

## AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MÉXICO PROGRESS IN THE IMPLEMENTATION OF ELECTROMOBILITY IN MEXICO

### **Noé Alejandro Pérez Méndez**

*Estudiante de Ingeniería en Transporte, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario de Nezahualcóyotl. correo electrónico:*  
[nperezm007@alumno.uaemex.mx](mailto:nperezm007@alumno.uaemex.mx)

### **Juan Antonio Jiménez García**

*Profesor de Tiempo completo, Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México. [jjimenezg@uaemex.mx](mailto:jjimenezg@uaemex.mx) . ORCID . 0000-0002-7303-1284 .*

### **Noé Gaspar Sánchez**

*Profesor de Tiempo completo, Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México, [ngaspars@uaemex.mx](mailto:ngaspars@uaemex.mx) . ORCID . 0000-0000-4597-8865*

## RESUMEN

En la presente investigación se estudian las implementaciones actuales hacia modos de transporte menos contaminantes, hacia una movilidad sustentable, la implementación de nuevas tecnologías como lo son los vehículos eléctricos mitiga la emisión de gases de efecto invernadero: Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos no quemados, partículas sólidas suspendidas, azufre entre otros, al aprovechar de mejor de una manera más eficiente la energía. La implementación de tecnología vehicular menos contaminante impacta en la calidad del aire que respiran las personas que viven en las grandes urbes, lo que paralelamente reduce el gasto público derivado de enfermedades respiratorias. Se estudian las tendencias para implementar la electromovilidad en vehículos de uso particular, vehículos de transporte público y vehículos de carga o reparto del ámbito privado.

En la presente investigación se presentan tres grandes áreas de oportunidad para lograr la electromovilidad en las principales ciudades de la república mexicana. a) Estudio del marco jurídico, normativo y empresarial, b) estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad, y c) la transición energética tecnológica y adopción de infraestructura asociada a la electromovilidad.

**Palabras clave:** Movilidad, Autos eléctricos, implementación de electromovilidad.

## ABSTRACT

In this research, current implementations towards less polluting modes of transport, towards sustainable mobility, are studied. The implementation of new technologies such as electric vehicles mitigates the emission of greenhouse gases: Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Oxide nitrogen (NO<sub>x</sub>), unburned hydrocarbons, suspended solid particles, sulfur among others, by making better use of energy in a more efficient way. The implementation of less polluting vehicle technology impacts the quality of the air that people who live in large cities breathe, which in parallel reduces public spending derived from respiratory diseases. Trends are studied to implement electromobility in private use vehicles, public transport vehicles and private cargo or delivery vehicles. In this research, three major areas of opportunity are presented to achieve electromobility in the main cities of the Mexican Republic. a) Study of the legal, regulatory and business framework, b) economic studies focused on new electromobility models, and c) the technological energy transition and adoption of infrastructure associated with electromobility.

**Keys word:** Mobility, Electric cars, implementation of electromobility.

Fecha de recibido: 29 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

## INTRODUCCIÓN

Se estima que para 2030, el 60% de la población mundial vivirá en ciudades, en comparación con el 50% actual (Bouton, 2013). Durante el mismo período, es probable que más de 2 mil millones de personas ingresen a la clase media, la mayoría de ellos viviendo en ciudades de zonas económicas emergentes. El número de megaciudades con más de 10 millones de personas seguirá creciendo. La Ciudad de México, en la República Mexicana, ya se encuentra en ese selecto grupo, pero habría que agregar a diez ciudades mexicanas con más de 1 millón de habitantes en sus zonas metropolitanas con un creciente número de municipios conurbados, de acuerdo con el censo de 2010 del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su publicación *Electric “Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration”* (2018) señala que América Latina y el Caribe representan una de las regiones más urbanizadas del planeta, refiriendo ese hábitat. Alrededor del 80% de la población vive en ciudades y el número de ciudades se ha multiplicado por seis en los últimos 50 años. Así mismo, las tasas de motorización también han aumentado, las proyecciones indican que la flota vehicular en la región podría triplicarse en los próximos 25 años, alcanzando más de 200 millones de unidades para el año 2050. La congestión es cada vez mayor e insoportable en muchas ciudades, lo que puede llegar a costar del 2 al 4% del PIB nacional. Esto se debe a la pérdida de tiempo en el tráfico (horas hombre), el desperdicio de combustible y el costo logístico para realizar actividades económicas (Neckermann, 2017). El transporte crea emisiones de gases de efecto invernadero y el smog ya representa uno de los problemas más serios de salud pública. La Organización Mundial de la Salud estimó en 2014 que 7 millones de muertes prematuras son atribuibles a la contaminación del aire, y una parte significativa es el resultado del tránsito urbano. De acuerdo con el reporte citado, estas nuevas estimaciones no solo se basaron en un mayor conocimiento sobre las enfermedades causadas por la contaminación del aire, sino también en una mejor evaluación de la exposición humana a los contaminantes del aire mediante el uso de mediciones y tecnologías mejoradas.

