/tkm) (*)	Reducción respecto a diésel
2020		
Diésel	367	-
PHEV	359	-2 %
BEV	189	-49 %
FC-REEV	292	-20 %
2030		
Diesel	320	-
PHEV	257	-20 %
BEV	105	-67 %
FC-REEV	168	-48 %
2050		
Diesel	178	-
PHEV	139	-21 %
BEV	35	-80 %
FC-REEV	50	-72 %

Fuente: (Ricardo, E4tech, ifeu, 2020). Notas: (*) Emisiones de GEI incluyen producción de componentes del vehículo, producción de fuentes de energía, operación del vehículo (emisiones de escape), mantenimiento y procesos de final de vida

Tabla 4-3. Beneficios en camiones articulados en cuanto a emisiones de GEI para el ciclo de vida completo del vehículo según tecnologías de electromovilidad en 2020, 2030 y 2050

Tecnología	Emisiones GEI (gCO_2e/ tkm) (*)	Reducción respecto a diésel
2020		
Diésel	188	-
PHEV	129	-31 %
BEV	95	-49 %
FC-REEV	113	-40 %
2030		
Diesel	142	-
PHEV	103	-27 %
BEV	41	-71 %
FC-REEV	81	-43 %
2050		
Diesel	84	-
PHEV	51	-71 %
BEV	13	-93 %
FC-REEV	19	-89 %

Fuente: (Ricardo, E4tech, ifeu, 2020). Notas: (*) Emisiones de GEI incluyen producción de componentes del vehículo, producción de fuentes de energía, operación del vehículo (emisiones de escape), mantenimiento y procesos de final de vida

Los resultados anteriores muestran que el factor de emisiones de los vehículos de baterías desciende claramente en 2030 y 2050 a medida que la generación de energía eléctrica también se descarboniza. Este principio aplica también a la generación de hidrógeno a medida que se transita hacia hidrógeno verde, producido con energía eléctrica renovable.

Habría que matizar los resultados anteriores tomando en cuenta la diferencia en las emisiones de GEI por producción de electricidad en México respecto a la media de la Unión Europea. Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México en 2020, el factor de emisión eléctrico del Sistema Eléctrico Nacional es de 0.494 tCO_2e / MWh, mientras que en la Unión Europea es de 0.255 tCO_2e / MWh con una elevada variabilidad entre países. En este sentido, las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica (*well-to-tank*) en México para vehículos serían superiores.

Asimismo, hay que considerar que el factor de emisiones de diésel también es mayor en México respecto a la UE, ya que la flota tiende a ser más antigua y no se dispone de regulación de emisiones en vehículos de carga. Por lo tanto, la reducción de emisiones de GEI en vehículos eléctricos respecto al diésel convencional sería aún significativa.

4.2.Beneficios en calidad del aire

La polución atmosférica es un problema importante de salud en ciudades mexicanas. Una evaluación para el año 2016[6] sobre partículas suspendidas y ozono en veinte Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire, distribuida en 17 entidades federativas mexicanas, permitió identificar que los límites normados para protección de la salud se cumplieron en muy pocas localidades: los límites de ozono (NOM-020-SSA1-2014) sólo se cumplieron en Mexicali y Mérida; los de PM10 (NOM-025-SSA1-2014), en Tulancingo y Zapotlán; y los de PM2.5 (NOM-025-SSA1-2014), en ninguna ciudad.

Los vehículos de carga representan una proporción importante de las emisiones de contaminantes atmosféricos asociados al transporte por carretera. Por ejemplo, un 45 % de las emisiones de NOx y un 73 % de las emisiones de PM2.5 se atribuyen al transporte de cargas (INECC, 2018)[7]. Por este motivo, la reducción de los contaminantes atmosféricos es también un beneficio claro de la progresiva adopción de la electromovilidad en logística, sobre todo en ámbitos urbanos.

Los vehículos eléctricos con batería y los vehículos con pilas de combustible de hidrógeno no emiten contaminantes relacionados con la quema de combustible en los lugares donde operan, por lo que contribuirían de manera significativa a la calidad del aire en ámbitos urbanos. Solamente contribuyen a emisiones que no son de escape, por ejemplo, las correspondientes al sistema de frenado. En estos casos, las emisiones contaminantes estarían básicamente asociadas a la producción de componentes del vehículo o la generación de energía, pero estas actividades normalmente se emplazan en zonas rurales con una menor exposición de la población a la contaminación atmosférica.

4.3.Beneficios en niveles de ruido

El ruido es también un problema medioambiental importante en zonas urbanas. Los problemas de ruido se asocian en gran parte con el autotransporte y, en particular, con los vehículos pesados. La reducción del ruido de vehículos es otro beneficio colateral de la transición a la electromovilidad.

Un estudio reciente a nivel europeo (Pallas *et al*., 2016) compara los niveles de ruido de un vehículo eléctrico ligero respecto a un vehículo de motor de combustión diésel para diferentes velocidades. Se concluye que para velocidades alrededor de 20 km/h, los vehículos eléctricos suponen una reducción de unos 5 db(A) por el menor ruido del sistema de propulsión. En velocidades alrededor de los 50 km/h, la reducción sería de 1 dB(A), debido a la mayor importancia del ruido de rodadura respecto al de propulsión. En velocidades más altas típicas de vías interurbanas (alrededor de 90 km/h), la reducción del ruido se estima en 0.5 dB(A).

Se extrae de estos resultados que los beneficios se darían esencialmente en la adopción de vehículos eléctricos en repartos urbanos debido a la mayor reducción de ruido en velocidades bajas y por la mayor exposición de la población en estos ámbitos.

6 https://www.gob.mx/inecc/es/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es

7 Ver documento de la Actividad 2 para información más detallada sobre emisiones contaminantes de los vehículos de carga en México.

5

Principales oportunidades y retos

5. Principales oportunidades y retos

El cambio hacia la electromovilidad es una tendencia en ascenso sostenida por los planes de movilidad de los países que lideran la transición climática. A medida que se despliegan más incentivos y regulaciones desde los diferentes estamentos del Estado, mayor es la velocidad de adopción. Las señales de la política pública a la industria podrían contribuir en un corto tiempo al aumentar la escala y reducir los costos de producción por unidad. Algo similar podría suceder con la infraestructura de carga.

La velocidad del progreso tecnológico es un *driver* importante para el transporte de reparto. Los avances que permiten el transporte de bajas emisiones para camiones pesados de larga distancia (eléctricos o de hidrógeno) se multiplican en ensayos experimentales financiados por *stakeholders* de diferentes sectores, y exhiben cada vez más la participación creciente de alianzas entre el sector público y privado.

El desarrollo de baterías, infraestructura de recarga y distribución y vehículos aún no han madurado hasta el punto de tener soluciones comerciales fácilmente disponibles para su adopción generalizada (ITF, 2021). Pocos transportistas invertirán en flotas bajas en carbono si tienen que pagar más que por los vehículos convencionales. No obstante, en diferentes investigaciones realizadas en vehículos ligeros se comprueba un ahorro sustantivo en el costo de combustible/energía. Por ejemplo, Raghavan y Tal (2021) encuentran que la ratio entre el costo de combustible/energía de un vehículo de combustión interna frente a uno eléctrico en Estados Unidos oscila entre 1.4 y 3.6 dependiendo de la ubicación geográfica y características del uso.

Quak *et al*. (2016) también afirman que los costos operativos de los eléctricos son más bajos (aunque sin precisar en qué magnitud) y mencionan, adicionalmente, costos de mantenimiento regular entre 20 y 30 % inferiores. Sin embargo, señalan que en caso de averías en la flota eléctrica, los costos de reparación pueden llegar a ser muy superiores a los del arreglo de un vehículo de combustión.

Debido a la novedad, pueden presentarse costos adicionales para la instalación de equipos de acondicionamiento/calefacción de los vehículos y en la formación de los conductores, que podrían contrarrestarse gracias al descenso en los costos operativos, y por incentivos económicos específicos por parte de los gobiernos como subsidios a la compra, esquemas impositivos favorables, exención de tarifas de aparcamiento, entre otros.

Liu, Song, Kubal *et al.* (2021) compararon los diferentes costos iniciales y operativos de diversos modelos de vehículos eléctricos de dimensión y peso variables. Concluyeron, con base en su muestra, que el ahorro en costos operativos de los vehículos eléctricos de batería oscila en un rango de entre 316 y 1090 dólares anuales. Este margen se ampliará en la medida en que otros costos propios del transporte alternativo sean paulatinamente eliminados. Los autores concluyen que la amortización de la diferencia entre el eléctrico y el de combustión se alcanza antes en los modelos livianos y cuanto menor sea el rango de conducción del vehículo. Específicamente, un vehículo con un rango de conducción por debajo de 200 millas alcanza la paridad de costo total con un vehículo de motor de combustión interna en 8 años o menos.

Al mismo tiempo, los costos de la batería eléctrica están sin duda disminuyendo, principalmente como resultado de avances tecnológicos en el desarrollo de las baterías, pero también porque el costo está asociado con el crecimiento del mercado de vehículos, en la medida en que mayores cantidades producidas implican menores desembolsos por unidad. Según los investigadores Deng *et al.* (2020), el costo de la batería ha mostrado una reducción significativa desde la primera producción de gran volumen de vehículos eléctricos: aproximadamente de 200 dólares/kWh por equipo. Hoy en día, para ser competitivos contra los vehículos de combustión interna, se aspira a tener un equipo de batería con un costo de 125 dólares/kWh y celdas con un costo de 100 dólares/kWh.

El movimiento hacia la producción más económica de baterías consiste fundamentalmente en la utilización de materiales de alta densidad energética, de tal forma que se requiera una menor cantidad de éstos para el mismo rendimiento. Al mismo tiempo, también están reduciendo de los costos asociados a la producción de las celdas, lo cual mejora el procesamiento involucrado.

Dados estos avances en los procesos industriales para reducir los costos de las baterías, las empresas automotrices empiezan a aventurarse en líneas económicas, una tendencia que ya se comprueba en automóviles livianos y que de a poco se trasladará a los vehículos pesados. Un ejemplo es la empresa Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO), que en junio de este año comenzó a fabricar un camión de reparto enteramente eléctrico en la ciudad brasileña de Resende. Es el primero de su tipo fabricado en Sudamérica. El plan de la firma es ampliar la producción y alcanzar entre 1000 y 3000 unidades por año. Adicionalmente, debe señalarse que la diferencia de precios de adquisición surge en parte porque las externalidades negativas como las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático no se reflejan en el precio de los vehículos convencionales.

La infraestructura de recarga es un punto sobre el que se está avanzando para la adopción de camiones eléctricos en la mayoría de los países latinoamericanos. En general, se requerirá infraestructura en los depósitos para permitir la recarga cuando los camiones eléctricos no estén en uso (por ejemplo, durante la noche). La construcción de una infraestructura de apoyo requerirá inversiones por parte de los propietarios de vehículos y, potencialmente, también de los usuarios finales. La posibilidad de recargar electricidad mientras se carga o descarga mercadería podría impulsar una adopción más temprana. Esta operación tiene el potencial de reducir el costo en función de los requisitos de tamaño de batería más pequeños.

Dado que una de las mayores limitaciones para la competitividad y el atractivo de las soluciones eléctricas es el tiempo que tardan en recargarse, se están implementando o están en proceso de desarrollo varias configuraciones. La más presente es la introducción de estaciones de carga rápida. Los sistemas de mayor maduración, considerados de nivel 3, tienen la capacidad de entregar 50 kW en media hora (Channegowda *et al.*, 2015).

Uno de los temas que más atraviesan el debate público es cómo facilitar la recarga en funcionamiento evitando costosas y drásticas transformaciones en rutas y autopistas. Así, en la actualidad se desarrollan soluciones innovadoras especialmente pertinentes en vehículos pesados de largo alcance. Una consiste en plataformas de carga *wireless* (sin contacto) en zonas designadas de la carretera que permiten a los vehículos cargar electricidad mientras

circulan. Pero se requiere continuar trabajando en los equipos de *metering*, ya que una multitud de vehículos pasan próximos por la misma zona y es necesario identificar la cantidad de energía transmitida a cada unidad para su cobro. Este sistema de carga en movimiento tiene diferentes variantes, por ejemplo, el uso de una catenaria o de plataformas en la superficie. En relación con la primera, Siemens ya ha desarrollado un sistema de catenarias para camiones híbridos, que posee una línea aérea de contacto sobre una porción electrificada de la autopista, y que requiere la instalación de un conector en la parte superior de los camiones. Es una reinvención de una solución conocida, ya que se usan catenarias eléctricas en la alimentación de trenes, tranvías, *trolleys* y otras formas de movilidad masiva de pasajeros.

Pero, hoy en día, la industria avanza en el sentido de las soluciones más probadas y se inclina por los cargadores de transmisión rápida. Las aplicaciones de larga distancia (y parcialmente regionales) requerirán la carga en ruta, por ejemplo, en autopistas o áreas de descanso. Por un lado, el alto nivel de previsibilidad de las rutas de larga distancia permite una inversión concentrada en la infraestructura de carga. Los gobiernos y planificadores, en un trabajo colaborativo con las empresas, pueden identificar rutas clave y puntos de carga y priorizarlos para la inversión. El análisis muestra que, en las carreteras más transitadas, un punto de carga cada 80 a 100 kilómetros podría bastar para las primeras fases de la adopción de HDV. En este escenario, el gran número de puntos de carga podría no ser el factor limitante. Sin embargo, las empresas aún tienen que superar los desafíos técnicos asociados con las velocidades de carga rápidas que pueden coincidir con las oportunidades óptimas durante los descansos obligatorios del conductor.

Actualmente, las inversiones en infraestructura de recarga se centran principalmente en automóviles de pasajeros, y son resultado de los esfuerzos de empresas individuales, fabricantes de vehículos o consorcios (por ejemplo, el proyecto Ultra E) en Europa y los Estados Unidos, y de la red estatal en China. Si bien los segmentos LDV y MDV pueden aprovechar la infraestructura de carga de automóviles de pasajeros, serán necesarias importantes actualizaciones tecnológicas para cargar HDV de manera eficiente. Por ejemplo, la carga de un HDV con una batería cercana a los 1000 kilovatios-hora, un megacargador común (con una capacidad de carga promedio supuesta de 120 kilovatios) tomaría ocho horas (McKinsey, 2017).

A partir de lo observado en la experiencia internacional, es posible identificar la tendencia a desarrollar e instalar esta infraestructura mediante proyectos de participación público-privada o con alguna forma de asistencia estatal. Un ejemplo es el programa Moves 2020 y 2021 de España, que ofrece subvención a los privados para la instalación de puntos de carga. Esta ayuda se orienta tanto a la adquisición directa de equipos como a la preinstalación eléctrica en el caso de comunidades de propietarios de viviendas de propiedad horizontal. Para este plan se estableció un listado de usos a los que se destinan los sistemas de recarga subvencionados, privados y públicos. Entre ellos se destacan aquellos en zonas de estacionamiento, uso en vía pública, tanto en carreteras urbanas como interurbanas, y en la red de autopistas.

En una línea semejante, en Chile se ha favorecido la cooperación entre el sector público y el privado mediante el Acuerdo Público Privado para la Electromovilidad, que firmó en el 2018 el gobierno chileno con 38 empresas, gremios e instituciones de educación dedicadas a esta materia. En él se expone un compromiso para la instalación de puntos de recarga de

electricidad, y se enuncian objetivos para empresas como Copec, Enel X y Engie. A esto se sumó una resolución de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, que fijó un procedimiento administrativo para la puesta en servicio de la infraestructura de carga, el cual regulariza y da mayor seguridad al sistema. Gracias a esta resolución se debe declarar la instalación de nuevos cargadores, lo que permite recolectar información, verificar los estándares de los dispositivos y su fiscalización. Al mismo tiempo, la ubicación georreferenciada de los cargadores es útil para ofrecer esta información a los usuarios mediante plataformas digitales.

Sin embargo, un foco tradicional sobre el transporte de pasajeros en detrimento del de cargas está limitando la descarbonización de este último. Esto tiene implicaciones que incluyen la falta de monitoreo, datos e incluso herramientas metodológicas maduras para evaluar las políticas (ITF, 2021b).

6

Experiencias internacionales

6. Experiencias internacionales

En los últimos años, las políticas públicas en varios países de la zona OECD se han orientado hacia la promoción de la electromovilidad. Sin embargo, éstas tienen como foco principal el fomento a la producción y la difusión de vehículos eléctricos ligeros (automóviles) y para trasporte público (autobuses). La incertidumbre relacionada con las tecnologías y costos de adopción de vehículos pesados documentadas en este informe ha resultado en una parálisis legislativa sin objetivos claros para el sector de carga, tanto para productores como para proveedores de infraestructura. No obstante, destacamos algunas iniciativas regulatorias a nivel europeo nacional y local que pueden servir de ejemplo para México. A continuación, presentamos ejemplos de compromisos y acciones por parte de empresas y usuarios del sector.

6.1. Acción pública: herramientas y retos

Las políticas públicas y reglamentarias en este sector pueden estar dirigidas a diferentes aspectos que contribuyen al desarrollo del transporte eléctrico de cargas, como:

- Reglamentación de economías de combustible: normas que establecen un límite o una cuota de emisiones GEI por tipología de vehículo, por empresa manufacturera, etc.
- Incentivos a empresas/ciudadanos para la compra de vehículos eléctricos, como subsidios directos, reducción de impuestos, etc.
- Compromisos para reducir las emisiones en flotas de vehículos públicos, por ejemplo, la adopción de principios de *green procurement*
- Normas especiales que reducen los costos operativos de los vehículos eléctricos, como tarifas de aparcamiento o reducción de peajes en autopistas, zonas de bajas emisiones (ZBE) urbanas, etc.
- Inversión pública en redes de recarga y/o creación de programas de financiación público-privados para atraer inversionistas a este tipo de infraestructuras, incluso la creación de estándares y reglas claras sobre la definición de “inversión climática”
- Creación de programas I+D para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables al sector del transporte de mercancías

En temas de reglamentación de emisiones, se destaca el ejemplo de la **Unión Europea**. Con la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2019/1242[8], se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de CO_2 fijadas para 2025 y 2030 para vehículos pesados nuevos con una trayectoria de reducción de emisiones para los parques a nivel de la Unión. El Reglamento adopta un enfoque gradual, pero ofrece una señal clara a la industria para acelerar la introducción en el mercado de tecnologías eficientes desde el punto de vista energético, y de vehículos pesados de emisión cero y baja emisión. La regulación se aplica a camiones 4×2 y 6×2 con un

8 https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_it

peso bruto de más de 16 toneladas, lo que supone una reducción de las emisiones medias de CO_2 de los nuevos vehículos de un 15 % para 2025 y un 30 % para 2030, en comparación con el año de referencia que va de julio de 2019 a junio de 2020.

Esta medida se suma a las normas existentes para los vehículos comerciales de 3.5 toneladas (camionetas), cuyas emisiones están reguladas desde 2011 en Europa. Desde entonces, las emisiones para estos vehículos deben cumplir con los siguientes estándares (promedio por productor):

- Hacia 2020: 147 g/km de CO2 (medido con procedimiento NEDC)
- Hacia 2024: 147 g/km de CO2 (pero basado en metodología WLTP)
- 2025-2030: reducción de 15 % en relación con 2021
- 2030+: reducción de 31 % en relación con 2021

En otros países como **China** y **Estados Unidos** (aunque no en todos los estados), en los últimos años se han adoptado herramientas similares. **California** es el estado de EE. UU. con los objetivos de implementación más estricto, con una regulación llamada Camiones Limpios Avanzados de California, aprobada en 2020, y que tiene como objetivo, para el 2035, que el 55 % de las ventas de camiones ligeros y el 75 % de los camiones medianos y pesados sean de unidades cero emisiones. Además de introducir estos estándares, California implementó una medida para prohibir la venta de camionetas (ligeras) con motor a combustión a partir de 2035. Por su parte, en 2019, **Canadá** fue el primer país en unirse al Compromiso Drive to Zero, que exige que la mayoría de los vehículos comerciales nuevos sean cero emisiones para 2040. En julio 2021, el gobierno del **Reino Unido** ha presentado su intención de aprobar la misma medida para camionetas y camiones, pero a partir de 2040[9].

A pesar de los progresos a nivel estatal en Estados Unidos, se han generado contratiempos a nivel federal por la congelación por parte del gobierno de las normas sobre emisiones de gases de efecto invernadero en vehículos ligeros entre 2022 a 2025. Veinte estados consideran esta propuesta ilegal y han mostrado su disposición a cumplir con la actualización previamente declarada de las normas de consumo medio de combustible de las empresas.

Los incentivos a la compra de vehículos eléctricos para el transporte de carga y última milla no están tan desarrollados cuanto aquellos para automóviles. En algunos países europeos, como **Bélgica** y **Portugal**, los impuestos para vehículos comerciales bajan en función de sus emisiones de CO_2, lo que favorece la difusión de furgonetas eléctricas. En varias megalópolis en **China**, se han desarrollado programas de subsidios más generosos. Se resalta la experiencia de Shenzhen, que ha logrado incrementar el número de vehículos de logística eléctricos desde 300 en 2015 hasta más de 60 000 en 2018.

El caso de **Shenzhen** es interesante porque, una vez terminados los subsidios para la compra de vehículos en la década del 2010, el gobierno metropolitano introdujo un sistema de

9 https://www.gov.uk/government/news/government-publishes-worlds-first-greenprint-to-decarbonise-all-modes-of-domestic-transport-by-2050

subsidios para infraestructuras públicas de características únicas en el panorama global. Este sistema se basa en la concesión de subsidios para la construcción de puntos de recargas bajo un estricto número de criterios que los constructores deben cumplir, como la potencia mínima de las recargas y el sistema eléctrico (DC, más costoso). Se ofrecen también rebajas del precio de la electricidad para inversores que instalan un mínimo de 150 kW de capacidad, por lo menos dos o tres cargadores y tienen un contrato de propiedad o alquiler válido para los próximos tres años. Estos requisitos aseguran que la recarga rápida de vehículos comerciales se pueda efectuar. En conjunto, estas medidas introducidas en 2015 han fomentado la instalación de 30 000 megacargadores en la ciudad en 2019[10].

Otras herramientas a disposición del sector público pueden contribuir a la promoción de la electromovilidad. Instrumentos legales como la adopción de principios de *green procurement* pueden estimular a las administraciones públicas locales y empresas estatales a adoptar más vehículos eléctricos en flotas de utilitarios públicos como camiones de la basura y furgonetas de servicios penitenciarios. Un ejemplo de estas normas se encuentra en Copenhague, **Dinamarca**, en el marco del programa BuyZet[11].

En paralelo, normas de acceso a los centros urbanos como las zonas de bajas emisiones (ZBE) pueden ser eficaces en la reducción de los costos operativos de los vehículos eléctricos comparado con otras alternativas para la distribución de mercancías. En Londres, **Reino Unido**, la Low Emissions Zone (LEZ) cobra a los vehículos pesados más de £100 si no cumplen con los estándares de emisiones establecidos (desde marzo de 2021, el estándar mínimo es EURO VI para los vehículos de más de 3.5 toneladas). En **China**, varias ciudades limitan el aforo de vehículos pesados que no sean de bajas emisiones en función de la polución en zonas urbanas. En Milán, **Italia**, el esquema conocido como Área B no permite el acceso a vehículos pesados con altas emisiones entre las 7:30 y las 19:30 en días laborales.

6.2. Inversión privada: primeros pasos

Al igual que las inversiones públicas, el sector privado ha orientado sus primeros pasos hacia los vehículos ligeros y camionetas. Los consumidores en países con disponibilidad de incentivos para comprar coches eléctricos han respondido generalmente de manera positiva y los productores han ampliado la gama de vehículos de bajas emisiones disponibles en el mercado; en algunos países, como en Colombia, las ventas han incrementado un 140 % entre 2018 y 2020. Para vehículos pesados, según un reciente informe del Foro Internacional de Transportes (ITF), las agendas de descarbonización a nivel público y privado actuales implican una transición a la movilidad a bajas emisiones que comienza a cobrar fuerza, con la disponibilidad de tecnología acorde, notoriamente en la década del 2040[12].

Sin embargo, las evoluciones más recientes empiezan a incluir programas de I+D y el lanzamiento de los primeros vehículos pesados en la fase de comercialización. La inversión privada puede ser categorizada como sigue:

- Productores: programas de I+D; *targets* para la comercialización de vehículos eléctricos y cambios profundos en los procesos de manufactura

10 https://rmi.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2020/10/RMI_Charging-Volume_Putting-Electric-Logistics-Vehicles-To-Work_2020.pdf
11 http://www.buyzet.eu/core-cities/copenhagen/
12 https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cleaner-vehicles-technology-transition.pdf

- Empresas de transporte de carga: compromisos al corto y mediano plazo para la adquisición de vehículos de carga cero emisiones, programas de demostración

- Gestores de infraestructuras: programas de I+D para cargadores de alta potencia, desarrollo de infraestructura dedicada en las terminales de carga, en zonas urbanas o en carretera

En términos de experiencias operativas exitosas y que contribuyen a la demanda creciente de furgonetas eléctricas, destaca la inversión por parte de compañías de envío y distribución de paquetes, que típicamente utilizan flotas comerciales de vehículos de menos de 3.5 toneladas. En **Francia**, el grupo postal La Poste y en **Alemania**, Deutsche Post DHL empezaron a adquirir vehículos eléctricos en 2011 y 2014 respectivamente. Hoy día, La Poste cuenta con más de 7000 furgonetas eléctricas y DHL, con 10 000. Otros operadores en Europa, como Swiss Post, han invertido en vehículos eléctricos de tres ruedas, de los cuales hay, operativos en toda **Suiza**, más de 6000.

Otros tipos de empresas han experimentado con la introducción de vehículos eléctricos y ampliado inversiones tras concluir con éxito las pruebas de concepto. En su búsqueda de mejorar su gestión de flota y en concordancia con su política de sustentabilidad, Aguas Andinas, en **Chile**, desarrolló en 2016 un piloto de furgones eléctricos para evaluar el reemplazo de su flota operativa. Estos vehículos estuvieron 3 años en funcionamiento y contribuyeron a llevar a cabo operaciones más sustentables, con cero emisiones locales y de CO_2, así como una reducción del costo operacional, mejora de la imagen corporativa y mejor confort para trabajadores. A partir de esta experiencia, sumó una flota de 23 furgones eléctricos en junio de 2019[13].

Los compromisos hacia una transición eléctrica por parte de compañías que manejan flotas de camionetas continúan en todo el mundo, y están recopiladas en el sitio web del Climate Group[14]. Vale la pena resaltar desarrollos recientes, como la orden por Amazon, en **EE.UU.**, de 100 000 camionetas eléctricas producidas por Rivian entre 2021 y 2030 (se planea también la electrificación de la flota en **Europa** con inversiones en cargadores en los almacenes alemanes); los targets de gigantes de la logística en **China** como JD Logistics y China Post, que prevén emplear sólo vehículos eléctricos a partir de 2021; la inversión de UPS para adquirir 10 000 camionetas en Europa y Norteamérica, incluso un proyecto de inversión en la capacidad de la red eléctrica para soportar el desarrollo de la electromovilidad en **Londres**.

A nivel de infraestructuras, varias empresas de logística han empezado a explorar modelos de inversión en redes de recarga para soportar la transición de las flotas propias, como destacan los casos de Amazon y UPS mencionados anteriormente. No obstante, persisten dudas relacionadas a la capacidad financiera de empresas de mucho menor tamaño de invertir en redes de recargas propias. No sólo se presentan barreras financieras a nivel de costos de inversión, sino también se requiere una coordinación entre actores para asegurar el refuerzo de la red eléctrica en proximidad de estaciones de recarga.

Para vehículos más grandes, varias empresas han manifestado sus intenciones de desarrollar megacargadores que podrían transmitir a 1 megawatt (MW) o más. Con el crecimiento

13 https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-de-carga/furgones-en-flota-operativa-de-empresa-de-agua-potable
14 https://www.theclimategroup.org/ev100-members

de la demanda de autobuses interurbanos eléctricos, así como de camiones de carga pesados y medianos, todos ellos con tramos horarios de carga limitados, se espera que aumente el interés por esta tecnología. Proyectos piloto en desarrollo incluyen:

- **EE. UU.**: Tesla está desarrollando esta infraestructura como apoyo a su camión semipesado con una capacidad de carga estimada de 1.6 MW. ChargePoint ya ha presentado un concepto de interfaz de cuatro conjuntos que proporcionaría una potencia combinada de 2 MW, adecuada para camiones pesados y aeronaves eléctricas.

- **Alemania**: Siemens ha electrificado dos segmentos de la carretera entre Hesse y Schleswig-Holstein (10 km) como proyecto demostrativo, y la asociación de productores de vehículos alemana (VDA) asignó, en 2021, un proyecto a un consorcio de 16 socios para electrificar un tramo mucho mayor de la carretera que conecta el oeste con el este del país[15].

15 High-performance charging in long-distance truck traffic (HoLa), véase https://www.vda.de/en/press/press-releases/210303-Cross-sector-consortium-submits-funding-application-for-megawatt-charging-for-commercial-vehicles.html

7

Radiografía del transporte de carga en México

7. Radiografía del transporte de carga en México

En este apartado se identifican las necesidades y retos específicos de la flota de transporte de carga y última milla en México para su renovación hacia vehículos eléctricos, y se consideran las tendencias presentes en Estados Unidos y Canadá, derivadas de la intensa dinámica comercial entre los tres países de la región de Norteamérica. Los retos identificados se abordan desde la perspectiva de la política industrial, científica, tecnológica, climática y de la innovación, así como desde los beneficios económicos que estos avances pueden generar para el país. Finalmente, se incluye una visión de los retos técnicos que podrían presentarse.

7.1. Caracterización del sector autotransporte en México

7.1.1. Relevancia del sector transporte de carga

El transporte es un sector estratégico para el desarrollo global de la economía. El autotransporte de carga asume una relevancia particular porque garantiza la libre circulación de mercancías y es una herramienta básica en el mejoramiento de la productividad.

En México, la actividad relacionada con el transporte de carga representó alrededor de 3.3 % del Producto Interno Bruto durante 2020 (INEGI, 2021), proporción que se ha incrementado ligeramente en los últimos diez años (Tabla 7-1).

Tabla 7-1. Participación en el PIB Total, transportes, correos y almacenamiento, autotransporte de carga
Millones de pesos a precios de 2013 – valores constantes

	Part. 2010	%	Part. 2015	%	Part. 2020	%
Producto Interno Bruto	14,947,794.70		17,292,358.15		16,951,218.40	
Transportes, correos y almacenamiento	912,749.35	**6.1%**	1,090,495.99	**6.3%**	955,013.21	**5.6%**
Autotransporte de carga	428,282.94	**2.9%**	555,169.57	**3.2%**	558,433.73	**3.3%**

Fuente: INEGI (2021).

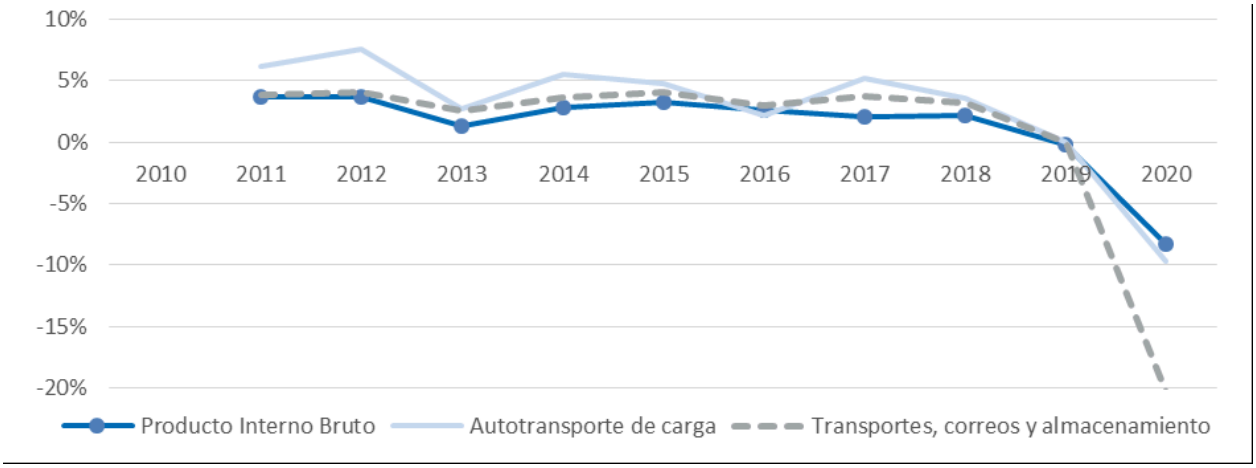
Entre 2010 y 2020, el crecimiento del PIB logístico y de autotransporte de carga creció a una tasa promedio anual de 2.7 % (Figura 7-1), poco más del doble del PIB nacional y cinco veces más que el total del sector transporte. Como se observa en la Figura 7-1, los efectos de la pandemia de COVID-19 significaron caídas importantes de la actividad económica entre 2019 y

2020; no obstante, el autotransporte de carga (-9.7 %) registró una caída menor que la del sector transportes, correos y almacenamiento (-20.5 %), (INEGI, 2021).

Durante 2020, el monto total de mercancías, tanto de exportación como de importación, ascendió a 799 millones de dólares, que fue transportado por los diferentes modos. De este total, 461 MDD se movilizaron por transporte carretero, con lo cual, al adjudicarse el 58 % de la movilidad total, se ubicó como el de mayor relevancia, muy lejos del transporte marítimo, que se situó en el segundo sitio, con el traslado de 196 MDD (Tabla 7-2), (INEGI, 2021a).

Esta observación sustenta la importancia estratégica del sector y la contribución a la mejora del autotransporte de carga que aportaría la modernización de la flota para México.

Figura 7-1. Tasa de crecimiento anual del PIB nacional, logístico y del autotransporte



Fuente: INEGI (2021).

Tabla 7-2. Comercio total por modo de transporte
Millones de dólares

Modo de transporte	Part. 2020	%
Aéreo	56,441,495	7%
Carretero	461,911,152	**58%**
Ferroviario	78,203,135	**10%**
Marítimo	196,383,624	**24%**
Otros modos de transporte	7,045,926	**1%**
Total	799,985,332	**100 %**

Fuente: INEGI (2021).

7.1.2. Composición nacional de la flota vehicular del sector autotransporte

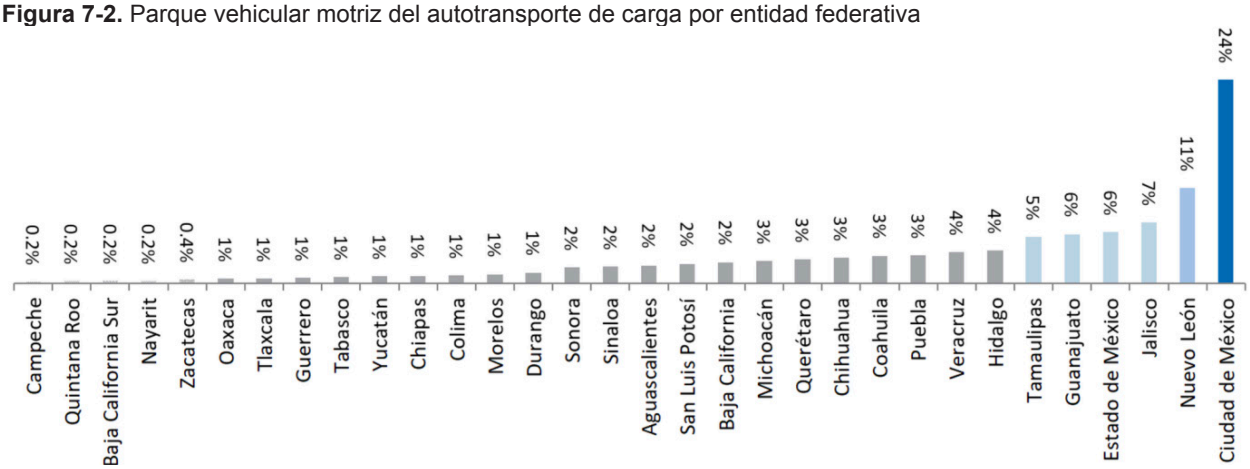
De acuerdo con el padrón vehicular del transporte de carga registrado en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el año 2020 a nivel nacional había en registro un total de

1 143 940 unidades de autotransporte de carga, de las cuales 990 458 atienden el servicio de carga general y 153 482 se orientan al transporte de carga especializada. De estas unidades, el 59 % se concentra en las entidades de Ciudad de México, Nuevo León, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Tamaulipas (Figura 7-2).

Se espera que a esta cifra, siguiendo las proyecciones de ventas al mayoreo y menudeo de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT), se le sumen, en el año 2021, alrededor de 50 mil unidades.

La movilización de la carga por carretera en nuestro país es el modo prioritario debido a un equilibrio óptimo entre los factores de accesibilidad, tiempo y costo. Tan sólo en el año 2020, el total de unidades presentadas anteriormente fueron las encargadas de movilizar un total de 270 000 toneladas de mercancías a lo largo del territorio nacional. En promedio, se movilizaron 126 618 millones de toneladas de carga por kilómetro recorrido.

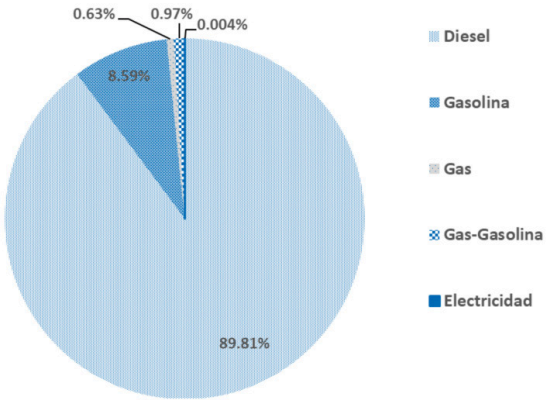
Figura 7-2. Parque vehicular motriz del autotransporte de carga por entidad federativa



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCT, 2020a).

Sin embargo, a pesar de las ventajas operativas en la distribución de mercancías en medios terrestres, existen aún algunos factores que deben atenderse. En el caso del padrón registrado a nivel nacional, se mantiene una preponderancia en el uso de combustibles fósiles, ya que la proporción de vehículos eléctricos aún no alcanza el 1 % del total de la flota nacional, mientras que casi la totalidad de vehículos utilizan el diésel como combustible (Figura 7-3).

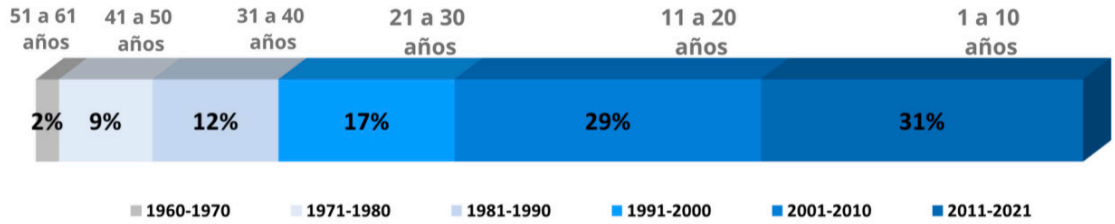
Figura 7-3. Tipo de combustible utilizado en el autotransporte de carga



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCT, 2020a).

Además del tipo de combustible utilizado, es importante conocer la antigüedad de los vehículos. De las 580 035 unidades en circulación registradas, el 40 % de la flota supera los 20 años de antigüedad, mientras que el 29 % recién cumplió entre 10 y 20 años.

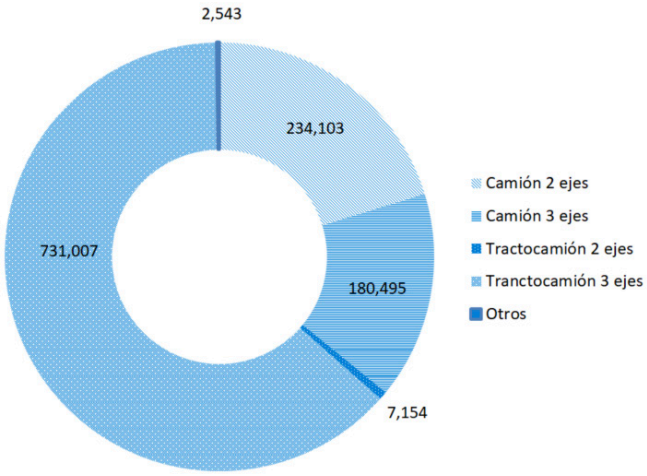
Figura 7-4. Composición vehicular por antigüedad



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCT, 2020a).

En cuanto a la composición de clase del transporte de carga, el 63 % corresponde a unidades tipo tractocamión de 3 ejes. El segundo tipo representativo es el de los camiones de 2 ejes (20 %).

Figura 7-5. Composición del transporte de carga según su clase



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCTa, 2020).

7.1.3. Incremento del e-commerce y su efecto en los repartos urbanos

En el contexto global

El acceso a internet en los hogares y la creciente expansión del uso de teléfonos inteligentes ha disparado un mayor empleo de nuevas tecnologías y el incremento de la oferta de ventas en línea. Esto condujo a la consolidación de las empresas dedicadas a los servicios de paquetería y mensajería, así como a una mayor proporción de repartos *just in time* en zonas urbanas.

El uso de telefonía móvil e inteligente ha incrementado de tal forma que, para enero de 2020, existían alrededor de 4.540 millones de usuarios de internet en todo el mundo, lo que representa a casi el 60 % de la población, y alrededor de 4.180 millones de usuarios únicos de internet móvil (Pantelimon, Georgescu, Posedaru, 2020). La compra a través de dispositivos móviles, en comparación con el comercio clásico a través de internet en computadoras de

escritorio, ofrece un extenso campo de posibilidades en la medida en que las tecnologías 3G, 4G y 5G serán cada vez más asequibles para sectores vulnerables de la población. La compra por dispositivos móviles tiene menos limitaciones físicas que aquella de la primera generación de comercio electrónico, al tiempo que las aplicaciones (*apps*) de compras tienden a ser eficientes en el uso del tiempo del usuario, de forma que éste no se distrae y se evita en gran medida el abandono antes de cerrada la orden.