La movilidad está experimentando cambios significativos y se ha convertido en una política adoptada por un número cada vez mayor de países. Se espera que, en el futuro, aproximadamente uno de cada diez automóviles vendidos en 2030 sea un vehículo compartido. Esto implica un aumento potencial en el mercado de soluciones de movilidad y debe considerarse como parte de la transición hacia vehículos eléctricos. Además, se afirma que las ciudades serán determinantes en el comportamiento de la movilidad y en la velocidad y alcance de la revolución automotriz (McKinsey & Company, 2016).

La movilidad eléctrica o electromovilidad se refiere al uso de tecnologías de propulsión eléctrica, junto con información en medios de transporte motorizados y

el uso de tecnologías de comunicación e infraestructuras conectadas para habilitar la propulsión eléctrica de vehículos y flotas. Estas tecnologías incluyen vehículos eléctricos completos, híbridos enchufables a la corriente eléctrica y vehículos de celdas de combustible de hidrógeno que convierten el hidrógeno en electricidad.

Según el informe de Eléctrica de las Naciones Unidas de 2019, en América Latina, el sector del transporte es responsable del 22% de las emisiones contaminantes y del 15% de los gases de efecto invernadero (ONU, 2021).

Además, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero indica que, hasta finales de 2013, las fuentes móviles de autotransporte y no carreteras fueron la principal causa de emisiones, con un total de 171,354.84 Gg (1 Gg =  $10^9$  gramos) de  $\text{CO}_{2e}$ , lo que representa el 32% de las emisiones totales a nivel nacional (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

Por lo tanto, la electrificación del sector automotriz tendría un amplio impacto en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según estimaciones de la ONU, esto podría reducir sustancialmente las emisiones de  $\text{CO}_2$ , llegando a una disminución de 2.4 Giga toneladas de  $\text{CO}_2$  y un ahorro de combustible cercano a los 85 mil millones de dólares estadounidenses en el período 2016-2050 (ONU, 2021).

Para lograr una movilidad sostenible e integral, es necesario promover vehículos electrificados en el transporte de pasajeros, vehículos de carga y logísticos, así como vehículos compactos para el servicio público y privado. Esto debe ir acompañado de la infraestructura de soporte necesaria. Para lograrlo, se requerirán acciones audaces y coordinadas por parte de los sectores público y privado para optimizar la transferencia tecnológica, ofrecer incentivos de fabricación y adoptar políticas públicas que faciliten el acceso de los usuarios a vehículos electrificados.

En el año 2021, se vendieron en México 35,911 unidades de carros híbridos, híbridos enchufables con cerca de 2,500 y 768 unidades de ventas de vehículos totalmente eléctricos (Statista, 2023).

## ANTECEDENTES

México ha enfrentado importantes desafíos en su sector de transporte, dada su población de más de 126 millones de personas y el rápido proceso de urbanización. El sistema de transporte del país se ha visto afectado por problemas como la congestión del tráfico, la contaminación del aire y la dependencia de los combustibles fósiles. En los últimos años, la electromovilidad ha surgido como una solución prometedora para abordar estos desafíos, lo que ha llevado a una adopción gradual de vehículos eléctricos (VE) y al desarrollo de infraestructura de apoyo en todo el territorio nacional.

El impulso hacia la electromovilidad en México se aceleró a principios de la década de 2010, cuando el gobierno y diversas partes interesadas reconocieron la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles importados. El sector del transporte, al ser uno de los principales contribuyentes a la contaminación del aire y las emisiones de carbono, se convirtió en un punto focal para las iniciativas destinadas a promover alternativas de movilidad sostenible. Como resultado, el gobierno mexicano implementó una serie de políticas e incentivos para fomentar la adopción de vehículos eléctricos.