El crecimiento persistente del comercio electrónico recibió un impulso adicional como resultado de la pandemia de COVID-19. Las páginas web de comercio electrónico norteamericanas recibieron en junio de 2020, 36 % más de tráfico que el mismo mes del año anterior (Statista, 2020). Las medidas de contención y los *lockdowns* (las restricciones a la movilidad cotidiana para aquellos trabajadores considerados no esenciales) han conducido a muchos consumidores a buscar canales electrónicos para evitar las tiendas físicas. La frecuencia de consumo de aquellos otros usuarios que ya estaban integrados en el ecosistema del comercio online se incrementó. De la misma forma, negocios que antes no tenían presencia virtual empezaron a sumarse a la tendencia. Como resultado, los ingresos de las ventas en línea y de sus intermediarios tuvieron un notable aumento. En la primera mitad del 2020, los ingresos en relación con el mismo periodo del año anterior aumentaron 34 % para Amazon, 27 % para Alibaba, 28 % para JD, 74 % para Shopify y 50 % para Mercado Libre, el líder latinoamericano en el rubro.

Un documento del Bank for International Settlements (Boar *et al.*, 2021) expone cómo la pandemia condujo a un cambio en los *drivers* que impulsan el desarrollo del comercio electrónico. Mientras que, previo a la pandemia, el crecimiento era más acelerado en los países con mayor innovación, durante la pandemia, el crecimiento ha sido mayor tanto en los que tienen menor desarrollo como en aquellos donde las medidas de contención sanitarias han sido más estrictas. Por eso, el documento menciona el efecto nivelador de la pandemia, que homogeniza el estatuto entre países de manera transregional y transeccional.

De acuerdo con un informe del OCDE (2020), a pesar de ciertas diferencias entre las naciones, la crisis sanitaria ha imprimido dinamismo en el escenario del comercio electrónico y expandido el espectro de lo comercializable, incluyendo la aparición de nuevas firmas, nuevos segmentos (ampliación del rango de edad) y productos (por ejemplo, productos de almacén). En este periodo, las transacciones de comercio electrónico oscilan entre productos y servicios suntuarios y necesidades del día a día. Algunos de estos cambios persistirán y se volverán tendencias de largo plazo. Esto se reafirma con la posibilidad de nuevas olas pandémicas, la conveniencia de los hábitos forzosamente adquiridos y los incentivos que han visto las empresas para capitalizarse en nuevos canales de venta.

El comercio electrónico ha tenido que sortear tres desafíos fundamentales durante la pandemia. El primero tiene que ver con la disponibilidad de productos en la etapa de los *lockdowns* y las medidas más inmovilizadoras de la población. El segundo, con determinadas perturbaciones en el funcionamiento normal de cadenas de distribución y servicios postventa y, finalmente, con las denuncias de prácticas fraudulentas y deshonestas que aumentaron al tiempo que un cúmulo de nuevos usuarios ingresaron en escena.

Como respuesta a estos desafíos, los grandes jugadores en el comercio electrónico han recurrido a ampliar sus interfaces de transporte, por ejemplo, proveyéndose de tecnologías

automáticas, como vehículos autónomos, robots y drones para hacer entregas seguras reduciendo el contacto. Al mismo tiempo, la oferta de productos y servicios ofrecidos se ha ampliado en una búsqueda de cubrir nuevas necesidades de la población, como la educación virtual o la telemedicina.

Considerando este conjunto de aspectos, la extensión del comercio electrónico intensifica las externalidades asociadas: la congestión vehicular, la polución y el ruido en las zonas urbanas donde ya existe una presión creciente por la motorización para viajes personales. A esto se suma el hecho de que las políticas públicas dedicadas a la materia están todavía en una etapa inicial y se han visto desbordadas por este significativo crecimiento.

En el contexto mexicano

Se estima que en México existen 89 millones de usuarios de internet, y que la penetración de este servicio es del 69 %. La mayor penetración se da por medio de la telefonía móvil, ya que el 75 % de la población que emplea esta herramienta lo hace por el celular. De acuerdo con cifras del INEGI, hay 86.5 millones de celulares en el país.

La pandemia generó un impacto positivo en el comercio electrónico también para México. En 2020, el sector generó una cifra histórica de unos 15 000 millones de dólares, con un crecimiento interanual del 81 %, según estima la Asociación Mexicana de Venta Online (AMVO). Previo al desarrollo de la crisis sanitaria, México estaba lejos de sus pares de la OCDE y de otros países de Latinoamérica. Según datos de JP Morgan[16], la pandemia condujo a que el 74 % de los ciudadanos mexicanos que todavía no habían probado el comercio electrónico lo hicieran por vez primera. En la primera mitad del 2020, las entregas urbanas estuvieron marcadas por el *delivery* de comida y productos de indumentaria. La plataforma de comercio electrónico más popular fue la argentina Mercado Libre, que ha conseguido 108.5 millones de visitas mensuales en promedio en 2019. Amazon es el segundo sitio más popular, y registró 41.3 millones en comparación.

Esta modalidad de comercio impone nuevos retos al sector logístico y de transporte de mercancías, que deberá incorporar nuevas estrategias para mejorar la eficiencia del reparto de última milla sin elevar los impactos negativos como la generación de emisiones contaminantes e incrementos en la congestión vehicular, máxime considerando que el 79 % de los clientes en línea eligen el envío al hogar como el método de entrega más recurrente.

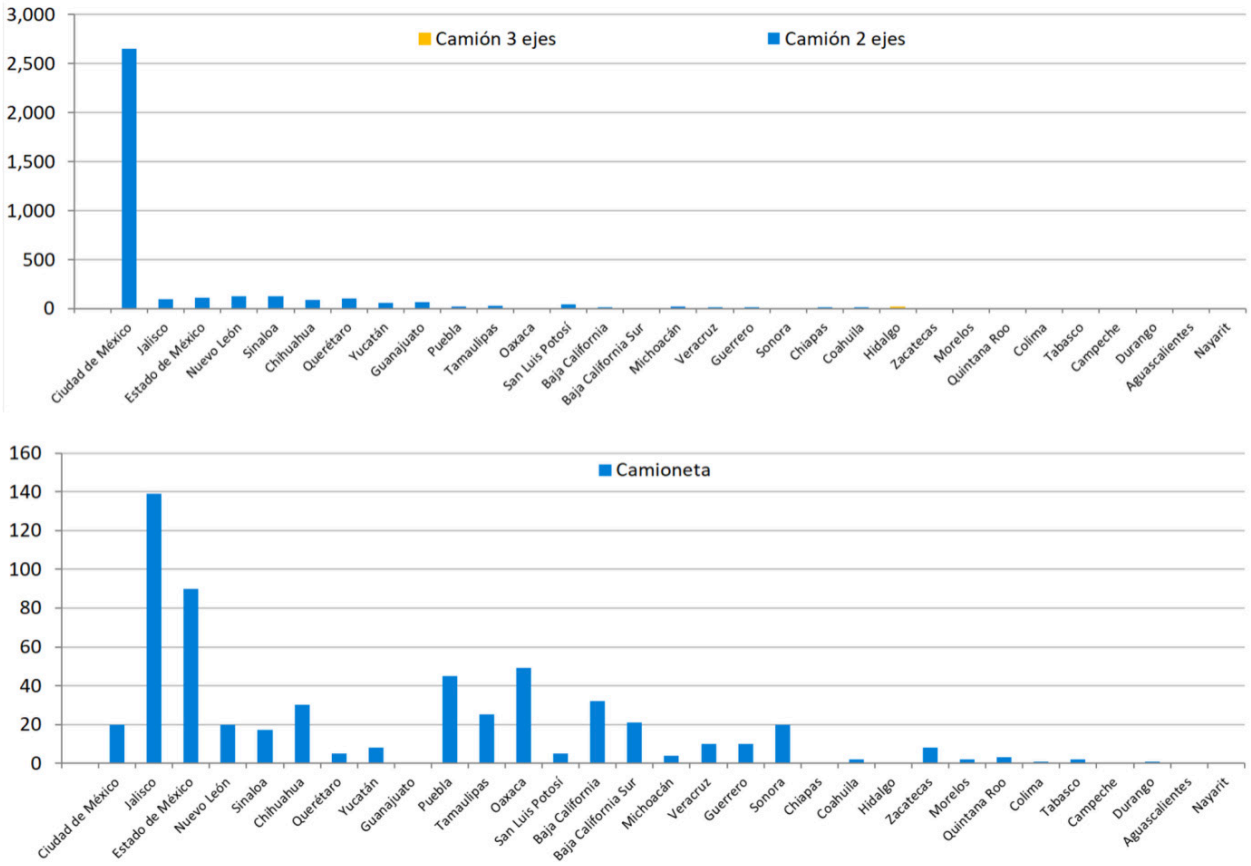
De acuerdo con las Estadísticas Básicas del Autotransporte Federal (SCT, 2020), existe un registro de 4181 unidades a nivel nacional que se dedican al servicio de reparto urbano de última milla, de las cuales, el 86.4 % corresponde a unidades de 2 ejes, mientras que el 13.6 % restante son de tipo furgonetas. En cuanto a vehículos de mayor dimensión, existe solamente un registro en el estado de Hidalgo de un camión de 3 ejes.

La mayor concentración de unidades que ofrecen el servicio de paquetería y mensajería (68.6 %) se encuentra en la Zona Metropolitana del Valle de México, conformada primordialmente por la Ciudad de México y el Estado de México, respondiendo de manera lógica a la dinámica preponderante de la ciudad más grande del país, donde se concentran los principales corporativos,

16 J.P. Morgan 2020 E-commerce Payments Trends Report: Data has been provided to J.P. Morgan by Mexican Internet Association.

que son los encargados de realizar los registros de las unidades que circulan en todo el territorio nacional. Sin embargo, sobresalen otras entidades como Jalisco, con el 5.5 %, y Nuevo León, con el 3.5 %; ambas entidades albergan las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey respectivamente, las de mayor dinámica económica y social a nivel nacional, después del Valle de México.

Figura 7-6. Parque vehicular de paquetería y mensajería por clase de vehículo y entidad federativa 2020



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCT, 2020a).

7.1.4. Estructura empresarial del sector transporte de carga

Una de las particularidades del servicio de transporte de carga en México es su estructura empresarial, particularmente porque es muy relevante la proporción del servicio que se encuentra bajo la modalidad hombre-camión. Este segmento se caracteriza por el hecho de que, en su mayor parte, se trata de personas físicas que ofrecen el servicio de manera directa, y que tienen en su poder entre una y 5 unidades. Su servicio es tanto público como privado y, de acuerdo con la clasificación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, hombre-camión es aquel que, en términos generales, opera como persona física, mientras que el pequeño transportista es quien opera usualmente como empresa. En la siguiente tabla se observa la participación porcentual a nivel nacional para la clasificación antes planteada.

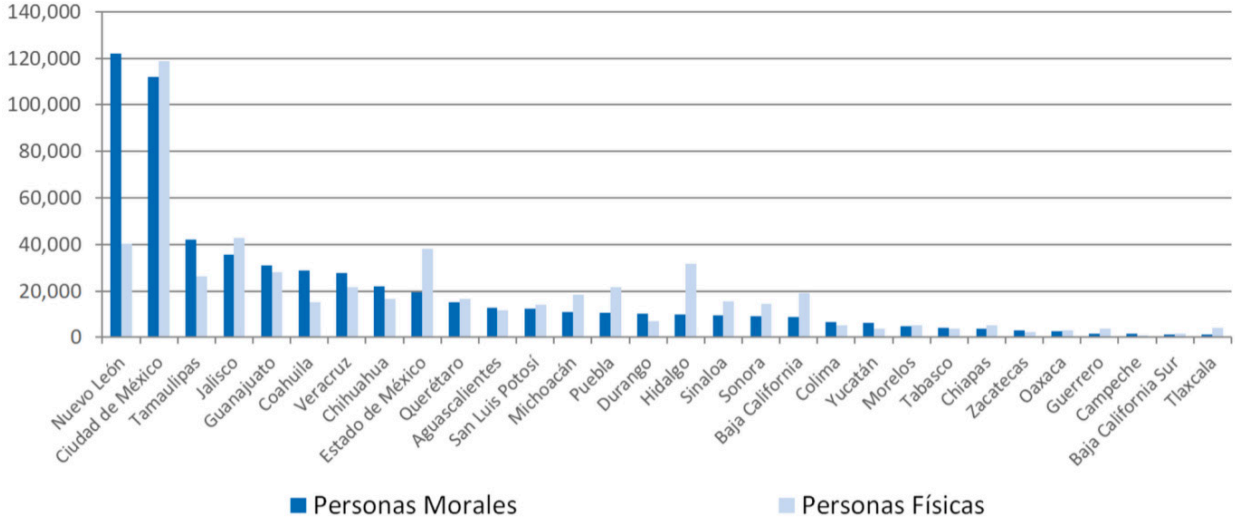
Tabla 7-3. Estructura empresarial del autotransporte de carga

Tipo de empresa	Estrato en unidades	Número de empresas	%	Número de vehículos	%
Hombre-camión	1 a 5	150,512	81.5	274,937	24.0
Pequeña	6 a 30	29,328	**15.9**	339,106	**29.6**
Mediana	31 a 100	3,753	**2.0**	190,602	**16.7**
Grande	Más de 100	1,181	**0.6**	339,295	**29.7**
Total		184,774	**100**	1,143,940	**100**

Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCT, 2020a).

En cuanto a la distribución por tipo de constitución legal, se observa nuevamente una clara polarización que responde a la dinámica y evidente demanda de servicios en las entidades que albergan las ciudades más grandes del país. Para las personas morales que prestan el servicio de autotransporte de carga, es decir, aquellas que legalmente están constituidas como empresas, se observa una concentración en Ciudad de México y Nuevo León, mientras que, en el caso de las personas físicas, conocidas como hombre-camión, la diferencia entre la Ciudad de México y el resto de las entidades es de alrededor de tres veces.

Figura 7-7. Distribución por entidad federativa de las personas físicas y morales que prestan el servicio de autotransporte



Fuente: Estadística básica del autotransporte federal (SCTa, 2020).

7.1.5. Contribución al cambio climático y la contaminación del aire

Hasta hace dos años, el sector de energías renovables estaba comenzando a despegar y sacaba provecho de los abundantes recursos eólicos, solares y el potencial de otras energías renovables presentes en México. Sin embargo, algunos cambios en las políticas energéticas de los últimos dos años, incluyendo cancelaciones de proyectos de energía limpia, han generado incertidumbre en el sector.

No obstante, el estudio *Crunching Numbers: Quantifying the sustainable development co-benefits of Mexico´s climate commitments*, publicado por el Gobierno de México en conjunto con GIZ (2020), ha podido cuantificar los beneficios implicados en las medidas principales contenidas en los CDN en materia de seguridad alimentaria, salud pública, recursos de agua, empleo y seguridad energética. Se halló que, con la generación del 43 % de la electricidad de fuentes renovables, para el 2030 se podría incrementar el empleo en el sector eléctrico en un 38 %, reducir la mortalidad y crear ahorros en energía al menos por 1200 millones de dólares en el 2030 (Gioutsos and Ochs, 2019).

Avanzar en la generación de energía mediante fuentes renovables es fundamental para dar impulso a los proyectos de electrificación de la economía, entre ellos, la del sector transporte.

En materia de GEI, el autotransporte emite CO_2, CH_4 y N_2O por la combustión incompleta, principalmente de gasolina y diésel, así como gas licuado, gas seco y naftas. Además, en materia de compuestos de efecto invernadero, la quema de combustibles genera emisiones de carbono negro (CN). En México, se estimó en 2015 que el sector transporte contribuye con el 24 % de las emisiones nacionales de GEI, equivalente a 171 355 $GgCO_2e$. De esta cifra, el autotransporte es responsable de emitir 159 944 $GgCO_2e$, es decir, 93 % del total de emisiones del sector transporte (INECC, 2018).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015, si bien en los años posteriores a 2010 el consumo de gasolinas ha experimentado un menor ritmo de crecimiento con respecto a los años previos, las emisiones de GEI por el uso de automóviles particulares y de servicio público en 2015 (159 944 $GgCO_2e$), representó el 23% de las emisiones totales del país en 2015 (699 564 $GgCO_2e$); y constituye la principal fuente de emisión de GEI del inventario (INECC, 2018).

Por su parte, el Inventario Nacional de Fuentes Móviles 2016 (INECC, 2018) estima la contribución de las emisiones de GEI, contaminantes criterio y tóxicos por tipo de vehículo, donde los relacionados con el transporte de carga contribuyen al 59 % de las emisiones de CH_4, 54 % de las emisiones de CN, y 44 % y 41 % de las emisiones de CO_2 y N_2O, respectivamente (Tabla 7-4).

Tabla 7-4. Emisiones de GEI por tipo de vehículo, 2016
$GgCO_2e$/año

Tipo de vehículo	CO_2	CH_4	N_2O	CN
Autobús	12, 240	37	7	5
Autos particulares	42, 286	111	529	1
Camionetas particulares	16, 621	56	249	0
Combis	2,025	4	10	0
Motocicletas	13, 339	39	28	0
Pick Up*	19, 538	81	424	0
Taxi	7,997	14	19	0
Tractocamión*	16, 161	120	10	3
Veh<3.8Ton*	10, 741	39	154	0
Veh>3.8Ton*	19, 534	132	66	3
Total	**160,481**	**634**	**1,494**	**14**
Autotransporte de carga*	65, 974	373	654	7
Part. %	41%	59%	44%	54%

Fuente: INECC (2018).

Las emisiones de GEI de transporte de carga se cuantificaron en 67 001 $GgCO_2e$ durante 2016, alrededor del 9 % de las emisiones nacionales de GEI.

En materia de emisiones de contaminantes criterio, los vehículos ligados al transporte de mercancías aportan 73 % de las emisiones vehiculares de PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como el 48 % de las de SO_2 y el 45 % de las emisiones de NOx (Tabla 7-5).

Tabla 7-5. Emisiones de contaminantes criterio por tipo de vehículo, 2016
Megagramos al año

Tipo de vehículo	HCT	COV	CO	NOx	SO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	NH_3
Autobús	9,497	9,011	56, 914	158,120	2, 654	14,405	13,253	181
Autos particulares	203,384	202,088	1,777,801	289,802	5,244	3,770	3,335	2,878
Camionetas particulares	61,439	59,914	615,727	109,622	2,096	1,219	1,087	900
Combis	3,830	3,645	66,839	11,270	346	209	188	114
Motocicletas	60,252	57,559	624,608	29,513	1,885	969	857	1,854
Pick Up*	92,130	89,805	976,656	157,339	3,143	2,069	1,843	1,172
Taxi	13,521	13,148	237,714	56,777	963	183	162	474
Tractocamión*	12,733	9,988	48,188	136,942	3,493	26,702	24,566	318
Veh<3.8Ton*	37,675	34,617	467,684	75,374	1,570	1,973	1,780	612
Veh>3.8Ton*	28,461	25,731	252,620	166,627	4,062	26,169	24,059	505
Total	**522,922**	**505,508**	**5,124,752**	**1,191,386**	**25,457**	**77,668**	**71,130**	**9,007**
Autotransporte de carga*	170,999	160,141	1,745,148	536,282	12,268	56,913	52,248	2,607
Part. %	33%	32%	34%	45%	48%	73%	73%	29%

Fuente: INECC (2018).

La contribución de las emisiones de fuentes móviles, incluidos los vehículos de carga ligera y pesada, presenta importantes diferencias a nivel urbano. Por ejemplo, en el caso de Ciudad de México, adonde se ha desplazado una parte importante de la industria altamente contaminante de otras entidades, las fuentes móviles representan más de la mitad de las emisiones de $PM_{2.5}$, en contraste, en Jalisco y Nuevo León sólo contribuyen con el 11 % y el 3 %, respectivamente (Tabla 7-6).

Tabla 7-6. Contribución de las fuentes móviles a las emisiones de contaminantes criterio
Porcentaje

Ciudad	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	COV	NH_3
CDMX	53%	56%	28%	86%	86%	17%	60%
Jalisco	56%	16%	11%	98%	64%	47%	10%
Nuevo León	28%	6%	1%	93%	27%	11%	5%

Fuente: SDS (2016), SEDEMA (2018) y SEMADET (2014).

Si bien se han implementado diversos programas a nivel local y federal para la regulación del control de emisiones del transporte de carga, las más recientes no incorporan el parque vehicular eléctrico, y, debido al mayor monto de inversión requerido, se requiere desarrollar nuevos modelos de negocio dirigidos a los transportistas de micro y pequeñas empresas.

7.1.6. Relevancia de la industria automotriz en México

A partir de la década de 1980, México se ha vuelto una ubicación atractiva para empresas globales fabricantes o ensambladoras de vehículos. La proximidad geográfica con Estados Unidos y los bajos costos de producción se asociaron con la alta productividad. Las plantas de México se especializan en la producción intensiva en trabajo, a diferencia de aquellas ubicadas en Estados Unidos (Berry y Grilli, 1992). Esta tendencia se afirmó luego con la etapa de apertura de la economía mexicana que comenzó a partir de 1980 y alcanzó un clímax con la firma y entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994.

Mientras que previo a la década de 1980, la producción de vehículos se localizaba en torno a la Ciudad de México y se orientaba a satisfacer la demanda interna, con lo que justificaba su ubicación, en una segunda etapa la industria afianzó su perfil exportador y proveedor del amplio mercado norteamericano. La industria automotriz mexicana representa uno de los ejemplos más ilustrativos de la integración entre el mercado nacional y Estados Unidos. Los procesos de globalización fueron centrales en la transformación que vivió el sector, cuyo principal eje fue la creciente integración regional alrededor de los principales mercados internacionales. México ha podido desarrollar una cadena logística de importancia, acercando los proveedores de componentes a las plantas ensambladoras, consolidando una economía de escala de envergadura.

Surgieron así una cantidad de plantas ubicadas en proximidad de la frontera con Estados Unidos (General Motors y Chrysler en Ramos Arizpe, Ford en Chihuahua) y el corredor industrial del Bajío con Nissan en Aguascalientes. El desarrollo del sector automotriz de vehículos livianos se extendió a la fabricación de vehículos pesados, con creciente presencia. A partir del 2000, un número importante de empresas automotrices de origen asiático y europeo empezaron a instalarse en el país con plantas fabriles (Casado Izquierdo, 2020).

En la actualidad, la industria automotriz tiene un rol central en la actividad económica total y principalmente en términos relativos dentro del dominio de la producción industrial. Según datos del INEGI, para el año 2019 esta industria representa por encima del 3 % del PIB total y cerca del 19 % del PIB manufacturero, con una similar contribución del subsector de fabricación de automóviles y camiones y el subsector de fabricación de partes para vehículos automotores. Por su parte, las exportaciones de la industria automotriz representan cerca del 32 % del valor exportado total y cerca del 37 % del valor exportado de origen manufacturero. Adicionalmente, casi la mitad de la inversión extranjera directa que va hacia el sector manufacturero recae en la industria automotriz (Casado Izquierdo, 2020). Estos datos ofrecen una buena ilustración de la relevancia del sector para la economía nacional.

Los puntos más relevantes para dimensionar la transición a la electromovilidad en el transporte de carga en México son los siguientes:

- El autotransporte es un sector estratégico de la economía, que aporta 3.3 % del PIB nacional, y está ligado a la productividad de muchas empresas en México, ya que moviliza 58 % del comercio total del país.

- El transporte terrestre cobrará mayor relevancia en el futuro, particularmente en el reparto urbano de mercancías asociado al incremento del e-commerce, que a su vez ha despuntado a raíz de la mayor accesibilidad a las TICs y de la pandemia por COVID-19.

- El 59 % de la flota vehicular se concentra en las entidades de Ciudad de México, Nuevo León, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Tamaulipas.

- Un reto del sector autotransporte es la elevada atomización de su estructura empresarial, que deriva en que 81.5 % de hombres-camión con restricciones al acceso de financiamiento y planeación logística operen el 24 % de la flota vehicular.

- El 69 % de la flota vehicular de carga ha superado su vida útil (tienen más de 10 años de antigüedad).

- La flota vehicular presenta una alta dependencia de los combustibles fósiles, tan sólo las unidades a diésel representan 90 % de la flota.

- La antigüedad y tecnología de la flota del autotransporte derivan en un alto impacto ambiental, tanto en materia de calidad del aire como de gases de efecto invernadero. El transporte de mercancías genera 73 % de las emisiones vehiculares de PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como el 48 % de las emisiones de SO_2 y el 45 % de las emisiones de NOx; además del 9 % de las emisiones nacionales de GEI.

7.2 Infraestructura de carga en México

Por medio del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se encarga de fomentar el uso de la tecnología de movilidad eléctrica, ya sea para uso privado o para transporte público, ya que es una unidad especializada en políticas públicas y de eficiencia energética

- La CFE busca fomentar el uso de vehículos eléctricos y detonar el crecimiento del mercado de movilidad eléctrica por los beneficios ambientales de esta tecnología y las ventajas económicas que genera. Para ello, el PAESE cuenta con 4 líneas de acción principales:

- Asesora a gobiernos estatales y municipales en el diseño de políticas de movilidad eléctrica o de electrificación del transporte.

- Asesora a los actores privados, organismos públicos o concesionarios de transporte público sobre potenciales soluciones para incorporar la movilidad eléctrica en sus servicios.

- Diseña y ejecuta políticas públicas que promuevan el desarrollo del mercado de movilidad eléctrica; dentro de éstas, destacan de manera específica el Proyecto para

la Promoción de la Movilidad Eléctrica por medio de la Inversión en Infraestructura de recarga (PEII), operado por el PAESE en colaboración con la Secretaría de Energía (SENER), y el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE).

- Recopila otras instalaciones disponibles a partir de la consulta de todas las plataformas para recarga de vehículos vigentes en el territorio nacional. La información de estas electrolineras es revisada, validada y corroborada, de manera que se tenga un directorio único (RENAEL). Asimismo, es posible encontrar las instalaciones realizadas por la CFE.

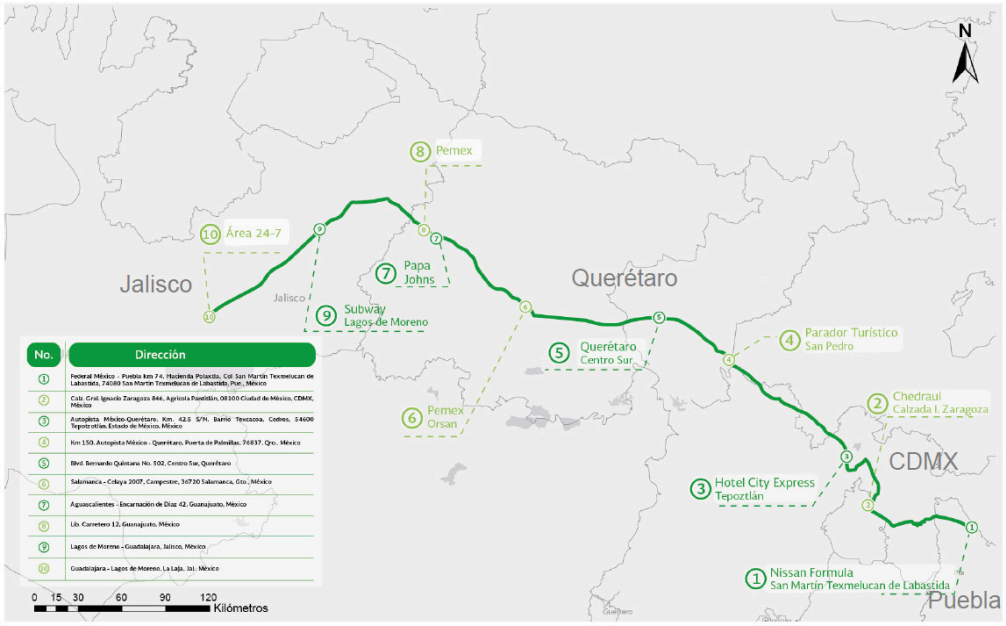
Hay otros instrumentos en materia de cambio climático, desarrollo urbano e incluso movilidad que inciden en la promoción de la movilidad sustentable, incluida la eléctrica. Por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la Estrategia Nacional de Desarrollo Urbano y el Programa Nacional de Vivienda.

Dentro del Programa para la Promoción de la Movilidad Eléctrica (PEII) se contempla la instalación de 100 electrolineras de acceso público, conexión universal y uso gratuito, la mayoría de carga rápida, en la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, que conectarán las 3 zonas metropolitanas con distintas ciudades y destinos turísticos, mediante la constitución de 9 corredores eléctricos distribuidos en 10 estados de la república, que permitirán continuar implementando la infraestructura de recargas, a la vez que incrementar la adopción de autos eléctricos –y la disminución de emisiones de gases contaminantes–, a través de la primera red troncal de electrolineras en México.

Al cierre del año 2020, se instalaron 87 electrolineras nivel 2, que cargan en promedio de 2 a 4 horas de carga media distribuidas de la siguiente forma: 27 en CDMX, 28 en Monterrey y 30 en Guadalajara. También se instalaron 13 electrolineras de carga rápida (nivel 3), contempladas en la última etapa del programa (CFE, 2021). Las electrolineras se ubican en lugares de acceso público como centros comerciales, tiendas de conveniencia, y el servicio es gratuito.

El corredor Puebla-Guadalajara conectará la zona metropolitana de la CDMX con Puebla y Querétaro, así como la zona metropolitana de Guadalajara con Querétaro vía Guanajuato (Figura 7-8).

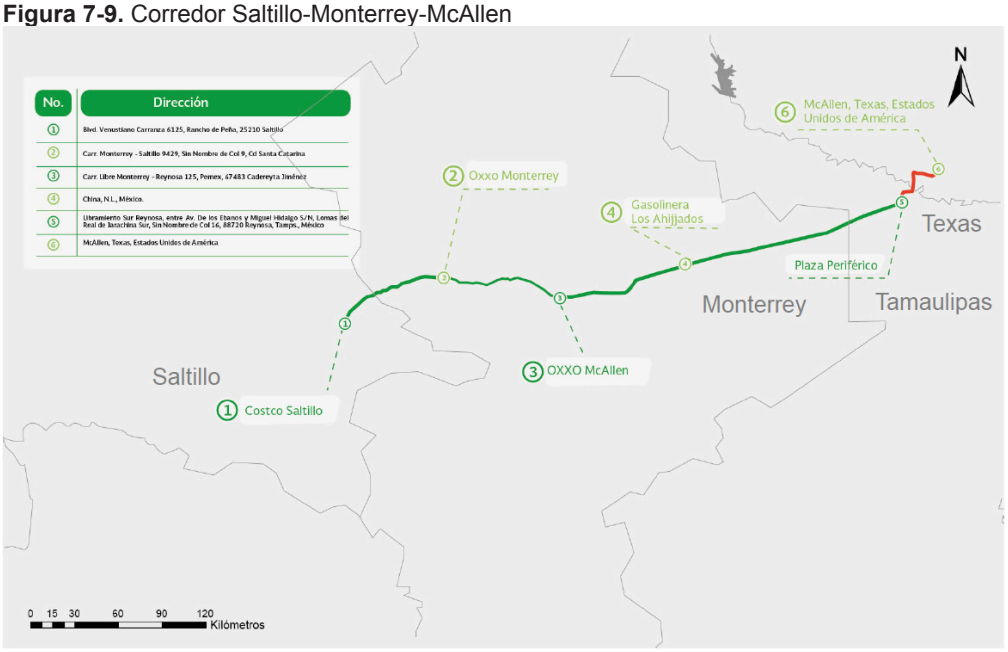
Figura 7-8. Corredor Puebla-Guadalajara



Fuente: PASE con información de la CFE, 2017

El corredor Saltillo-Monterrey-McAllen conectará los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Texas, en Estados Unidos. Permitirá conectar el corredor nacional con la infraestructura existente en el país vecino (Figura 7-9).

Figura 7-9. Corredor Saltillo-Monterrey-McAllen



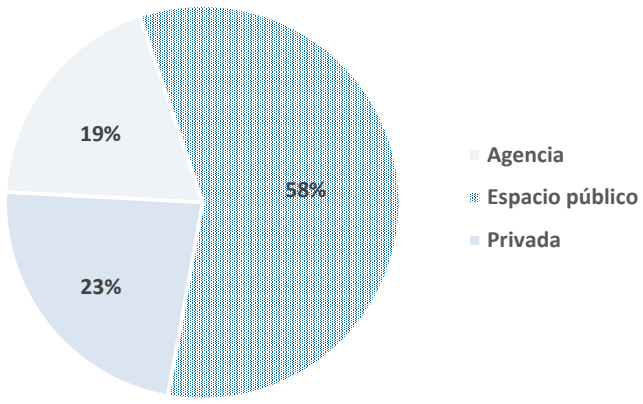
Fuente: PASE con información de la CFE, 2017

La CFE no tiene que dar un permiso para la instalación de electrolineras en la vía pública, al contrario, apoya con su instalación a las autoridades locales. Para ello debe establecerse una alianza entre CFE y las mismas, ya sean municipales o estatales, porque las electrolineras de uso público requieren un transformador eléctrico para incrementar la potencia, ya que proporciona una recarga rápida y de alto voltaje. Los permisos de instalación en vía pública deben ser gestionados por las autoridades locales.

7.2.1. Distribución de cargadores por sitio

Al 31 de julio de 2021, se cuenta con 1189 electrolineras en el país, que tienen instalados 2089 cargadores, y de los que el 58 % están en sitios públicos como centros comerciales, parques, hoteles, aeropuertos, parques de diversión, entre otros. El 23 % son cargadores instalados en agencias automotrices y solo el 19 % se localizan en sitios privados como oficinas, corporativos y espacios gubernamentales.

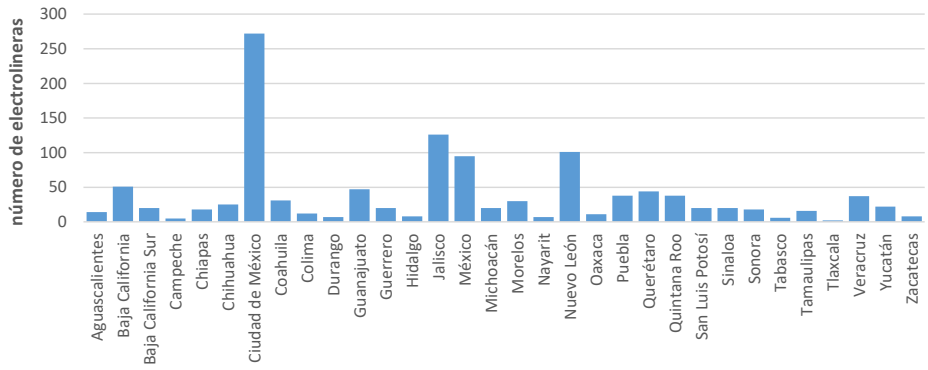
Figura 7-10. Distribución de cargadores por sitio



Fuente: CFE, con datos de Renael 2021.

Ciudad de México tiene el 22 % de electrolineras en el país, y esto es gracias a las políticas públicas para la restricción a la circulación, como el programa Hoy no circula, las contingencias ambientales y la verificación vehicular obligatoria. En este sentido, las políticas de restricción vehicular relacionadas con reducir su impacto en la calidad del aire y en la salud de la población, cobran relevancia como impulso a la electromovilidad.

Figura 7-11. Electrolineras por entidad federativa.



Fuente: CFE, con datos de Renael 2021.

A nivel nacional, existen 12 programas estatales y 19 municipales de verificación vehicular que operan actualmente. De éstos, únicamente 9 (estatales) y 14 (municipales) incorporan la prueba dinámica, los demás utilizan sólo la prueba estática, que no les permite medir la emisión de óxidos de nitrógeno (SEMARNAT, 2021).

En relación con los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas, 69 zonas metropolitanas han establecido su creación, generalmente a través de los Programas Estatales de Calidad del Aire (PROAIRE). No obstante, sólo en 11 de ellas se han definido niveles de concentraciones o puntos de activación y desactivación para los distintos contaminantes, particularmente ozono (O_3) y material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}). La Zona Metropolitana del Valle de México continúa como la única a nivel nacional con la implementación de un programa de restricción asociado a los niveles diarios de concentración de contaminantes y que determinan la calidad del aire (Hoy no circula).

7.3. Tendencias del transporte eléctrico de carga en la integración comercial con Estados Unidos y Canadá

El Tratado Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá, en el marco del TLCAN firmado en 1994, y que se renegoció bajo el nombre de T-MEC en 2020, entró en una nueva etapa donde se redefinen diversas normativas para regular el comercio en la región. Considerando la intensa relación comercial de México con Estados Unidos, origen del 43 % de las importaciones, destino del 80 % de las exportaciones mexicanas, y de las cuales el 60 % se realiza por carretera, el autotransporte de carga resulta vital para el comercio exterior y la competitividad nacionales.

Uno de los principales retos en este sentido es la estructura oligopólica de la oferta del transporte de carga en México, donde las grandes empresas pueden disuadir, excluir o restringir la operación de empresas más pequeñas (hombre-camión) en el comercio transfronterizo, limitando sus oportunidades de crecimiento. Por otro lado, la estricta regulación de seguridad del transporte transfronterizo en Estados Unidos ha dificultado la circulación de transportistas mexicanos en territorio estadounidense, y debido a que muchos de éstos no cuentan con el capital para superar dichas barreras, estas regulaciones operan en la práctica como una barrera al libre comercio. Por lo anterior, la incorporación de un parque vehicular eléctrico en viajes de largo trayecto deberá, además, afrontar las restricciones actuales de tipo estructural y normativo.

Por otro lado, las medidas de transporte sostenible en la región de América del Norte se enfocan en objetivos de vehículos cero emisiones y buscan cambiar los patrones de entrega, sobre todo considerando que el 41 % de las emisiones de CO_2 por transporte en Estados Unidos se asocian al traslado de mercancías en tractocamiones (42 %) y vehículos ligeros (18 %) (SLOCAT, 2021).

En este sentido, se identifica a los vehículos eléctricos y la entrega de carga fuera de las horas pico como estrategias potenciales para aumentar la eficiencia y reducir las emisiones urbanas. Sin embargo, el apoyo continuo a los combustibles fósiles a nivel nacional tanto en los EE.UU. como en Canadá ha reducido los incentivos para la introducción de vehículos de carga más limpios.

A escala local, existen iniciativas que podrían marcar la pauta para la transición al transporte de carga eléctrico, como la regulación de Camiones Limpios Avanzados de California, aprobada en 2020, y que tiene como objetivo para el 2035 que el 55 % de las ventas de camiones ligeros y el 75 % de medianos y pesados sean de unidades cero emisiones. Por su parte, en 2019, Canadá fue el primer país en unirse al Compromiso Drive to Zero, que exige que la mayoría de los vehículos comerciales nuevos sean de bajas emisiones para 2040.

En los siguientes apartados se detallan los avances normativos, tecnológicos y de política pública que se han realizado en la región y en algunas otras ciudades del mundo para fomentar la electromovilidad en el transporte de carga, y que son referente para su adopción en México.

7.3.1. Políticas, normatividad e incentivos

Muchos de los países que lideran la transición a la energía eléctrica cambian gradualmente sus políticas de incentivos de compra directa de vehículos eléctricos. El objetivo es adaptarse a las normativas de los vehículos de cero emisiones (ZEV) y a los requisitos normativos relacionados con el consumo de combustible, así como de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero.

California es el estado con los objetivos de implementación más estrictos, con un propósito de 5 millones de vehículos eléctricos en las carreteras para el año 2030. Con el objetivo de implementar este tipo de vehículos, otros estados han ofrecido descuentos para su adquisición e incentivos para alcanzar una infraestructura de cero emisiones, como equipos de suministro para vehículos eléctricos (EVSE). Con el objetivo de mejorar la calidad del aire local y reducir las emisiones que contribuyen al cambio climático, nueve estados se han sumado a California para pedir a los fabricantes de automóviles que fabriquen vehículos de cero emisiones. Colorado ha anunciado sus planes de unirse al mismo programa ZEV a partir de 2023, y otros tres estados siguen ya los estándares de vehículos de bajas emisiones (LEV) de California en lugar de adoptar el programa ZEV.

Dos provincias canadienses también se han fijado objetivos estrictos: Columbia Británica, que exige que el 100 % de los vehículos vendidos en 2040 sean eléctricos, y Quebec, que actualmente lidera la adopción de vehículos de cero emisiones en ese país con objetivos similares a los de California.

7.3.2. Infraestructuras de carga pública

Estados Unidos está trabajando para construir una infraestructura de carga pública en el país. Más de la mitad de los estados de la unión americana ya cuenta con incentivos para los equipos de suministro para vehículos eléctricos. California realiza la mayor inversión en implementación de infraestructuras, con el objetivo de completar 250 000 puntos de carga para 2025. Se estima que el 4 % de las tomas serán puntos de carga rápida de corriente continua. Otros estados incrementan paulatinamente sus inversiones financieras para la infraestructura de carga en colaboración con empresas de servicios públicos de electricidad.

En conjunto, los estados de Nueva Jersey, California y Nueva York han anunciado inversiones de casi 1.300 millones de dólares, lo que llevaría a unas inversiones totales en todo Estados Unidos de casi 3.500 millones de dólares entre 2017 y 2027.

7.3.3. Sinergia institucional y privada para la electromovilidad de carga

Cada vez son más las ciudades, gobiernos locales y empresas de servicios públicos que desarrollan programas para la actualización de vehículos e infraestructuras, lo que permite aumentar las oportunidades de colaboración y aprendizaje compartido. Organizaciones como el Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (EPRI) y el Departamento de Energía (DOE) de Estados Unidos ofrecen los conocimientos más avanzados, su experiencia en el sector y actualizaciones de las políticas a las partes interesadas. También trabajan en identificar las carencias tecnológicas y necesidades del mercado que se pueden abordar mediante programas de I+D eficaces. A medida que las grandes flotas planifican su transición a la electricidad, estos programas de colaboración suponen un valioso foro para interactuar con las partes externas pertinentes.