Uno de los hitos clave en el desarrollo de la electromovilidad en México fue la introducción de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica en 2018 (SEMARNAT, 2018) Esta estrategia delineó la visión del gobierno para promover el uso de vehículos eléctricos y estableció metas para el despliegue de infraestructura de carga, investigación y desarrollo, así como campañas de concientización pública. Además, se fijaron objetivos para la cantidad de vehículos eléctricos en las carreteras mexicanas, con la meta de alcanzar 1 millón de vehículos eléctricos en circulación para el año 2020.

Con el objetivo de fomentar la adquisición de vehículos eléctricos, el gobierno ha implementado diversas medidas que incluyen exenciones fiscales, reducciones arancelarias y subsidios para la compra de este tipo de vehículos. Estos incentivos, combinados con la reducción de los costos de la tecnología de vehículos eléctricos (VE), han contribuido gradualmente a un aumento en la cantidad de vehículos eléctricos circulando por las carreteras de México. Además, varios gobiernos estatales y municipales han introducido incentivos adicionales, como estacionamiento gratuito y exenciones de peaje para los propietarios de vehículos eléctricos.

Simultáneamente, se han llevado a cabo esfuerzos para desarrollar una sólida infraestructura de carga en todo el país, con el propósito de respaldar la promoción de los vehículos eléctricos. Se han instalado estaciones de carga en áreas urbanas clave, carreteras, centros comerciales y estacionamientos públicos. Tanto empresas privadas como entidades gubernamentales han invertido en la expansión de esta infraestructura, permitiendo viajes eléctricos más largos y abordando las

preocupaciones sobre la autonomía de los posibles propietarios de vehículos eléctricos.

Además, México ha presenciado el surgimiento de fabricantes locales y plantas de ensamblaje dedicadas a los vehículos eléctricos y sus componentes. Este desarrollo no solo ha impulsado la economía nacional, sino que también ha facilitado la accesibilidad y la asequibilidad de los vehículos eléctricos. Los principales fabricantes de automóviles han comenzado a producir vehículos eléctricos en México, tanto para el mercado nacional como para su exportación a otros países, contribuyendo así al crecimiento del sector de la electromovilidad.

A pesar de los avances mencionados, aún persisten desafíos en la adopción generalizada de la electromovilidad en México. El costo inicial elevado de los vehículos eléctricos, la falta de infraestructura de carga en áreas rurales y la necesidad de una mayor colaboración público-privada son algunos de los obstáculos a superar. No obstante, el compromiso del gobierno mexicano, junto con la creciente conciencia y aceptación de los consumidores hacia los vehículos eléctricos, indica una dirección positiva para la electromovilidad en el país.

Estos desafíos abarcan diversos aspectos, como la infraestructura, la accesibilidad, la tecnología y las consideraciones políticas. Comprender y abordar estos desafíos resulta crucial para facilitar la adopción generalizada de los vehículos eléctricos (VE) y aprovechar los beneficios potenciales de la electromovilidad. A continuación, se presentan los desafíos clave que México enfrenta en la implementación de la electromovilidad:

El desarrollo de la infraestructura de carga es uno de los principales retos a afrontar. México necesita expandir la red de estaciones de carga en áreas urbanas, carreteras, espacios públicos y zonas rurales para aliviar la preocupación por la autonomía y permitir viajes de larga distancia. Los altos costos iniciales y las complejidades asociadas a la instalación de la infraestructura de carga representan barreras para su rápida expansión.

La asequibilidad de los vehículos eléctricos sigue siendo un desafío importante en México. Los costos iniciales más altos de los vehículos eléctricos en comparación con los vehículos convencionales, particularmente para las personas de bajos ingresos, dificultan su adopción generalizada. Abordar este desafío requiere implementar incentivos financieros, subsidios y promover la fabricación nacional de vehículos eléctricos para reducir costos y mejorar la accesibilidad.