Para flotas más pequeñas que pueden no tener capacidad o conocimiento sobre vehículos eléctricos de forma interna, los programas de colaboración les brindan la oportunidad de aprender de la industria y aprovechar la experiencia externa en electrificación. Dichos programas de colaboración también pueden abrir la posibilidad de realizar compras en grupo y reducir así los costos de los vehículos eléctricos para todas las partes implicadas.

Los Alcaldes por el Clima se han asociado con la Coalición para la electrificación (EC) con el fin de promocionar la adopción de la electricidad para el transporte terrestre. La EC también ha lanzado una tarjeta estatal de puntuación de vehículos con cero emisiones (ZEV) basada en datos que evalúan las políticas de cada estado para informar al público y a los responsables de dichas políticas sobre las estrategias que incrementan eficazmente la adopción del vehículo eléctrico. Esta herramienta de aprendizaje compartido subraya la importancia de los estados y los reguladores a la hora de respaldar las políticas existentes y crear nuevas para acelerar la adopción del vehículo eléctrico.

7.4. Síntesis de barreras iniciales a la electrificación

1.Antigüedad de la flota (mediano plazo)

Con el 40 % de las unidades por encima de los 20 años SCT, (2021a), se vuelve difícil establecer un plan de modernización sin recurrir a altos niveles de gradualismo y asistencia del Estado.

Con el objetivo de atender esta problemática, identificada desde hace muchos años, se han ejecutado distintas acciones y programas para facilitar la renovación vehicular de los transportistas. Entre ellas, se encuentra el Programa Especial de Cambio Climático del Gobierno Federal Mexicano (DOF, 28/08/2009), que desde sus inicios planteó la promoción de la renovación del parque vehicular para colaborar en la eficiencia energética del sector y reducir su contribución a la generación de emisiones de GEI.

Para el cumplimiento de dichos objetivos, se creó en 2004 el Programa de Renovación Vehicular del Autotransporte Federal, operado a través de NAFIN, que integraba cuatro componentes principales: 1) un incentivo en la renovación vehicular del autotransporte de carga y pasajeros que hayan rebasado su vida útil; 2) apoyo a la red de intermediarios mediante el otorgamiento de garantías, para así proporcionar esquemas de financiamiento a los pequeños transportistas; 3) construcción de un fondo de garantía para los intermediarios del programa,

administrado por NAFIN con la finalidad de obtener mejores tasas de interés para los beneficiarios; y 4) garantizar la seguridad de los usuarios del servicio y de las carreteras (SCT, 2018).

Sin embargo, desde 2017, de acuerdo con un decreto de estímulo fiscal emitido por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) se informó que la vigencia del programa se extendía sólo hasta el 31 de diciembre de 2017, lo que dejó en suspenso el programa (AMDA, 2018). Desde esa fecha hasta ahora, en ninguno de los Proyectos del Presupuesto de Egresos de la Federación (PPEF) se contemplan recursos para dicho programa, dejando completamente en manos de los transportistas la renovación de su parque vehicular.

2. Limitaciones de la estructura empresarial hombre-camión (corto plazo)

Una de las principales limitantes del sector del autotransporte en México es la amplia proporción que representan los prestadores del servicio bajo el esquema hombre-camión y/o pequeños transportistas. Debido a su acotado esquema de negocio, enfrentan barreras para obtener el financiamiento adecuado para programar una renovación periódica de sus unidades de transporte. La mayor parte de sus ingresos es variable y se dirige a gastos de mantenimiento y operación, así como a posibles gastos inesperados.

Existen esfuerzos en el ámbito nacional, tanto públicos como privados, para orientar la renovación del parque vehicular, como respuesta a diversos factores, principalmente a las necesidades de los transportistas y su campo de negocio. No obstante, en el caso de los transportistas hombre-camión, las prioridades son mantener un flujo constante de ingresos para así solventar los gastos de operación del servicio, evidenciando las dificultades para lograr una renovación de su parque vehicular. Esto vuelve aun más complejo el escenario en el que podrían alcanzar una renovación por un vehículo eléctrico.

Además, la tendencia actual se orienta principalmente a la electrificación de vehículos que atienden los servicios de última milla, lo que limita la oferta tecnológica para el vehículo de carga de mayor dimensión y hace aún más costosa su adquisición. Adicionalmente, existen otros aspectos que deben contemplarse, como la incertidumbre en el mercado para enfocarse por completo en la cadena de suministro de la electromovilidad, la falta de incentivos para la adquisición de los vehículos de este tipo y la ausencia de claridad de nuevos modelos de negocio que permitan armar esquemas innovadores para un financiamiento atractivo y realista para las condiciones de este sector.

3. Matriz de generación eléctrica altamente dependiente del uso de combustibles fósiles (mediano y largo plazo)

En el periodo de 2015 a 2020, México observó un significativo incremento en la participación de la energía eólica y solar en su matriz de generación eléctrica, que pasó del 3 % al 9.8 %. Este avance significó una reducción del 60 % en el uso de carbón para la generación de electricidad, así como un crecimiento de la capacidad instalada para la generación de energías renovables. Por ejemplo, en la actualidad la capacidad instalada de energía solar es de 10 TWh, mientras que en 2015 era sólo del 0.2 TWh. Dicho comportamiento, junto a la reducción de la demanda energética a causa de la pandemia de COVID-19, se reflejaron en el hecho de que México ocupara en 2020 el primer lugar del G20 en la reducción del uso de carbón (EMBER, 2021).

Sin embargo, todavía tres cuartas partes (75 %) de la electricidad provienen de combustibles fósiles, particularmente por consumo de gas y petróleo, un porcentaje que coloca a la matriz energética de México como la cuarta más alta dentro de los países del G20, cuando el promedio mundial por el uso de fósiles es del 61 % (EMBER, 2021).

Aunado a esto, si bien el Programa Sectorial de Energía 2020-2024 (SENER, 2019) continúa mostrando metas favorables para incrementar el porcentaje de generación de energía eléctrica mediante fuentes limpias (incluye hidroeléctrica, geotérmica, eoloeléctrica, fotovoltaica, bioenergía, nucleoeléctrica, cogeneración eficiente), con la proyección de alcanzar el 35 % en 2024 (Tabla 7-7), también se han registrado cambios en la política pública a nivel federal, que pueden significar un retroceso en el ritmo de transición hacia la generación eléctrica por fuentes renovables. Entre los más relevantes se señalan los siguientes:

- Los objetivos del Programa Sectorial de Energía 2020-2024 de México se centran en alcanzar y mantener la autosuficiencia energética a través del fortalecimiento de las empresas del Estado, PEMEX y SENER, fuertemente orientadas al uso de combustibles fósiles, de acuerdo con sus proyectos de inversión.

- Se han realizado distintas modificaciones regulatorias y normativas para acotar la participación privada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Actualmente, los operadores privados participan mediante 255 proyectos de autoabastecimiento, pequeña producción, exportación e importación, que generaran 45.8 TWh, y representan 14 % del consumo nacional (SENER, 2021).

- El actual Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de las Centrales Eléctricas (PIIRCE) señala que en el corto y mediano plazo (2025 a 2031), sólo se tomarán en cuenta proyectos que tengan contratos de interconexión y los que se consideren estratégicos para lograr los objetivos de la política energética nacional, entre los cuales se prevén dos nuevas centrales de ciclo combinado y un gasoducto para abastecerlas.

- El PIIRCE no prevé nuevos aumentos de capacidad de energías renovables hasta el año 2027.

Tabla 7-7. Serie histórica y metas intermedias de generación de energía eléctrica por fuentes limpias
Porcentaje

2014	2015	2016	2017	2018	2020	2024
23.1	21.4	21.0	21.4	23.2	33.0	35.0

Fuente: SENER (2019).

En la etapa inicial de transición a la movilidad eléctrica, la red eléctrica no enfrentará mayores problemas para soportar una gran demanda inicial. Sin embargo, tanto la SENER como CFE deberán considerar un plan de gestión y operación que permita administrar el uso racional de las redes eléctricas y de su capacidad, en función del grado de penetración de los vehículos eléctricos, que garanticen la calidad y continuidad del suministro eléctrico. Algunos elementos a considerar son los siguientes:

- Evaluar los efectos de la recarga de vehículos eléctricos sobre la demanda eléctrica del sistema para evitar sobredemanda en horas pico. Mediante incentivos tarifarios (precio diferenciado), que promocionen la carga nocturna en modalidad de carga lenta en horas de valle de la curva de demanda eléctrica, se podría lograr un desplazamiento de la curva de carga. No obstante, en el caso de los vehículos de carga y reparto urbano, su restricción horaria a ciertas vialidades podría significar que estas estrategias tengan un éxito limitado.

- Las recargas en hora punta podrían obligar a mayores inversiones en función de la cantidad de vehículos eléctricos conectados, tanto en las redes de transporte y distribución, como en la generación, lo que aumentaría aún más la subutilización de las redes y, de este modo, el costo del sistema.

- Incorporación de redes inteligentes para habilitar el uso de sistemas V2G (*Vehicle to Grid*), que permitirán que el flujo de electricidad fluya desde la batería del automóvil hacia las líneas de distribución eléctrica y viceversa, mediante los procesos de carga y descarga.

- Habilitar las instalaciones para permitir el emplazamiento de electrolineras de diferentes tipos de recarga (lenta o rápida), que requieren distintos tipos de potencia e intensidades de corriente.

- Definir condiciones para las cargas y descargas de flotas de vehículos que permitan su realización de manera controlada, directa o indirectamente, desde un despacho de carga.

4. Necesaria reconversión de la fuerza laboral en la industria (corto plazo)

Actualmente, México ocupa el puesto número siete en la producción mundial de vehículos (OICA, 2021). La relevancia de esta industria a nivel nacional radica en su contribución al PIB nacional, estimada en 2.9 % en 2020 (INEGI, 2021), y en la generación de 1.9 millones de empleos en 2017 (AMIA-AMDA-ANPACT-INA, 2018). En el contexto de la transición a la electromovilidad, se requiere fomentar el desarrollo de competencias en la industria nacional mediante programas académicos y capacitación técnica especializada en temas de movilidad eléctrica para sustentar el desarrollo de la industria a largo plazo.

Diversas ensambladoras, universidades y empresas con flotillas de transporte de carga han incursionado en el desarrollo de vehículos eléctricos, principalmente de reparto de última milla y automóviles particulares. Sin embargo, se requiere trabajar en los siguientes aspectos que permitan sustentar el futuro de la producción de estos vehículos (CEPAL, 2020):

- Revisar y actualizar los planes de estudio en las carreras de ingeniería de las universidades, así como a nivel de técnico superior universitario, reforzando los temas asociados con electromovilidad.

- Desarrollar programas de capacitación especializada para personal operativo en la industria para asimilación tecnológica de electromovilidad.

- Desarrollar un programa de certificación de competencias de mantenimiento y reparación de unidades eléctricas.

- Desarrollar programas de certificación de competencias de sistemas y estaciones de recarga para unidades eléctricas.

- Desarrollar programas de certificación de competencias en manufactura de unidades eléctricas.

- A lo anterior, podrían sumarse programas de educación para el correcto uso de los vehículos eléctricos por parte de automovilistas y operadores.

5. Tecnologías todavía en desarrollo: El hidrógeno es todavía una tecnología no probada que requiere diferentes evaluaciones técnicas, certificaciones y aprobaciones reglamentarias

Los vehículos eléctricos de celdas de combustible (FCHEV) tienen la característica de no emitir gases contaminantes, ya que la reacción química que se lleva a cabo produce vapor de agua. Gracias a ello, el hidrógeno se considera un combustible alternativo para la movilidad.

La producción de hidrógeno (H_2) ocurre principalmente a partir de hidrocarburos, a través del proceso de reformado de gas natural u oxidación parcial o, partiendo del agua, mediante electrólisis. Para obtener el H_2, tanto de los hidrocarburos como del agua, es necesario suministrar energía, ya sea en forma de corriente eléctrica, calor o luz.

La electricidad y el calor pueden estar disponibles de maneras muy distintas y, dependiendo del proceso, influir significativamente en el costo de extracción del hidrógeno. Las emisiones y el impacto medioambiental de cualquier proceso previo deben atribuirse al hidrógeno producido directamente en la huella de carbono.

Actualmente, la producción de hidrógeno a partir de hidrocarburos comprende el 96 % del mercado, mientras que la generación vía electrólisis es del 4 %. Los procesos termoquímicos, fotocatalíticos o fotobiológicos están aún en desarrollo, por lo que no tienen participación significativa en el mercado. No obstante, las ventajas del uso del hidrógeno como fuente de energía para vehículos eléctricos presentan viabilidad de desarrollo y comercialización.

Se espera que para 2050, el hidrógeno pueda satisfacer el 14 % de la demanda energética de Estados Unidos, y el 24 % de la demanda mundial. El 30 % de ésta se espera que sea en el sector transporte (FCHEA, 2019).

En la Unión Europea, se espera que para 2050 se pueda tener una flota de 50 millones de vehículos que operen con celdas de combustible, 45 000 vehículos pesados para 2030 y 1.7 millones (camiones y autobuses) para 2050 (FCH, 2019).

México cuenta con un potencial renovable, tanto solar como eólico, con el cual se podría obtener hidrógeno verde que podría inyectarse en la red nacional de gasoductos para que sirva como un combustible que permita el transporte de pasajeros y de mercancía

6. Altos costos iniciales para establecer la infraestructura de recarga, especialmente en los escenarios en que la recarga es durante el funcionamiento, en la carretera, las incorporaciones de infraestructura y las adaptaciones de la red eléctrica son costosas y requieren una fuerte inversión inicial; dificultad para hacerlo con inversión privada

El desarrollo de la infraestructura de carga en México lo lideran empresas privadas. Es de suma importancia que se hayan sumado otras entidades, tanto públicas como privadas, ya que de esta forma la infraestructura se expande día con día. No sólo es importante el trabajo conjunto para la instalación de estaciones de carga; el esfuerzo debe dar un paso adicional para que éste sea coordinado, y el crecimiento de la red no sólo sea eficiente en número sino también en estándares de carga, para que más vehículos puedan utilizar estos puntos.

A diferencia de otros países de la región, para México la red de infraestructura de carga ya no es un reto, ya que además los usuarios han avanzado en el aprendizaje y la confianza de que los vehículos eléctricos dependen más de las recargas nocturnas, que de la infraestructura de recarga en lugares públicos durante el día. El reto para México es la estandarización y optimización de la misma.

Los puntos de recarga presentan algunas ventajas, la principal es la existencia de redes eléctricas ya implantadas por todo el territorio, por lo que es posible un abastecimiento de energía distribuido por toda la geografía. Esto se traduce en que la recarga no se produce únicamente en puntos específicos de la ciudad o la carretera, sino en cualquier lugar donde exista electricidad. De esta manera, los propietarios de vehículos eléctricos podrían beneficiarse de la implantación de puntos de suministro de energía en vías públicas, estacionamientos públicos de las ciudades e incluso en sus propios hogares.

7. La carga de alta potencia requerida por la operación logística puede reducir la longevidad de la batería y hace más difícil recuperar costos, por otra parte, cualquier forma de carga en funcionamiento aumenta los tiempos de viaje, lo que supone un costo adicional para los dadores de carga

En México, la fabricación y la comercialización de vehículos eléctricos para uso de carga va en aumento, pero existen retos que impactan la operación logística y que la iniciativa privada y los gobiernos deben afrontar:

- Bajo kilometraje (menor a 150 kilómetros por hora), lo que podría afectar los tiempos de entrega.
- Baja densidad energética de las baterías, que podría retrasar la cadena de suministro.
- Tiempos de recarga de batería largos (de seis a ocho horas), que podría afectar los tiempos de entrega y la productividad.
- Escasez de estaciones de carga públicas, que podría afectar la seguridad de los envíos y el personal.
- Cambios en los enrutamientos derivados de la baja duración de la batería.

- Impacto económico en toda la cadena de suministro, que implica nuevos costos en los procesos de planeación, ejecución y control.

Los coches eléctricos a menudo se han considerado poco viables para el mercado de masas debido al tiempo de recarga y a su reducida autonomía. Sin embargo, aunque el tiempo de recarga es cada vez menor y las autonomías cada vez mayores, las estaciones de recarga públicas no suelen ofrecer potencias suficientes como para cargar los vehículos en pocos minutos.

Existen sistemas convencionales que requieren entre seis y ocho horas para una recarga completa de la batería (según el modelo) y también sistemas rápidos. La rapidez depende del tipo de corriente eléctrica (alterna o continua), por lo que se pueden obtener distintos niveles de potencia. Los puntos de recarga rápida siguen en desarrollo, pero se calcula que en tan sólo diez minutos serían capaces de recuperar aproximadamente 60 kilómetros de autonomía. Para su uso, los vehículos deben contar con la interfaz de carga rápida. Es importante que exista variedad de equipos de distinta clase según la localización del punto de recarga. Además, para una mayor facilidad en cuanto a su uso, es necesaria la estandarización de los conectores.

Otra cuestión relevante es el tramo horario en que se conecta a la red. Se debe fomentar con incentivos las llamadas “horas valle”, momentos durante los cuales la demanda eléctrica es menor, en este caso durante la noche. Se trata de una manera de optimizar el cambio de modelo mediante una transformación en los hábitos y costumbres de los usuarios.

8

Mapeo de actores, tecnologías y estrategias de coordinación

8. Mapeo de actores, tecnologías y estrategias de coordinación

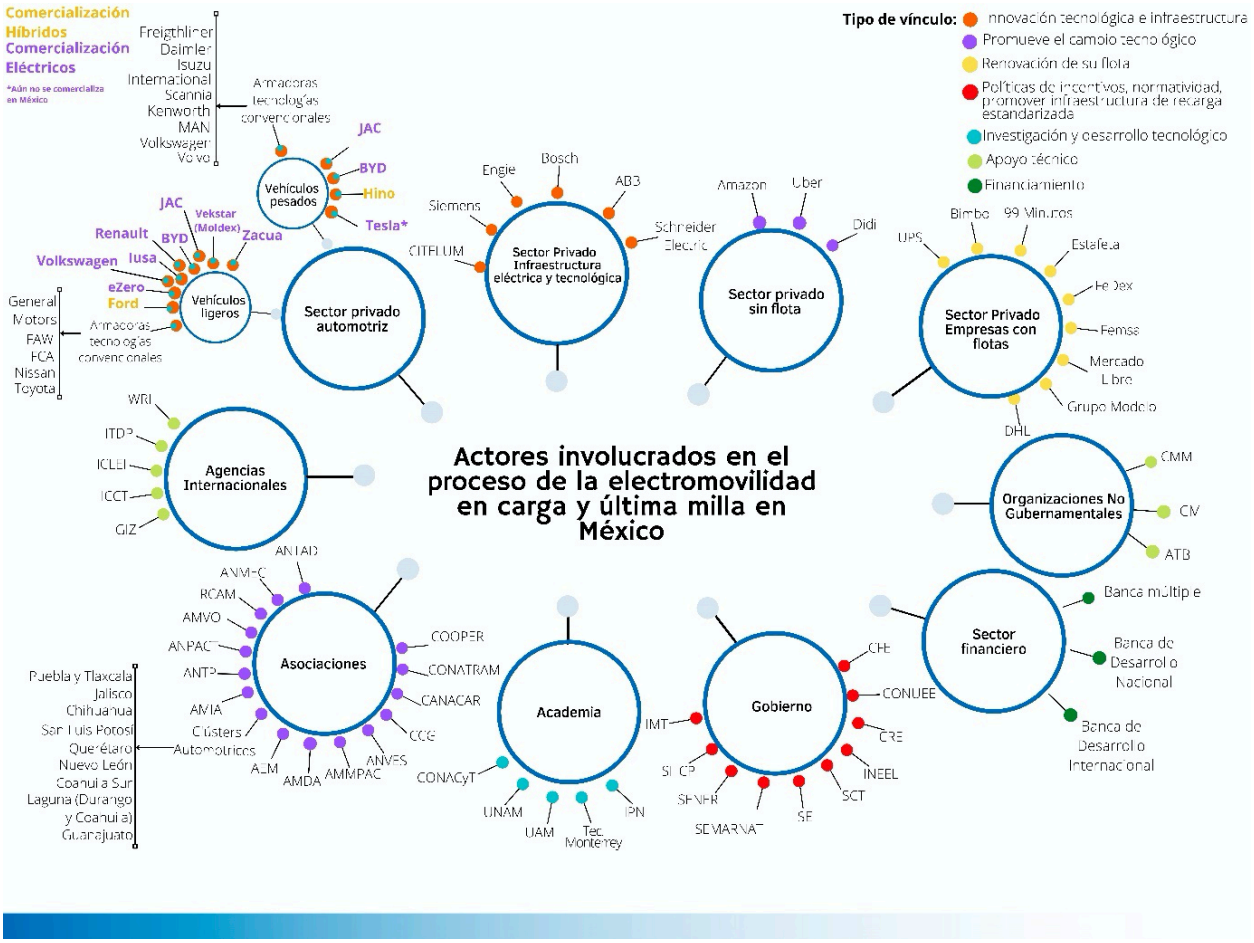
Esta sección describe a los actores clave para promover la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México, así como una estrategia para promover su coordinación a través de alianzas estratégicas. Igualmente, se presenta un mapa sobre las tecnologías disponibles a nivel nacional e internacional que incorporan la electromovilidad para el autotransporte.

8.1. Actores involucrados

8.1.1. Mapa de actores

La siguiente figura representa el mapa de actores relevantes, pero no definitivos, para la promoción de la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México, incluyendo sector privado, asociaciones, gobierno, academia y agencias internacionales.

Figura 8-1. Mapa de actores para impulsar la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México



Fuente: Elaboración propia, Ricardo y Centro Mario Molina.

Acrónimos

AEM	Alianza por la Electromovilidad en México
AMDA	Asociación Mexicana de Distribuidores de Automóviles
AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
AMMPAC	Asociación Mexicana de Mensajería y Paquetería
AMVO	Asociación Mexicana de Venta Online
ANMEC	Asociación Nacional Mexicana de Empresas Courier
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses Camiones y Tractocamiones
ANTAD	Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales
ANTP	Asociación Nacional de Transporte Privado
ANVES	Asociación Nacional de Vehículos Eléctricos y Sustentables
ATB	Alianza por la Transición a un Transporte de Carga de Bajas Emisiones
CANACAR	Cámara Nacional del Autotransporte de Carga
CCG	Cámaras de Comercio (ejemplo: Cámara de Comercio de Guadalajara)
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMM	Centro Mario Molina
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONATRAM	Confederación Nacional de Transportistas Mexicanos, A.C.
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COOPER	International Copper Association México
CRE	Comisión Reguladora de Energía
GIZ	Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (por sus siglas en inglés)
ICCT	Consejo Internacional de Transporte Limpio (por sus siglas en inglés)
ICLEI	Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (por sus siglas en inglés)
ICM	Iniciativa Climática de México
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
IPN	Instituto Politécnico Nacional
ITDP	Instituto para la Política de Transporte y Desarrollo (por sus siglas en inglés)
RCAM	Red de Clústers Automotrices de México
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Secretaría de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
Tec-Monterrey	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WRI	Instituto de Recursos Mundiales (por sus siglas en inglés)

8.2. Estrategia de coordinación y alianzas estratégicas

Los retos para la transición a la electromovilidad en el transporte de carga y última milla enfrentan los altos costos de introducción de la tecnología, el desarrollo de infraestructura de recarga y la homologación de sus requerimientos técnicos, incentivos escasos o inexistentes, la falta de desarrollo del mercado de vehículos eléctricos y una incipiente promoción de la investigación y desarrollo de capital humano enfocado a la movilidad eléctrica, entre otros (AEM, 2019). Además, es necesario enfrentar la situación de alta fragmentación y polarización del sector autotransporte de México, así como satisfacer necesidades específicas en materia de capacidad y potencia de los vehículos, promover facilidades (modelos de negocio) acordes con las capacidades de pago y endeudamiento de los diferentes tipos de transportistas, en particular, los que atienden demandas locales y de bajo tonelaje, así como ampliar la red de servicios para su mantenimiento y cambio de refacciones.

A continuación se detallan los arreglos institucionales (medidas de coordinación y alianzas) que se recomienda impulsar para promover la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México, desarrollados a partir de recomendaciones internacionales (PNUMA, 2018) y de las condiciones del sector autotransporte local.

Medida de coordinación 1. Establecer un mecanismo organizacional o comité dentro de la Alianza por la Electromovilidad en México, enfocado a impulsar la electromovilidad en el transporte de carga, y que defina roles de responsabilidad, así como obligaciones que aseguren una acción articulada y efectiva para la difusión y rendimiento de cuentas de las acciones que se acuerden entre los actores.

Medida de coordinación 2. Definir un comité de coordinación con representatividad e injerencia para apoyar a los líderes de la movilidad eléctrica. Es importante que en este comité existan representantes de los siguientes sectores:

- Transportistas foráneos y urbanos (autotransporte, paquetería-mensajería)
- Fabricantes de vehículos y equipos para infraestructura eléctrica
- Empresas con flota eléctrica propia
- Instituciones gubernamentales federales: CFE, SCT, SE, SENER, SEMARNAT, SHCP, SEP, CONACyT
- Organismos reguladores, de normalización, certificación y legisladores
- Academia e investigación
- Sistemas de conectividad
- Asociaciones empresariales y civiles
- Empresas del sector energético nacionales e internacionales

- Asociaciones de profesionistas
- Instituciones financieras públicas y privadas
- Cadenas de suministro de los clústeres automotrices
- Medios de comunicación

Medida de coordinación 3. Replicar los esquemas de coordinación y comités de trabajo a nivel local para impulsar programas piloto en diversas ciudades del país. La presencia de industria automotriz en más de 10 estados ha propiciado la generación de clústeres con alianzas donde participan entidades de gobierno, la academia y diversas asociaciones empresariales, que pueden favorecer el desarrollo de programas piloto en el reparto de urbano de mercancías.

Medida de coordinación 4. Impulsar la transferencia de conocimiento sobre la experiencia en el uso de flotas eléctricas entre los polos del sector autotransporte (hombre-camión y empresas con flotas eléctricas) para facilitar la adopción de la tecnología, reducir la desconfianza del mercado hacia la cadena de suministro de la electromovilidad, así como el desconocimiento sobre su operación entre los operadores de empresas pequeñas y medianas.

Medida de coordinación 5. Promover la creación de fideicomisos locales con participación pública y privada para el financiamiento de programas piloto de electrificación del autotransporte, en particular de aquellos con mayor intensidad de uso en zonas urbanas y altamente pobladas.

Alianzas. Crear grupos de trabajo para articular la acción y el diálogo en diferentes temas que atiendan las barreras identificadas para transitar a la electromovilidad. Algunos de los grupos de trabajo identificados son los siguientes:

- Desarrollo de tecnologías y fomento a la innovación (industria automotriz, de infraestructura eléctrica, de las TIC con la academia)
- Políticas de incentivos a través de instrumentos fiscales, de mercado y financieros, entre otros (gobierno, sector financiero público y privado, industria automotriz, sector transporte)
- Lineamientos básicos para la normatividad (gobierno, cámaras y asociaciones empresariales, apoyo técnico de sociedad civil)
- Criterios para la estandarización de tecnologías (gobierno e industria automotriz)
- Transformación de la industria automotriz y cadenas de suministro (gobierno e industria automotriz, asociaciones empresariales)

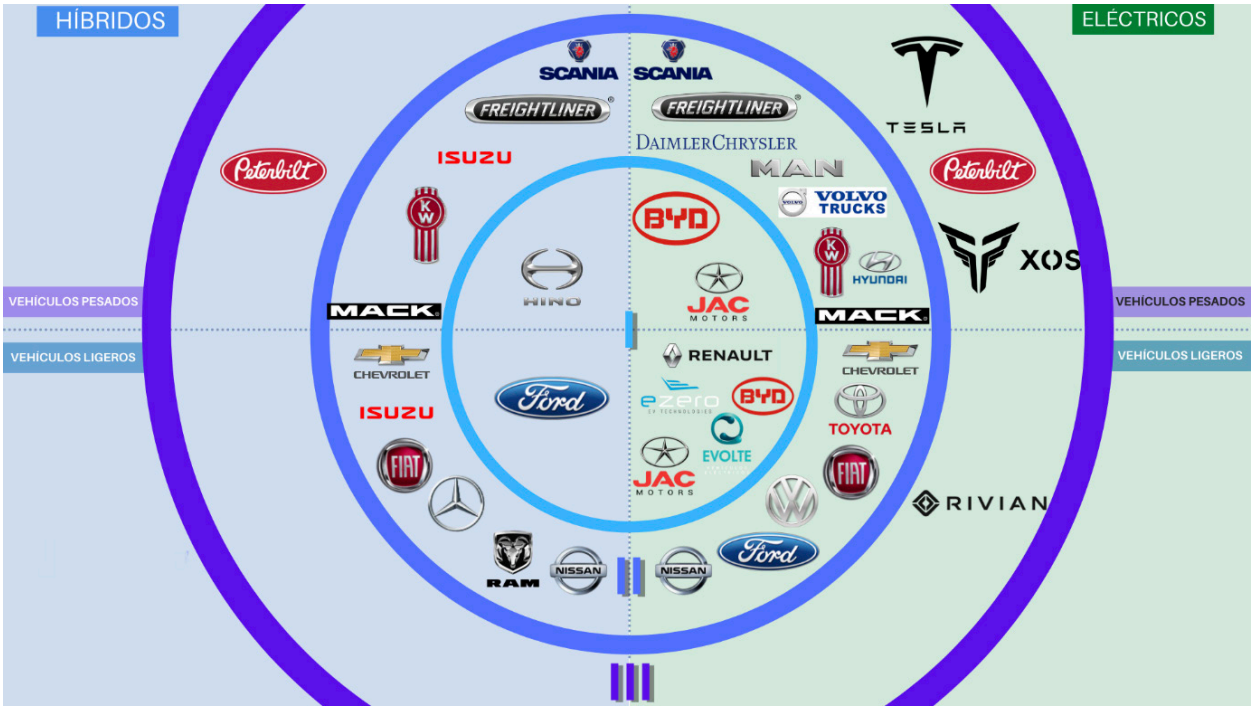
- Generación y suministro eléctrico (renovable) (industria automotriz y de infraestructura eléctrica, gobierno y sector financiero)
- Servicios postventa (asociaciones de comercio, industria automotriz, sector transporte)
- Difusión y comunicación de beneficios, resultados (medios de comunicación, sociedad civil, gobierno, industria y asociaciones empresariales)
- Sensibilización ciudadana y del sector transporte (medios de comunicación, sociedad civil, gobierno, industria y asociaciones empresariales y de transportistas)

8.3. Tecnologías disponibles

8.3.1. Mapa de actores

La Figura 8-2 representa el mapa de actores tecnológicos para impulsar la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México, incluyendo aquellos de las marcas de la industria automotriz nacional e internacional en la venta de vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados.

Figura 8-2. Mapa de actores tecnológicos para impulsar la electromovilidad en el sector de carga y última milla en México



Fuente: Elaboración propia, Centro Mario Molina.

I. Marcas de la industria automotriz en México que venden vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados

II. Marcas de la industria automotriz en México que sólo venden vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados en otros países

III. Marcas de la industria automotriz internacional que no venden vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados en México

8.3.2. Marcas de la industria automotriz en México que venden vehículos de carga eléctricos e híbridos, ligeros y pesados.

En México se han desarrollado diversos proyectos piloto en ciudades con experiencia en movilidad eléctrica en transporte de carga de última milla, lo que ha permitido a los fabricantes de estas tecnologías y empresas de transporte de carga divulgar sus casos de éxito y los beneficios logrados.

A continuación, se listan los vehículos eléctricos e híbridos que actualmente se comercializan en el país.

8.3.2.1. Vehículos eléctricos

Tabla 8-1. Renault Kangoo Z.E. – Mercado Libre -DHL

Peso bruto vehicular: 2130 kg, capacidad volumétrica: 4.6m³ (640 kg).
Batería: Iones de litio, peso de 255 kg, capacidad: 33 kWh, tiempo de recarga de 0% a 100% (con cargador de 7.0KWh): 5 hrs
Potencia: 60 hp, torque: 167 lb/pie
Velocidad: 130 km/h
Autonomía: 200 km

El Kangoo Z.E para México sólo está disponible en la variante Maxi, en configuración Cargo (Van) o cinco pasajeros.

El tren motriz cuenta con un motor al frente con 60 hp y 167 lb/pie de par para impulsar sus 1430 kg de peso en vacío.

Renault ofrece una autonomía real de 200 km por carga gracias a su batería de 33 kWh. El cargador que la marca ofrece, con capacidad de 7.4 kWh, puede recargarse aproximadamente en cinco horas desde cero al 100 % de la batería.

Tabla 8-2. VDT3 - MOLDEX - EVOLTE - BIMBO

Capacidad de carga:1 tonelada (sin caja seca)
Velocidad máxima: 80 km/hr
Autonomía: 60 – 95 km
Batería y duración: litio (10 años)
Peso de baterías: 250 kg

El cuidado del medio ambiente es una de las principales preocupaciones para Grupo Bimbo, por lo que, hacia el 2025, se ha propuesto operar con energía eléctrica 100 % renovable. Para lograrlo implementa varias estrategias, pero una que sobresale es la introducción de vehículos eléctricos para la distribución de sus productos.

Dichos vehículos fueron diseñados, en 2012, por jóvenes ingenieros mexicanos colaboradores de Grupo Bimbo, quienes crearon el primer modelo sustentable para la compañía, el cual ha evolucionado durante los últimos años y se fabrica en Moldex México, filial de Grupo Bimbo, que cuenta con una línea dedicada a la movilidad sustentable a través de vehículos utilitarios 100 % eléctricos enfocados a la carga ligera con distintas funciones como las distribuciones de productos de consumo para las metrópolis.

Actualmente, Grupo Bimbo posee la mayor flotilla de autos eléctricos en México y una de las más grandes en América Latina. A nivel nacional, circulan más de 500 vehículos en metrópolis como Guadalajara, Monterrey y Ciudad de México, entre otras. El objetivo de la empresa es que, en los próximos años, aumente en 4000 unidades.

Tabla 8-3. eZERO – 99 minutos

Metro
Capacidad de carga: 500 kg
Autonomía: 200 km

Capacity
Capacidad de Carga: 900 kg
Autonomía: 250 km

Elektro
Capacidad de Carga: ND
Autonomía: ND

El objetivo de la empresa mexicana eZERO es maximizar la eficiencia de entrega urbana reduciendo la huella de carbono general de las corporaciones utilizando vehículos logísticos con tecnología 100 % eléctrica.

eZERO ofrece una línea de vehículos utilitarios 100% eléctricos, sus modelos Metro, Capacity y Elektron proporcionan a las empresas una atractiva gama de opciones en cuanto a rango y autonomía. Actualmente, esta empresa, en alianza con EV Ready, ofrece más de 24 puntos de recarga, que pueden ubicarse en una aplicación para teléfonos inteligentes junto a todas las demás electrolineras funcionales en México.

Tabla 8-4. JAC - E SEI1 CARGO - E SUNRAY - E X350

E SEI1 CARGO
Potencia: 67 hp, torque 158 lb/pie
Batería: ion litio de 41 kWh, freno regenerativo, tiempo estimado de carga total (15-100 %) 7 h, tiempo estimado de carga con cargador rápido (30-80 %) 54 min
Autonomía: 400 km
Capacidad de carga: 350 kg

E SEI1 CARGO
Potencia: 67 hp, torque 158 lb/pie
Batería: ion litio de 41 kWh, freno regenerativo, tiempo estimado de carga total (15-100 %) 7 h, tiempo estimado de carga con cargador rápido (30-80 %) 54 min
Autonomía: 400 km
Capacidad de carga: 350 kg

E X350
Potencia: 174 hp, torque 855 lb/pie
Batería: fosfato de hierro y litio de 97 kWh, tiempo estimado de carga total (0-80%) 2 h con cargador rápido
Autonomía: 200 km
Capacidad de carga: 2150 kg

JAC es la marca china de mayor proyección comercial en México, y logró colocarse como líder nacional en venta de vehículos eléctricos. Su oferta dispone de vehículos comerciales, SUVs y ligeros.

Tabla 8-5. ELF 500 de Isuzu – FEMSA – Quimmco

Peso bruto vehicular: 7257 kg
Potencia: 200 kW, torque de 2100 Nm
Velocidad máxima: 100 km/h
Autonomía: 100 km

En 2018, FEMSA, a través de Solistica, y Grupo QUIMMCO desarrollaron el prototipo de un vehículo eléctrico de carga con el objetivo de desarrollar y coordinar estrategias que permitan aprovechar las tecnologías limpias y combustibles alternos, para abastecer las operaciones vehiculares de una manera sostenible y reducir el consumo de combustibles fósiles.

En el desarrollo del vehículo eléctrico, Solistica aportó su conocimiento operativo y las especificaciones necesarias para la unidad, y QUIMMCO, especialista en manufactura de componentes para la industria automotriz, acordó en conjunto con la primera el desarrollo de una solución basada en una plataforma ampliamente utilizada en la operación logística de FEMSA: El modelo ELF500 de Isuzu.

Tabla 8-6. FL 360 715 – Freightliner – Daimler - Quimmco

Peso bruto vehicular: 7000 kg
Velocidad máxima: 100 km/h
Autonomía: 120 km
Potencia: 200 kW con torque máximo de 2000 Nm

Pensado para el reparto de la última milla, Quimmco, en conjunto con Freightliner desarrollan un camión eléctrico con base en el FL360 715, que ofrece una autonomía de 120 kilómetros con una potencia de 200 kw, torque máximo de 2000 Nm, que alcanza una velocidad de 100 km.

El FL360 715 es un camión con cabina chata (*cab-over engine*), el más pequeño de la gama de los 360, al que se han adaptado gradualmente componentes para convertirlo en eléctrico, con la ventaja de que tiene bajo costo de mantenimiento, no emite contaminantes y es silencioso.

La capacidad de las baterías es de 63.5 kWh y el motor eléctrico no necesita mantenimiento por aproximadamente de cinco o seis años, solamente revisiones visuales de las conexiones.

Para recargar el vehículo FL 360 715 se usa una toma de corriente de 220 volt y en seis horas está listo, con cargador tipo 2 y baterías de litio-fierro fosfato. Con la regeneración de energía al detenerse el vehículo, los frenos se utilizan cuatro veces menos en comparación con una unidad convencional. El peso extra de las baterías es de máximo 300 kg en comparación con un tren motriz a diésel, que se compensaría con tener carrocerías de aluminio; una vez que las baterías cumplan con su vida útil, todavía se pueden reutilizar como bancos de energía para industrias, comercios, y en último caso, para casas-habitación.

Tabla 8-7. eCascadia - Daimler

eCascadia
Autonomía: 300 km
Potencia: 544 kW (700 hp**)**
Batería: 550 kWh recargable de alta velocidad (poco más de 100 minutos para cargar)

Freightliner eM2 106
Potencia: 358 kW (480 Hp)
Batería: 325 kWh. Para recuperar su energía cuentan con un sistema de carga rápida que alcanza el 80 % de su capacidad en aproximadamente una hora.
Autonomía: 370 km

La compañía automotriz Daimler, en su división de transporte de carga, presentó sus dos nuevos modelos de camiones eléctricos: el Freightliner eM2 106, de medio alcance, y el Freightliner eCascadia, de largo recorrido; este último se fabrica en México desde 2021 en las instalaciones de la automotriz alemana en Saltillo, Coahuila.

Tabla 8-8. BYD eT8a - BYD Company - Grupo Modelo

BYD eT8a
Capacidad de carga: 11 500 kg
Potencia: 150 kW
Batería: la recarga de su batería se realiza en 2 horas y media
Autonomía: 250 km
Velocidad: 100 km/h

Para dar inicio al programa piloto de “reparto libre de emisiones” en la Ciudad de México, Grupo Modelo, perteneciente a la firma AB InBev, dio a conocer a más de 80 socios comerciales en el país y de naciones de Latinoamérica el primer camión de carga pesada 100 % eléctrico. Éste forma parte de la estrategia de AB InBev para reducir en un 25 % las emisiones de gases de efecto invernadero en sus operaciones para 2025.

Lo anterior es posible porque la recuperación de energía de las baterías se realiza durante la desaceleración del camión y la aplicación de frenos, a partir de que los motores de tracción cambian al modo generador y suministran energía eléctrica a los acumuladores, recargando los mismos de acuerdo con parámetros establecidos según la topografía y condiciones de la ruta.

Tabla 8-9. BYD - T3 - Danone

BYD T3
Capacidad de carga: 1500 kg
Potencia: 160 kW
Batería: 48 kWh. La recarga de su batería se realiza en 1 hora y media con un cargador de 40 kW
Autonomía: 300 km
Velocidad: 100 km/h

Danone continúa apostando por la sustentabilidad de su flota de última milla, por lo que diseñó su primer vehículo eléctrico refrigerado en México en conjunto con BYD, Thermoking, Industrias Zubiría y Element.

Esta alianza ha permitido desarrollar el proyecto de van refrigerada, el proyecto nano, que es un vehículo subcompacto que puede cargar hasta 250 kilogramos y es capaz de circular en las zonas urbanas, además de una unidad híbrida eléctrica.

Tabla 8-10. Volkswagen – eTransporter - eCrafter

eTransporter
Capacidad de carga: 1091 kg
Potencia: 83 kW (113 Hp**)**
Batería: de iones de litio con un peso de 333 kg
Autonomía: 138 km

eCrafter
Capacidad de carga: 1710 kg
Potencia: 100 kW (134 Hp)
Batería: de iones de litio que recupera el 80 % de su capacidad en aproximadamente 45 minutos con un enchufe de carga rápida
Autonomía: 170 km
Velocidad: 90 km/h

La sobredemanda inesperada de vehículos de reparto, en medio de una creciente necesidad de entregar productos a domicilio, ha motivado a Volkswagen a ampliar su oferta de vanes con las versiones eléctricas de sus modelos Transporter y Crafter, que circulan ya en Europa. A partir de agosto de 2020 se realizaron pruebas piloto en el mercado mexicano con el objetivo de garantizar que las unidades sean funcionales, pero ahora con una sola carga de batería.