La disponibilidad de una amplia gama de modelos de vehículos eléctricos (VE) en el mercado mexicano es relativamente limitada en comparación con otros países. Esta restricción limita la elección del consumidor y puede disuadir a los compradores potenciales que buscan tipos o características de vehículos específicos. Es necesario expandir la disponibilidad de modelos VE y alentar a los fabricantes de

automóviles globales a introducir sus ofertas eléctricas en el mercado mexicano para satisfacer las diferentes preferencias de los consumidores.

Si bien la tecnología de batería desempeña un papel fundamental en el rendimiento y la autonomía de los vehículos eléctricos, abordar los desafíos relacionados con la tecnología de baterías, como mejorar la capacidad de almacenamiento de energía, reducir los tiempos de carga y mejorar la durabilidad general de la batería, es esencial para mejorar la competitividad de los vehículos eléctricos en México. Los esfuerzos de investigación y desarrollo deben centrarse en los avances en la tecnología de baterías para abordar las limitaciones de alcance y mejorar la experiencia de conducción en general.

En cuanto a la Integración de red y suministro de energía en donde la adopción generalizada de vehículos eléctricos plantea desafíos para la integración de la red y la gestión del suministro de energía. La mayor demanda de electricidad de las estaciones de carga puede sobrecargar la red eléctrica existente, lo que requiere actualizaciones y mejoras. Además, garantizar un suministro de energía confiable y sostenible a partir de fuentes de energía renovable es crucial para mitigar los impactos ambientales de la carga de vehículos eléctricos.

En cuanto a la concienciación y educación del consumidor, a pesar del creciente conocimiento sobre los vehículos eléctricos, todavía es necesario llevar a cabo amplias campañas de concienciación y educación para los consumidores. Muchos posibles compradores de vehículos eléctricos pueden tener un conocimiento limitado sobre los beneficios, características y aspectos operativos de estos vehículos, lo que genera conceptos erróneos y dudas a la hora de adoptar esta tecnología. Se requieren estrategias de comunicación efectivas y programas de divulgación pública para mejorar la comprensión del consumidor y fomentar la aceptación de los vehículos eléctricos.

México necesita establecer un marco integral de políticas que aborde aspectos como incentivos, impuestos, requisitos de infraestructura de carga y estándares para los vehículos eléctricos. Es crucial garantizar la coherencia y estabilidad de las políticas a largo plazo, ya que esto resulta vital para atraer inversiones, fomentar el crecimiento del mercado y proporcionar un entorno favorable tanto para los fabricantes de vehículos eléctricos como para los proveedores de infraestructura.

Además, uno de los desafíos más importantes es la transición desde la dependencia de los combustibles fósiles. El sector del transporte en México depende en gran medida de los combustibles fósiles, lo cual representa un obstáculo para la transición hacia la electromovilidad. Para reducir esta dependencia, se requiere una estrategia integral que incluya la promoción de vehículos eléctricos, la inversión en infraestructuras de combustibles alternativos (como el hidrógeno o los biocombustibles) y el fomento del uso de fuentes de energía renovable para la generación de electricidad.

## OBJETIVOS

1. Evaluar el impacto ambiental de la electromovilidad en México, incluida la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el potencial para mejorar la calidad del aire. Esto implica realizar un análisis exhaustivo de las emisiones asociadas a los vehículos convencionales y compararlas con los VE. Al cuantificar los beneficios ambientales de la electromovilidad, los legisladores y las partes interesadas pueden comprender mejor su potencial para contribuir a las metas de sustentabilidad.
2. Evaluar el estado actual de adopción de la electromovilidad en México mediante el análisis de la infraestructura, las políticas y los incentivos existentes que promueven el uso de vehículos eléctricos (VE) en el país. Este objetivo tiene como fin proporcionar una visión completa del progreso realizado en la transición hacia la electromovilidad e identificar cualquier barrera o desafío que impida su implementación generalizada.
3. Investigar las implicaciones económicas de la adopción de la electromovilidad dentro del país, examinando factores como la creación de empleo, las oportunidades de inversión y el potencial para la fabricación y la innovación locales. Este objetivo busca comprender los beneficios económicos que pueden surgir de un cambio hacia vehículos eléctricos y tecnologías relacionadas, apoyando la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica para el desarrollo económico sostenible.
4. Examinar los avances tecnológicos y las innovaciones en el campo de la electromovilidad, tanto a nivel mundial como dentro de México, y su aplicabilidad al contexto local, tanto en el transporte público como privado. Este objetivo implica explorar los últimos desarrollos en tecnología VE, incluidas tecnologías de batería, infraestructura de carga e integración de red inteligente. Mediante la identificación de tendencias tecnológicas y áreas potenciales de mejora, este objetivo pretende además contribuir al avance de la electromovilidad en el país.
5. Analizar la aceptación social y los aspectos conductuales relacionados con la adopción de la electromovilidad en México, incluidas las actitudes, percepciones y preferencias de los consumidores hacia los vehículos eléctricos. Este objetivo implica realizar encuestas, entrevistas y grupos focales para obtener información sobre las percepciones del público sobre los vehículos eléctricos y su disposición a adoptarlos. Comprender los factores sociales y las barreras para la aceptación puede informar campañas educativas específicas e intervenciones políticas para acelerar la adopción de la electromovilidad.