8.3.2.2. Vehículos híbridos

Tabla 8-11. HINO – Serie 300 516 - 616 - 816

516 HV - EURO V / Serie 300 Híbrido

Capacidad de carga: 2275 kg
Motor: HINO / N04C-UR / diésel / 4 cilindros / 4009 L, torque máximo 310 lb-pie @ 1400 rpm. potencia máxima148 hp @ 2500 rpm

616 HV - EURO V / Serie 300 Híbrido
Capacidad de carga: 3105 kg
Motor: HINO / N04C-UR / diésel / 4 cilindros / 4009 L, torque máximo 310 lb-pie @ 1400 rpm. potencia máxima148 hp @ 2500 rpm

816 HV - EURO V / Serie 300 Híbrido
Capacidad de carga: 4480 kg
Motor: HINO / N04C-UR / diésel / 4 cilindros / 4009 L, torque máximo 310 lb-pie @ 1400 rpm. potencia máxima148 hp @ 2500 rpm

HINO vendió en 2015 88 unidades a solo cinco empresas; pero en el año 2019, ya se han vendido 250 camiones a 60 clientes. Lo importante no es la cantidad, sino que más clientes

están participando en el cuidado del medio ambiente con la tecnología de los camiones híbridos que usan menos combustible, producen menos contaminación y son más ecológicos, lo que ha posicionado a HINO México como líder mundial en venta de híbridos

Tabla 8-12. FORD - LOBO LIMITED HEV - F-150 HEV

FORD LOBO LIMITED HEV
Capacidad de carga: 830 kg
Motor: 3.5 L PowerBoost V6 HEV con 431 HP y 577 lb/pie de torque

FORD F-150 HEV
Capacidad de carga: 830 kg
Motor: 3.5L PowerBoost V6 HEV con 431 HP y 577 lb/pie de torque

La nueva generación de la Ford F-150 Lobo con la variante híbrida tiene capacidad de trabajo y equipo de conectividad.

Uno de los detalles más sobresalientes es que el conjunto híbrido podría alcanzar un estimado de hasta 1 126 kilómetros de autonomía con un solo tanque, al tiempo que entrega una capacidad de remolque superior a las 5 toneladas (12 000 libras).

Además de funcionar como tren de potencia, el nuevo generador eléctrico también trabaja como una fuente de energía externa Pro Power Onboard, que permite entregar energía constante a sitios como campamentos gracias a una toma de 2.0 kw en motores de gasolina convencionales y de 2.4 o 7.2 kilowatts de salida opcional. La energía puede ser suministrada a los equipos electrónicos a través de tomas de 120 V y 20 A, ubicadas en la cabina; y de 240 V y 30 A, en la versión de 7.2 kw.

9

Posibles actuaciones en México

9. Posibles actuaciones en México

En esta sección se proponen acciones que podrían llevarse a cabo para promover la electromovilidad en el transporte de carga. Se establecen, en primer lugar, las líneas estratégicas y medidas asociadas, y se define a continuación una gradualidad de éstas por sector según su nivel de complejidad. Finalmente, se analizan posibles barreras en México para implementar políticas en este ámbito.

9.1 Líneas estratégicas

A nivel federal

LE1. Focalizar la intervención en el corto plazo en la electrificación de los vehículos livianos para el reparto urbano. Trabajar en una hoja de ruta hacia el 2030 para proveer las soluciones más adecuadas para vehículos de mayor porte de operación regional y largas distancias. *Resultado esperado: Estrategia para la incorporación progresiva de vehículos eléctricos con beneficios en reducciones de CO_2, polución en zonas urbanas y ruido.*

- **Antecedentes:** En Chile, la incorporación de flota eléctrica está liderada por empresas de consumo masivo que la emplean para distribución de última milla de productos propios (CCU – cervezas, bebidas) o de servicios (Aguas Andinas –agua corriente–, Correos de Chile) y por empresas de logística urbana.

  En Colombia, semejante al caso de CCU, fue la empresa de cerveza Bavaria, una de las más avanzadas en la incorporación de este tipo de vehículos para la distribución de última milla. En ese país, una alianza entre Renting Colombia (perteneciente a Bancolombia) y Auteco avanzó con sus planes de lanzar 1000 camiones eléctricos para entrega de mercancías con un rango de capacidad de 3 a 10 toneladas.

  En Uruguay, la empresa eléctrica UTE ha incorporado vehículos eléctricos utilitarios para la provisión de servicios. En Brasil, PEPSICO (también distribuidor de bebidas y botanas) ha iniciado en el 2020 un piloto para la distribución de última milla con vehículos con paneles fotovoltaicos.

- **Posibles complicaciones:** Existe el riesgo de que los compradores prioricen una baja inversión inicial por encima del costo total de la vida útil de la unidad, dependiendo de cuál sea la dimensión y las características de la organización o del transportista. Los costos de adquisición y adaptación de las instalaciones son mayores que con una flota de combustión interna, aunque los costos totales de operación pueden verse significativamente reducidos. Este margen económico favorable depende también de la intensidad de uso, el ciclo de vida del equipamiento, el horizonte de operación y la expectativa a futuro de la gerencia empresarial.

  Adicionalmente, se comprueba que los gobiernos priorizan la electrificación del transporte público y, después, la de la flota de taxis y vehículos utilitarios de la administración pública. Esto se debe al impacto social de dichas decisiones y a la

capacidad de exhibirlas como un exponente de la modernización del Estado. Esta orientación también determina que las iniciativas estén sujetas en mayor medida a la planificación de empresas privadas que, adicionalmente, tengan esa capacidad de transformación. La asistencia y acompañamiento del Estado está menos presente en el sector logístico que en el caso del transporte público.

LE2. Elaborar planes de asistencia financiera y técnica para el recambio escalonado de la flota según su antigüedad. *Resultado esperado: Beneficios para pequeñas empresas que se enfrentan a costos elevados para adquirir nuevos vehículos. Incentivo adicional al desguace de vehículos más antiguos, porque son menos eficientes energéticamente, más contaminantes y presentan peores condiciones de seguridad vial.*

- **Antecedentes:** En el año 2016, el Ministerio de Transporte de Argentina lanzó el Plan Canje para la Renovación de Camiones, que contemplaba, en una primera etapa, la destrucción de modelos anteriores al año 1982 y la financiación requerida para la renovación del parque vía subsidio en las líneas de crédito de los bancos suscritos a este programa. No mencionaba explícitamente la adquisición de camiones eléctricos, pero sí la modernización escalonada que, en la fase superior, involucraba a modelos Euro V o superiores. Previamente, el programa REFLOTA del 2012 bonificaba en 4 puntos las líneas de crédito existentes del Banco Nación para la compra de vehículos nuevos.

  Colombia ha tenido una trayectoria extendida en programas de modernización de flota. El último fue durante el año 2019, cuando el gobierno de ese país lanzó el Programa de Modernización de Vehículos de Carga, destinado a la renovación de una flota de la cual más del 47 % de las unidades se encontraba por encima de 20 años de antigüedad. Como parte del plan se ofrecían reconocimientos económicos del valor del nuevo vehículo con un rango del 40 % al 100 %, sumado a diferentes exenciones impositivas. Estos beneficios se ofrecían con el compromiso asociado de desintegrar el vehículo antiguo según se ajustara a unas características establecidas. Los programas de renovación en Colombia han tendido a ser no escalonados sino “uno a uno”: para acceder al beneficio hay que chatarrizar una unidad vieja. Aunque es un plan de asistencia financiera para la modernización, tampoco hay una mención explícita de que el programa alcance a vehículos eléctricos.

  Existieron programas semejantes de recambio de flota de camiones en Chile, Brasil y en México, aunque ninguno orientado de forma específica a camiones eléctricos.

- **Posibles complicaciones:** En programas de renovación previos se comprobó que los operadores individuales (hombres-camión, en términos de México) muchas veces no reúnen las condiciones para ser sujetos de crédito, incluso de bancos públicos, o tienen dificultades para demostrar su nivel de ingresos y solidez financiera. Adicionalmente, los transportistas con múltiples vehículos y mayor estructura organizacional tienen más posibilidades de contar con la experiencia y conocimiento de los procedimientos administrativos y la capacidad de llevarlos adelante que los operadores individuales. Otros planes previos no entregaron los objetivos esperados en cuanto al tipo de modelo

adquirido porque los compradores priorizaron la baja inversión inicial por encima del costo total de la vida útil de la unidad. Así, los programas no explotaron su mayor potencial.

LE3. Trabajar la colaboración entre el sector público y el privado para la generación de capacidades de inversión en tecnología, así como I+D para el desarrollo de nuevas soluciones de carga y almacenamiento. Adaptar normas con el propósito de beneficiar a la industria local. Generar sinergias entre diferentes actores. *Resultado esperado: Desarrollo de tecnologías de acuerdo con los requerimientos del mercado mexicano. Identificación de las necesidades de la industria y de las nuevas capacidades requeridas para mantener el liderazgo regional.*

- **Antecedentes:** En Chile se formó un consorcio público-privado de movilidad eléctrica que apunta a volver al país andino un líder regional en este terreno. Este consorcio cuenta con el apoyo del Ministerio de Transporte, el Centro de Investigación y Desarrollo Mario Molina, Sofofa (la cámara de la industria), Enel (grupo eléctrico más grande de Chile), CORFO, ONU Medio Ambiente y el Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia.

  En Colombia, a través del proyecto de movilidad eléctrica Movilidad Sostenible en Transporte de Carga en Colombia, que se trabajó junto a Renting Colombia y P4G (Partnering for Green Growth), se lanzó una plataforma que fomenta alianzas público-privadas para promover el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo de ese país. En Bogotá específicamente, la Alcaldía de la ciudad estableció en 2016 un Grupo de Cargas con el propósito de desarrollar políticas innovadoras en el terreno de la logística urbana.

  En Argentina, durante el 2018, el gobierno de la ciudad de Buenos Aires ofreció su servicio de monitoreo técnico-científico de un proyecto piloto de incorporación de vehículos eléctricos (modelo utilitario Renault Kangoo ZE) por la empresa de logística Andreani, y demostró así la posibilidad de contribución al desarrollo también de las autoridades locales.

  En muchos países, como México, Brasil, Chile y Argentina, se presenta una base productiva instalada de fabricación de componentes de vehículos eléctricos o de unidades completas que, con la asistencia de organismos técnico-científicos del sector público, puede ser escalada hacia vehículos de carga. En algunos casos, son cambios regulatorios a medida los que favorecen la fabricación local. Por ejemplo, en Argentina, en 2017, se incorporó explícitamente el motor eléctrico al Reglamento de la Ley de Tránsito y se homologaron los modelos de vehículos L6 y L7 (con capacidad para dos personas), lo que era un reclamo de los fabricantes locales para incorporar estas configuraciones a su producción.

- **Posibles complicaciones:** El COVID-19 y el desaceleramiento de la economía se presentan como desafíos para la inversión privada en innovación en descarbonización y, posiblemente, pueden desacelerar los avances en el desarrollo de energías limpias. Según un informe del International Energy Agency sobre el estado actual del desarrollo en energías no fósiles, varias empresas informaron caídas interanuales en los recursos destinados a R+D en el primer trimestre del 2020, y la inversión de capital en el sector

energético cayó 18 % (IEA, 2020). Es probable que los impactos sean desiguales entre países y regiones, lo que también abre un escenario más crítico para el Sur global. En un informe del 2017 del Banco Mundial sobre la infraestructura en América Latina y el Caribe, se reconoce que esta es una de las regiones del mundo que menos invierte en infraestructura pública y privada, sólo superando al África Subshariana (Banco Mundial, 2017).

A nivel local

LE4. Establecer medidas localizadas que sean, al mismo tiempo, un incentivo hacia la electrificación y un desincentivo al mantenimiento de la flota a combustión, por ejemplo, las políticas de acceso, las zonas de bajas emisiones o las restricciones horarias para el acceso al centro de las ciudades, las zonas exclusivas de carga y descarga u otros permisos de aparcamiento. *Resultado esperado: Equilibrar la diferencia entre el costo total de propiedad de vehículos eléctricos frente a vehículos convencionales.*

- **Antecedentes:** En Buenos Aires, a partir del año 2012 se viene ampliando la zona de restricción vehicular del centro de la ciudad. A partir del 2019, esta restricción al ingreso de vehículos particulares al área central (exceptuando residentes, dueños de cocheras y personas con un permiso especial) abarca 260 cuadras y se extiende entre las 9 y las 18 h. Se implementó un Sistema de Reconocimiento de Matrículas que permite verificar los vehículos que ingresan al centro, en tiempo real y de forma totalmente automática. El plan cuenta con horarios y permisos especiales para la carga y descarga de mercadería.

  En ciudades de Chile, Colombia, Brasil, Ecuador y Costa Rica está presente la política de “pico y placa” (rodízio veicular en Brasil), medida basada en la restricción de circulación durante ciertas horas según el dígito final de la matrícula o placa. Las medidas de restricción de acceso se ejecutan en favor de la calidad del aire y la reducción de la congestión vehicular. Pero, adicionalmente, sobre ellas se pueden generar esquemas para mejorar las condiciones de operación del servicio público y la logística. Adicionalmente, la Prefeitura de Fortaleza, en Brasil, ha introducido zonas de carga y descarga tarifadas con el propósito de fomentar su empleo eficiente y la rotación de vehículos, lo que evita demoras excesivas en el tiempo de aparcamiento.

- **Posibles complicaciones:** Oposición de frentistas, comerciantes, residentes y otros usuarios de las vías. Necesidad de desplegar complejos sistemas automáticos para la fiscalización. Riesgo de niveles altos de incumplimiento y violación de las normas o invasión de los espacios designados.

LE5. Fortalecer la multimodalidad y el traslado de la carga a vehículos más livianos para cubrir la distribución de última milla, y así facilitar una escala menor que es más fácil cubrir con soluciones de electromovilidad. Incorporar y complementar con medidas de logística que involucren centros de distribución en áreas estratégicas que puedan reducir las distancias que se recorren y facilitar la adopción de la movilidad eléctrica en este tipo de vehículos. *Resultado esperado: Facilitar la conversión a la electromovilidad de vehículos de distribución de última milla por sus menores requerimientos de recarga y potencia.*

- **Antecedentes:** En muchas ciudades latinoamericanas es frecuente la existencia de pequeños galpones en áreas residenciales, que a veces se ubican en antiguas viviendas, donde se desarrolla un trasvase de actividades logísticas de una escala media a pequeña. Muchas de ellas se dedican a concentrar carga para distribución de última milla, y en la práctica funcionan como pequeñas microplataformas de intercambio. Otros ejemplos implican emprendimientos de mayor dimensión movilizados por el sector público. En Cali, Colombia, está el ejemplo del CENCAR, un centro de intercambio logístico surgido en 1986 para atraer los camiones que aparcaban en Cali hacia las afueras de la ciudad (en el Municipio de Yumbo), lo que permite el traspaso de la carga a vehículos de menor porte.

- **Posibles complicaciones:** Disponibilidad de galpones, naves o espacios físicos adecuados localizados en ubicaciones aceptables y estratégicas para desplegar este tipo de funcionalidad. Dificultad para ordenar la actividad de los centros de intercambio informales que ya operan en la actualidad.

LE6. Identificar las zonas prioritarias para la instalación de puntos de recarga en centros logísticos o en otros puntos de la ciudad o la carretera como los estacionamientos. Delinear una estrategia y una hoja de ruta para la incorporación. A partir de esto, trabajar con las empresas logísticas, eléctricas e instaladoras para promover su implementación.

- **Antecedentes:** Buenos ejemplos de identificación de zonas prioritarias para el transporte de carga son los corredores eléctricos presentes en varios de los países líderes de la región. Podemos mencionar el caso de Chile, con un corredor de 730 km entre Marbella y Temuco, otro de 500 km entre Temuco y Chiloé, y uno más de 70 km entre Coyhaique y Aysén; el corredor costero de Uruguay, con 30 puntos de carga semirrápidos de la compañía eléctrica o el corredor de 434 km con 6 estaciones de carga entre Río de Janeiro y Sao Paulo. No obstante, en áreas urbanas, muchos de los trabajos para la identificación de puntos óptimos de recarga se basan en patrones de tránsito de vehículos particulares o en proximidad de puntos atractores de viajes frecuentes (universidades, centros comerciales, lugares de espectáculos), aunque no necesariamente coinciden con la conveniencia y optimización de la operación logística.

  Esta es la lógica de la localización, por ejemplo, que las Empresas Públicas de Medellín dispusieron para la instalación de los treinta cargadores públicos. También diferentes trabajos de investigadores académicos han desarrollado modelos que minimizan los costos de acceso en función de las distancias entre puntos de recarga y destinos finales (Chen et al., 2013), modelos que priorizan la densidad de tráfico (Phonrattanasak et al., 2014) y otros que buscan un equilibrio entre la congestión de la red eléctrica y del sistema de tránsito vehicular (Narvaez Enriquez, 2019), pero ninguno de ellos pone el foco en las necesidades específicas de la operación de transporte de carga.

- **Posibles complicaciones:** Alto costo inicial para la instalación de infraestructura de recarga y necesidad de contar con el interés del sector privado que garantice su rentabilidad. Limitaciones de capacidad de la generación eléctrica y de presión sobre la red de distribución.

En todos los niveles del Estado

LE7. Ofrecer beneficios impositivos diferenciales para la adquisición de vehículos eléctricos, híbridos o de hidrógeno, dependiendo del caso. *Resultado esperado: Generar un incentivo económico que haga más atractiva la alta inversión de capital inicial de los vehículos eléctricos frente a los convencionales.*

- **Antecedentes:** En Argentina, en 2017 se redujo el arancel de importación para autos y utilitarios livianos eléctricos e híbridos. La reducción avanzó del 35 al 5 %, 2 % para híbridos y eléctricos completos, y 0 % para híbridos y eléctricos SKD y CKD. En Brasil se modificó por ley el Impuesto a los Productos Industrializados (IPI) entre 7 % y 18 % para vehículos eléctricos, y entre 9 % y 20 % para híbridos, dependiendo del peso y la eficiencia. Se redujeron también los aranceles de 35 % a 0 % para vehículos eléctricos y entre 0 % y 7 % para vehículos híbridos convencionales o *plug-in*. Al mismo tiempo, 10 estados se han sumado con exenciones impositivas parciales o totales a los dueños de vehículos eléctricos.

  En el 2018, Costa Rica aprobó la ley 9.518, que se convirtió en la primera ley integral sobre movilidad eléctrica de la región. En ella se establecen incentivos fiscales y no fiscales para acelerar la transición a vehículos de energía limpia.

  En Ecuador, la Ley Orgánica sobre Eficiencia Energética elimina el Impuesto al Valor Agregado y el impuesto al consumo especial sobre los vehículos eléctricos por un plazo de cinco años. En la misma línea, la Resolución 016/2019 ofrece una exención del impuesto a la importación para todos los vehículos eléctricos con un valor inferior a USD 40 000.

- **Posibles complicaciones:** Favorecer las ventajas arancelarias para componentes o vehículos eléctricos importados puede ser un desincentivo para la promoción de la industria local de componentes y vehículos.

- **Complicaciones:** Reducciones en la recaudación fiscal de los Estados que pueden encontrar resistencia entre los equipos técnicos o suscitar pujas políticas o parlamentarias. Medidas que requieren construir consensos políticos para su implementación.

LE8. Establecer criterios de *green procurement* en las licitaciones y contratos de equipamiento para agencias gubernamentales o sus contratistas y proveedores. *Resultado esperado: Crear una demanda incipiente de vehículos eléctricos mediante procedimientos administrativos establecidos que permita financiar desarrollos e innovaciones en este campo.*

- **Antecedentes:** En Uruguay, los principios de sostenibilidad en las compras y contrataciones públicas están impuestas por una serie de leyes. La Ley de Eficiencia Energética No. 18 597 requiere que los compradores consideren los costos del ciclo de vida completo de los bienes: precio de compra, costo operativo, gestión de residuos operativos y eliminación al final de su vida útil. El artículo 288 de la Constitución ecuatoriana hace una referencia explícita a las compras y contrataciones públicas sostenibles de esta forma:

La contratación pública seguirá criterios de eficiencia, transparencia, calidad y responsabilidad ambiental y social. Se priorizarán los productos y servicios nacionales, en particular los provenientes de la economía popular y solidaria, y de micro, pequeñas y medianas unidades productivas.

- Como ejemplo adicional de transparencia en las compras públicas, en junio de 2014, como parte de un esfuerzo por combatir la corrupción del sector público, el gobierno de República Dominicana promulgó el Decreto 188-14 para definir y regular la participación ciudadana y el control de la contratación pública. Creó Comités Ciudadanos de Supervisión, órganos independientes integrados por ciudadanos y representantes de la sociedad civil que monitorean las actividades de compras de las agencias gubernamentales. Las agencias públicas deben proporcionar cualquier información solicitada por el Comité correspondiente. No obstante, observando los principios de compras públicas sostenibles presentes en los marcos legales latinoamericanos, el avance hacia la electromovilidad y las energías limpias todavía no son objetivos enunciados de manera explícita.

- **Complicaciones:** Necesidad de que las medidas se implementen de manera gradual para permitir el acomodamiento de los proveedores existentes en el mercado, con el riesgo de que algunas licitaciones queden desiertas si los nuevos requerimientos técnicos son difíciles de cumplir. Posibilidad de que los nuevos requerimientos aumenten el valor económico de las ofertas que se presentan en licitaciones y otras convocatorias.