6. Estudio del marco jurídico, normativo y empresarial. En esta línea se establecerá la transición hacia la electromovilidad en nuestro país, considerando aspectos como el desarrollo de infraestructura, marcos regulatorios, incentivos financieros y alianzas público-privadas. Este objetivo tiene como objetivo proporcionar orientación práctica a los legisladores, partes interesadas de la industria y otros actores relevantes en la implementación de estrategias efectivas para promover la electromovilidad y superar posibles obstáculos.

## **MARCO JURÍDICO, NORMATIVO Y EMPRESARIAL**

Los instrumentos regulatorios desempeñan un papel fundamental al establecer y supervisar normas que orientan el comportamiento y las prácticas en áreas específicas. En el ámbito de la movilidad eléctrica, las regulaciones adquieren una importancia especial al controlar el uso de recursos específicos y fomentar la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles.

Estas medidas regulatorias se convierten en herramientas clave para alcanzar los objetivos de política pública en un plazo relativamente corto en comparación con enfoques basados en incentivos voluntarios. Al establecer requisitos y estándares claros, se crea un marco normativo que brinda certeza a los actores involucrados y promueve el avance hacia la movilidad eléctrica.

Además de su función normativa, los instrumentos regulatorios también desempeñan un papel importante en la promoción de la equidad y la protección de los derechos de los consumidores. Al establecer reglas claras y transparentes, se garantiza que todos los participantes del mercado tengan igualdad de oportunidades y que los usuarios finales puedan confiar en la calidad y seguridad de los productos y servicios relacionados con la movilidad eléctrica.

El marco normativo nacional en relación con la movilidad eléctrica incluye una serie de instrumentos diseñados para fomentar la protección del medio ambiente a nivel nacional, al mismo tiempo que garantiza la seguridad de conductores y peatones en el contexto de la movilidad urbana. Estas disposiciones reflejan el compromiso del gobierno y las autoridades competentes de abordar los desafíos asociados al transporte y promover una transición hacia formas más sostenibles y eficientes de movilidad.

Entre las diversas disposiciones que conforman este marco normativo se destacan las siguientes:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General de Cambio Climático (LGCC).
- Ley de Transición Energética.

- Ley de Caminos Puentes y Autotransporte Federal.
- Iniciativa de Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

Dentro del marco normativo mexicano, se han establecido diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que abordan temas específicos relacionados con la electromovilidad y la seguridad vehicular. Estas normas desempeñan un papel crucial en la regulación y estandarización de aspectos técnicos, ambientales y de seguridad que involucran a los vehículos eléctricos y su infraestructura asociada.

Entre las NOM relevantes que se han identificado en este ámbito, se pueden mencionar las siguientes:

**NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013:** Esta normativa proporciona los criterios y la metodología para calcular los promedios corporativos objetivo y observado de las emisiones de dióxido de carbono y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, en relación con los vehículos ligeros nuevos con un peso bruto vehicular de hasta 3,857 kilogramos, que utilizan gasolina o diésel como combustible y cuyo año modelo abarca desde 2014 hasta 2016 y se comercializan en México. Estas medidas son establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para mitigar el impacto ambiental de los vehículos en el país.

**NOM-167-SEMARNAT-2017:** Esta normativa establece los límites máximos permitidos de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas de Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Además, define los métodos de prueba para evaluar dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas utilizados en los programas de verificación vehicular. El objetivo principal es regular las emisiones contaminantes de los vehículos en estas regiones, con el fin de proteger la calidad del aire y la salud de los habitantes.