9.2 Posibles medidas

1. Plan escalonado de canje de vehículos. Programa de asistencia financiera y técnica orientada al sector transportista (empresas o unipersonales ya inscritos). En primer lugar, se buscaría que los dueños de camiones con una antigüedad elevada (rango a ser determinado posteriormente) los entreguen para su chatarrización a cambio de un certificado por un valor igual o levemente mayor al precio de mercado. Los vendedores de dichos vehículos tendrían un incentivo para adquirir un camión eléctrico nuevo o de bajo kilometraje con financiación subsidiada. Entre los criterios para la inclusión de modelos en dicho programa se pueden tomar en cuenta aquellos que tengan piezas de producción o ensamblado nacional, para la promoción de la industria. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE2**)

2. Aplicación de la normativa sobre antigüedad de la flota. La no aplicación de la normativa de antigüedad puede estar entre las causas de la continuidad de camiones de gran antigüedad en las carreteras, y mantiene alto su valor de rezago y vida útil. (**Línea estratégica asociada: LE2**)

3. Centros Intercambiadores para la Logística. Con el propósito de fomentar la utilización de vehículos más livianos y eléctricos para la distribución de última milla, y con el objetivo adicional de evitar que camiones pesados ingresen al centro denso de la ciudad, donde su impacto es mayor, se debe trabajar en ofrecer establecimientos para el intercambio logístico con diferentes prestaciones convenientes a las empresas transportistas. Los vehículos más pequeños son más propensos a convertirse en eléctricos por sus menores requerimientos en cuanto a almacenamiento de energía y potencia. De esta

forma, la implementación de Centros Intercambiadores favorece la incorporación de vehículos eléctricos en la zona más densa de la ciudad como parte de una cadena logística que emplea unidades de mayor porte en etapas previas. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE5**)

4. Asistencia a municipios en la planificación de políticas de acceso. Las Zonas de Bajas Emisiones, las restricciones horarias al ingreso de ciertos vehículos al centro, tarifas diferenciales para el ingreso al centro son buenos ejemplos de medidas que incentivan la transición de camiones de combustión a tecnología más limpia, con lo que internalizan parte del costo de las externalidades negativas. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE4**)

5. Preferencia de los vehículos eléctricos en zonas de aparcamiento o de carga y descarga de mercancías. Es común que en las avenidas de zonas comerciales, y con el propósito de favorecer la fluidez de la circulación y no generar obstáculos visuales que perjudiquen la seguridad, se instalen dársenas para la carga y descarga de mercadería. Existen también otras áreas de carga y descarga con una configuración diferente pero un propósito similar. Una política posible para la logística eléctrica es dar prioridad o preferencia a camiones eléctricos en estas zonas de detención o aparcamiento como incentivo a la inversión de los transportistas en estos vehículos. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE4**)

6. Desarrollar planes estratégicos a nivel local para descarbonizar el transporte de carga. Redactar documentos donde se despliegue una hoja de ruta a nivel local para contribuir desde el municipio al cumplimiento de metas más amplias de nivel nacional y delinear una estrategia de acción que considere las especificidades del entorno urbano/metropolitano. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE4**)

7. Creación de unidades encargadas de la planificación de la logística urbana al nivel de las municipalidades. El propósito es crear unidades que posean personal con conocimientos y capacidades específicas de interlocución con los actores implicados en el transporte de cargas. Puede tratarse de una unidad unipersonal o de un departamento pequeño en función de la dimensión y las características de la ciudad. París, Londres, Gotemburgo y, en América Latina, Bogotá tienen este tipo de estructuras en sus gobiernos municipales. (**Línea estratégica asociada: LE4, LE5**)

8. Realizar un estudio que permita identificar los principales corredores y zonas logísticas y su nivel de demanda por los transportistas. Crear una metodología para la ubicación óptima de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en la red de distribución de energía eléctrica que posibilite la toma de decisiones en el futuro. A partir de esta evaluación, es posible planificar con criterios racionales el establecimiento de puntos de carga y su distancia de separación óptima para obtener el mayor rendimiento. Pensar las prestaciones adicionales que deberían tener estos puntos en corredores logísticos para hacer coincidir el tiempo de carga con el reposo del conductor. (**Línea estratégica asociada: LE6**)

9. Reducción o eximición de tasas nacionales y locales asociadas a la propiedad y circulación del automotor a quienes incorporen vehículos eléctricos, híbridos o de las características técnicas que luego se dispongan. Es posible considerar en esta medida modelos específicos que incluyan piezas de producción o ensamblado nacional como promoción a la industria. (**Línea estratégica asociada: LE7**)

10. Microcréditos para la compra de soluciones de micrologística eléctrica (por ejemplo, bicicargos o triciclos eléctricos). En muchos casos, el tipo de distribución de productos a consumidor final que se potenció con la pandemia puede solucionarse con mucho menos recursos que los involucrados en un camión o furgoneta. Los microcréditos destinados a micrologística eléctrica, a financiarse en periodo corto de tiempo y con montos bajos, ofrecen una buena alternativa para pequeños comerciantes que distribuyen en sus barrios. La promoción de esta micrologística va acompañada de la construcción de infraestructura adaptada a estas condiciones de uso, por ejemplo, espacios de detención y aparcamiento apropiados para una bicicargo o vehículos similares. (**Línea estratégica asociada: LE1, LE2, LE4**)

11. Programas para atraer inversiones para la red de carga. Colaboración entre el sector público y el privado. Dotar a las empresas eléctricas de un rol más activo como motorizadoras de una cadena de valor en la que participan otras empresas subcontratistas instaladoras de infraestructura y soluciones de recarga. Se recomienda que el Estado federal actúe como facilitador reuniendo en una mesa de trabajo a las empresas distribuidoras de electricidad, estaciones de servicio, fabricantes de automotores, concesionarios, las diferentes administraciones públicas y otras instituciones. Esta inversión debe estar abocada al crecimiento de la red de recarga con sus diferentes variaciones y velocidades de carga (a partir de 350 kW) y con un avance progresivo de la cobertura. (**Línea estratégica asociada: LE3, LE6**)

12. Concursos para el desarrollo de innovaciones tecnológicas. Llamados a concurso para encontrar soluciones creativas e innovadoras para las distintas barreras tecnológicas que se presentan en la actualidad (autonomía de los vehículos, velocidad de carga, adaptación de la red eléctrica, etc). Premio de valor monetario para el desarrollo y ejecución del proyecto. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

13. Homologación de modelos de vehículos eléctricos (o sus componentes) que puedan ser producidos en el país. Trabajar sobre la modificación de estándares y normativas industriales para la homologación de modelos para que alcancen la certificación correspondiente y puedan ser abordados por la industria nacional. Cuando corresponda, realizar modificaciones en la ley de tránsito o afines para incorporar de manera explícita a los vehículos de motor eléctrico en sus diferentes especificaciones. Trabajar la homologación también para la infraestructura de recarga. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

14. Programa para adquirir prácticas de eficiencia energética que reduzcan el uso del combustible. Brindará información, asesoramiento y capacitación en temas de eficiencia energética. Se pueden generar bases de datos de proveedores de tecnologías y

transportadoras de carga de combustible eficientes. En paralelo a la electrificación de la flota, la eficiencia energética es otro aspecto sobre el cual trabajar con los camiones a combustión. Una menor demanda energética en operaciones facilita la adopción de soluciones de electromovilidad. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

15. Cesión de vehículos eléctricos a operadores logísticos para su prueba. Es interesante observar aquí el caso del municipio de Santiago de Chile, donde las autoridades desplegaron un plan para que transportistas obtengan en cesión equipamiento para probarlo durante 2 o 3 meses y conocer sus ventajas. Al mismo tiempo, la prueba de los vehículos permitió hacer un seguimiento de las métricas de desempeño de las unidades. Este proyecto fue posible por la articulación y trabajo conjunto del sector público y privado. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

16. Cursos de capacitación en conducción de camiones eléctricos desde agencias del Estado. En un trabajo colaborativo entre agencias estatales (energía, seguridad vial), cámaras de empresarios del transporte y sindicatos de conductores, ofrecer contenidos a transportistas y conductores de camiones para generar conciencia y habilidades específicas en el manejo de estos vehículos. Generar programas y contenidos que puedan ser replicados en otras oportunidades, así como campañas de información y promoción de los beneficios de los vehículos eléctricos en las diferentes escalas de la logística. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

17. Generar una mesa de trabajo para la coordinación entre la Comisión Reguladora de Energía, empresas proveedoras de electricidad y desarrolladoras e instaladoras de puntos de carga para abordar las adaptaciones requeridas por la red eléctrica. Será un espacio para afianzar el compromiso y participación en el proceso de transformación. Esta mesa de trabajo debe reunirse de manera periódica y establecer metas de cumplimiento y métricas de avance que puedan ser monitoreadas. Se espera que a partir de esta coordinación se generen las condiciones en la red eléctrica para desplegar unos niveles mínimos de infraestructura que permitan la operación con vehículos eléctricos, así se reducirían los costos de implementación para los primeros operadores en adoptar la electromovilidad. (**Línea estratégica asociada: LE3, LE6**)

18. Incorporar cláusulas de “compras públicas verdes” (*green procurement*) en las licitaciones de los diferentes niveles del Estado. Las licitaciones, además de facilitar la competencia, la alta participación, la transparencia y el principio de no discriminación, pueden emplear incentivos económicos para alcanzar ambiciones trascendentales de la sociedad, como es la protección de los ambientes naturales y humanos. Las condiciones de participación y evaluación establecidas en las bases de las convocatorias ofrecen incentivos para direccionar la demanda hacia productos y servicios sostenibles. (**Línea estratégica asociada: LE8**)

19. Medias de cooperación y alianzas detalladas en la sección 8.2. (**Línea estratégica asociada: LE3**)

9.3. Priorización temporal y sectorial

Con base en la revisión del estado del arte a nivel internacional (sección 1), la distinción esencial en cuanto a la viabilidad de incorporar soluciones de electromovilidad por sectores se relaciona con el alcance o escala en la distribución; mientras más amplias, implican operaciones de transporte más largas y con vehículos más pesados, por lo que los requerimientos de almacenaje de energía y potencia son mucho mayores. En este sentido, la clasificación sectorial preliminar en esta actividad distingue los siguientes sectores:

- **Distribución de última milla (UM):** paquetería de entregas al consumidor final o comercios, productos refrigerados, gestión de residuos urbanos, etc.

- **Distribución regional (RG):** paquetería de entregas a comercios o centros de distribución local, productos refrigerados, carga general, productos energéticos, gestión de residuos, etc.

- **Distribución de larga distancia (LG):** contenedores, graneles, carga general, productos refrigerados para entregas a industrias o centros de distribución regionales

Dado el nivel de complejidad de las acciones y la madurez tecnológica para cada segmento, se establece una gradualidad de las medidas en función de los siguientes plazos:

- **Corto plazo:** objetivos cumplidos en los primeros 3 años

- **Mediano plazo:** objetivos cumplidos entre los próximos 3 y 7 años

- **Largo plazo:** objetivos cumplidos a más de 7 años

Tabla 9-1. Propuesta de gradualidad de las medidas

	Corto plazo			Mediano plazo			Largo plazo		
Medidas	**UM**	**RG**	**LD**	**UM**	**RG**	**LD**	**UM**	**RG**	**LD**
1. Plan escalonado de canje de vehículos	■				■				■
2. Aplicación de la normativa sobre antigüedad de la flota				■	■	■			
3. Centros Intercambiadores para la logística				■	■				
4. Asistencia a municipios en la planificación de políticas de acceso	■								
5. Preferencia de los vehículos eléctricos en zonas de aparcamiento o de carga y descarga de mercancías				■					
6. Elaboración de plan estratégico a nivel local	■								
7. Crear unidades de planificación a nivel municipal	■								
8. Realizar un estudio que permita identificar los principales corredores y zonas logísticas				■	■				■
9. Reducción o eximición de tasas nacionales y locales				■	■				■
10. Microcréditos para la compra de soluciones de micrologística eléctrica	■								
11. Programas para atraer inversiones para la red de carga	■				■				■
12. Concursos para el desarrollo de innovaciones tecnológicas	■	■				■			
13. Homologación de modelos de vehículos eléctricos que puedan ser producidos en el país y de la infraestructura de carga	■	■				■			
14. Programa para adquirir prácticas de eficiencia energética	■	■	■						
15. Cesión de vehículos eléctricos a operadores logísticos para su prueba				■				■	■
16. Brindar cursos de capacitación en conducción de camiones eléctricos desde agencias del Estado	■				■	■			
17. Generar una mesa de trabajo y coordinación para el despliegue de infraestructura de recarga.	■				■	■			
18. Incorporar cláusulas de “compras públicas verdes” (*green procurement*)	■				■				■
19. Medias de cooperación y alianzas (ver sección 8.2)	■	■	■						

Fuente: Elaboración propia. Notas: UM: Distribución de última milla; RG: Distribución regional; LD: Distribución de larga distancia

Referencias

AEM (2019). Alianza por la Electromovilidad en México. Plan Estratégico 2019-2022. PROCOBRE Centro Mexicano de Promoción del Cobre, A.C. Recuperado de: https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/transporte/automovilistaeficiente/otrosdocumentos/Plan_estrategico_version_final-comprimido_Procobre.pdf

Ambram, P. (2017). La última milla como punto más importante en la entrega de valor. IE Business School, 1, 4.

ANPACT (2021). Proyección de ventas, 2021. Recuperado de: https://www.anpact.com.mx/documentos/anpact/Proyeccio%cc%81n%20de%20Ventas%202021%20ANPACT.pdf

Banco Mundial (2017). Rethinking infrastructure in Latin America and the Caribbean. Retrieved from World Bank Document

Berry, S. T., Grilli, V., & López-de-Silanes, F. (1992). The automobile industry and the Mexico-US free trade agreement. Retrieved from w4152.pdf (nber.org)

BID (2020). La crisis de la desigualdad: América Latina y el Caribe en la encrucijada / editores, Matías Busso, Julián Messina

BlackSip (2020). Reporte de Industria: El e-commerce en México 2020. Recuperado de: https://content.blacksip.com/ebook-reporte-de-industria-el-ecommerce-en-mexico-2020

BloombergNEF. (2021). Electric Vehicle Outlook 2021. Retrieved from https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/

Boar, C., Frost, J., Gambacorta, L., & Liu, J. (2021). E-commerce in the pandemic and beyond.

CANACAR (2021). Boletín económico del autotransporte de carga. (Revisión distintas ediciones). Recuperado de: https://canacar.com.mx/servicios/estadistica/boletin-economico/

Casado Izquierdo, J. M. C. (2020). La resiliencia de la industria automotriz mexicana ante la Covid-19. An. geogr. Univ. Complut. 41(1) 2021: 59-80

CFE (2021). Informe Anual 2020. Recuperado de: https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/3/2021-05-06-1/assets/documentos/CFE_Informe_Anual_2020.pdf

Channegowda, J., Pathipati, V. K., & Williamson, S. S. (2015, June). Comprehensive review and comparison of DC fast charging converter topologies: Improving electric vehicle plug-to-wheels efficiency. In 2015 IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (pp. 263-268). IEEE.

Conway, P.E. Fatisson, P. Eickemeyer, J. Cheng, D. Peters (2012). Urban micro-consolidation and last mile goods delivery by freight-tricycle in Manhattan: Opportunities and challenges. Proceedings of the 91st transportation research board annual meeting (2012, January), pp. 22-26. Washington DC, USA

Deng, J., Bae, C., Denlinger, A., & Miller, T. (2020). Electric vehicles batteries: requirements and challenges. Joule, 4 (3), 511-515.

Gioutsos and Ochs (2019). Crunching numbers: Quantifying the sustainable development co-benefits of Mexico's climate commitments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, México

GIZ (2014). Diagnóstico sobre la situación actual del sector del autotransporte de carga con un enfoque específico al hombre-camión y pequeños transportistas. Recuperado de: https://www.changing-transport.org/wp-content/uploads/2014_Diagnostico_Sector_Autotransporte_HC_PT_Mexico.pdf

Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). Contribución determinada a nivel nacional: México. Versión actualizada 2020.

Hall, D. y Lutsey, N. (2019). Estimating the infrastructure needs and costs for the launch of zero-emission trucks. International Council on Clean Transportation, EEUU: Washington. Recuperado de: https://theicct.org/publications/zero-emission-truck-infrastructure

ICCT (2021). Power play: Evaluating the US position in the global electric vehicle transition.

ICCT. (2017). Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles.

ICCT. (2020). VISION 2050 A strategy to decarbonize the global transport sector by mid-century.

IEA (2020). World Energy Outlook 2020. Retrieved from An energy world in lockdown – World Energy Outlook 2020 – Analysis - IEA

IEA. (2021). Global EV Outlook 2021: Trends and developments in electric vehicle markets. Retrieved from https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets

INECC (2018). Elementos para inventario de fuentes móviles. Informe Final. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. Recuperado de: http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/226

INECC. (2018). Elementos para inventario de fuentes móviles. Informe final.

INEGI (2021). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto Trimestral. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/temas/pib/#Tabulados

INEGI (2021a). Balanza Comercial de Mercancías de México. SNIEG. Información de Interés Nacional. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.html?nc=836

ITF. (2020). How Urban Delivery Vehicles can Boost Electric Mobility. Retrieved from https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/urban-delivery-vehicles-boost-electric-mobility.pdf

ITF. (2021). ITF Transport Outlook 2021.

ITF. (2021b). Cleaner Vehicles: Achieving a Resilient Technology Transition. Retrieved from https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cleaner-vehicles-technology-transition.pdf

Liu, Z., Song, J., Kubal, J., Susarla, N., Knehr, K. W., Islam, E., ... & Ahmed, S. (2021). Comparing total cost of ownership of battery electric vehicles and internal combustion engine vehicles. Energy Policy, 158, 112564.

McKinsey. (2017). What's sparking electric-vehicle adoption in the truck industry? Retrieved from https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/whats-sparking-electric-vehicle-adoption-in-the-truck-industry

OCDE (2020). E-commerce in the times of COVID-19. Tackling COVID-19, contributing to a global effort. 7 October, 2020

ONU (2016). Movilidad Eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica.

Pallas, M.-A., Bérengier, M., Chatagnon, R., Czuka, M., Conter, M., & Muirhead, M. (2016). Towards a model for electric vehicle noise emission in the European. Applied Acoustics, 89-101.

Pantelimon, F. V., Georgescu, T. M., & Posedaru, B. Ş. (2020). The impact of mobile e-commerce on gdp: A comparative analysis between romania and germany and how covid-19 influences the e-commerce activity worldwide. Informatica Economica, 24(2), 27-41.

PNUMA (2018). Guía práctica para el desarrollo de una estrategia nacional de movilidad eléctrica. ONU Medio Ambiente, Federación Internacional del Automóvil, Movilidad Eléctrica en Latinoamérica. Recuperado de: https://movelatam.org/wp-content/uploads/2018/10/MOVE_Guia-Estrategias2018.pdf

Quak, H., Nesterova, N., van Rooijen, T., & Dong, Y. (2016). Zero emission city logistics: current practices in freight electromobility and feasibility in the near future. Transportation Research Procedia, 14, 1506-1515.

Raghavan, S. S., & Tal, G. (2021). Behavioral and technology implications of electromobility on household travel emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 94, 102792.

Ricardo, E4tech, ifeu. (2020). Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA.

SCT (2021). Principales estadísticas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2020. Recuperado de: https://www.sct.gob.mx/planeacion/estadistica/principales-estadisticas-del-sector/

SCT (2021a). Estadísticas básicas del autotransporte federal, 2020. Recuperado de: http://sct.gob.mx/?id=7221

SDS (2016). Programa de gestión para mejorar la calidad del aire de Nuevo León. ProAire 2016-2025. Nuevo León, México: Secretaría de Desarrollo Sustentable. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire_Nuevo_Leon.pdf

Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2020). Estadísticas Básicas del Autotransporte Federal

SEDEMA (2018). Inventario de Emisiones de la Ciudad de México. México: Secretaría del Medio Ambiente. Recuperado de: http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-2016/mobile/#p=3

SEMADET (2018). Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Estado de Jalisco 2008. Guadalajara, México: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Recuperado de: https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/inventario_de_emisiones_cc_jalisco_2008.pdf

SEMARNAT (2018). Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. [Diapositiva de PowerPoint]. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395715/6_SEMARNAT_EstElectroMovilidad.pdf

SLOCAT (2021). Tracking Trends in a Time of Change: The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation, Transport and Climate Change Global Status Report – 2nd edition, www.tcc-gsr.com

Statista (2020). Monthly year-over-year sales growth due to the coronavirus (COVID-19) outbreak in the United States from January to June 2020, by retail industry

T&E (2020). Unlocking electric trucking in the EU: recharging in cities. Retrieved from https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_07_Unlocking_electric_trucking_in_EU_recharging_in_cities_FINAL.pdf

UNEP (2019). Zero Carbon Latin America and the Caribbean. The opportunity, cost and benefits of the coupled decarbonization of the power and transport sectors in Latin America and the Caribbean.