Además de estas se consideran las siguientes metas dentro de las regulaciones hacia la electromovilidad:

- Establecer una normativa que asegure que los puntos de recarga cumplan con un conjunto mínimo de especificaciones técnicas para garantizar la eficiencia y compatibilidad con el transporte público, vehículos privados y bicicletas eléctricas.
- Implementar criterios de seguridad específicos para el transporte público eléctrico, asegurando que se cumplan los estándares de protección necesarios para salvaguardar la integridad de los pasajeros y prevenir posibles riesgos.

Para lograr una implementación efectiva de las medidas regulatorias en el ámbito de la movilidad eléctrica, es crucial que las autoridades locales y regionales cuenten con las competencias adecuadas. Esto les permitirá diseñar regulaciones sólidas y adaptadas a las características y necesidades de cada contexto específico. Al

establecer un marco regulatorio coherente y eficiente, se impulsa el crecimiento y la adopción de la movilidad eléctrica, fomentando un transporte más sostenible y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

## **INCENTIVOS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MEXICO**

En relación con las políticas gubernamentales, se han implementado diversas regulaciones y marcos legales para promover la adopción de la electromovilidad. Se han establecido estándares de eficiencia energética y emisiones, así como incentivos fiscales y arancelarios para la importación y venta de vehículos eléctricos.

Es fundamental evaluar la efectividad de estas políticas en la adopción de VE, así como su alineación con los objetivos nacionales de sostenibilidad y la planificación de la transición energética. Además, se deben considerar estrategias de promoción de la electromovilidad, como campañas de concienciación pública y programas de apoyo a la instalación de infraestructura de carga.

Los incentivos desempeñan un papel crucial en el fomento de la adopción de vehículos eléctricos. México ha implementado varios incentivos para promover la compra y el uso de VE, como descuentos en impuestos, subsidios y exenciones de restricciones de circulación. Es importante evaluar el impacto de estos incentivos en la adopción de VE y su efectividad para atraer a un mayor número de usuarios. Además, se deben considerar estrategias de sostenibilidad a largo plazo para garantizar la continuidad de los incentivos y evitar la dependencia de subsidios.

Para incentivar el crecimiento en la adopción de vehículos eléctricos e híbridos conectables, es fundamental que se siga fomentando por parte de la autoridad la interoperabilidad de estaciones de carga públicas (AMIA,2022):

Evaluar el crecimiento del mercado y la capacidad de la red eléctrica existente es fundamental para anticipar la demanda de carga de vehículos eléctricos y garantizar que la red eléctrica tenga la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de carga en diferentes áreas geográficas.

- Integrar la carga de vehículos eléctricos como un componente esencial en los planes de desarrollo de infraestructura urbana y los planes de movilidad urbana. Es importante considerar estratégicamente la ubicación de los puntos de carga, teniendo en cuenta las rutas de transporte y los puntos de interés en la ciudad.
- Coordinar la implementación y operación de las empresas de distribución de energía para garantizar una infraestructura de carga adecuada en áreas urbanas con alta demanda. Esto implica trabajar en colaboración con las compañías eléctricas para fortalecer las líneas de suministro y garantizar una carga eficiente y confiable.

- Facilitar la instalación de cargadores tanto para uso privado como industrial. Se deben establecer políticas y regulaciones que simplifiquen los procedimientos para la instalación de puntos de carga, fomentando así la adopción de vehículos eléctricos por parte de los usuarios.
- Mantener los programas actuales de apoyo para la instalación de cargadores privados, así como los niveles de subsidio ofrecidos por las compañías eléctricas. Estos incentivos son fundamentales para promover la adopción masiva de vehículos eléctricos y garantizar la disponibilidad de puntos de carga en hogares y lugares de trabajo.
- Identificar las barreras que limitan la expansión de la industria de movilidad eléctrica a nivel nacional. Es necesario generar incentivos para el suministro y la facturación de energía, mejorar las condiciones regulatorias y de competencia, y crear un entorno favorable para el crecimiento de la infraestructura de carga.

Así mismo y hablando sobre los vehículos aquellas líneas de acción sobre los incentivos aplicables serían los que a continuación se presentan.

Implementar un programa de incentivos fiscales para la compra de bicicletas eléctricas, que puede incluir la reducción de impuestos o la aplicación de descuentos especiales para hacer más atractiva la adquisición de estos vehículos de transporte limpio.

- Establecer un programa de retiro de autobuses antiguos, considerando la sustitución de autobuses con más de 10 años de antigüedad por autobuses eléctricos. Este programa puede incluir incentivos financieros para facilitar la transición y promover la renovación de la flota de transporte público hacia opciones más sostenibles.
- Realizar un estudio exhaustivo de los instrumentos económicos disponibles para financiar la adquisición de autobuses eléctricos en el marco del programa de retiro. Esto permitirá identificar las opciones más viables y eficientes en términos económicos para los operadores de transporte público.
- Diseñar un sistema de tarifas diferenciadas para los sistemas de transporte eléctrico, ofreciendo tarifas más favorables para los vehículos eléctricos. Esto incentivará su adopción por parte de los transportistas y contribuirá a la reducción de emisiones contaminantes.
- Desarrollar incentivos basados en las características ambientales de los vehículos privados, como descuentos en peajes, estacionamiento gratuito o tarifas reducidas en zonas de congestión. De esta manera, se estimulará la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos por parte de los conductores particulares.

- Diseñar un programa de incentivos específico para fomentar la sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos en flotas empresariales. Esto puede incluir beneficios fiscales, descuentos en la compra de vehículos eléctricos o apoyo en la instalación de infraestructura de carga en los centros de operación de estas flotas.

Por otra parte, en la actualidad los incentivos fiscales vigentes en el país para el uso de vehículos híbridos y eléctricos son los siguientes (AMIA, 2022):

- Descuento en peajes y segundos pisos: Se implementó un descuento significativo del 20% en las casetas de cobro y segundos pisos de la Ciudad de México y el Estado de México para vehículos eléctricos e híbridos. Esta medida fomenta su uso y promueve una movilidad más sustentable.
- Tarifa preferencial de electricidad para estaciones de recarga domiciliaria: Se estableció una tarifa eléctrica preferencial para las personas que instalen estaciones de recarga en sus hogares, lo cual reduce los costos de carga de los vehículos eléctricos y facilita su adopción.
- Instalación gratuita de medidores para estaciones de recarga domiciliaria: El gobierno ofrece la instalación gratuita de los medidores necesarios para las estaciones de recarga en los hogares, eliminando una barrera financiera para los propietarios de vehículos eléctricos.
- Exención del ISAN: Los vehículos eléctricos e híbridos están exentos del pago del Impuesto Sobre Autos Nuevos (ISAN), lo cual reduce el costo inicial de adquisición y los hace más accesibles para los consumidores.
- Exención del impuesto a la tenencia: En los estados donde se aplica el impuesto a la tenencia, se exime a los vehículos eléctricos e híbridos, promoviendo su compra y contribuyendo a la transición hacia una movilidad más limpia.
- Deducibilidad para personas morales: Se establece un límite de deducibilidad más alto, por ejemplo, hasta \$250,000, para las empresas que adquieran vehículos eléctricos e híbridos, estimulando su inclusión en flotas corporativas y promoviendo la transición hacia una movilidad más sostenible.
- Otros incentivos: Además de los mencionados anteriormente, se implementan otros incentivos, como descuentos en estacionamientos públicos, beneficios en el acceso a zonas de congestión o privilegios en el uso de carriles exclusivos para vehículos eléctricos e híbridos.
- Exención de Verificación Vehicular en Zona CAME: Los vehículos eléctricos, eléctricos conectables y vehículos híbridos fuertes están exentos del proceso de verificación vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM),

conocida como Zona CAME. Esto facilita su circulación y promueve su uso en áreas urbanas con alta concentración de contaminantes.

- Renovación de la flota de taxis: Se establece un bono de chatarrización por cada unidad de taxi que se entregue para su sustitución, otorgando un monto adicional de \$100,000 para aquellos taxis que sean reemplazados por vehículos híbridos o eléctricos. Esto incentiva la renovación de la flota de taxis hacia opciones más limpias y eficientes.

Tanto las líneas de acción propuestas para todo el país como los incentivos vigentes tienen como objetivo generar una motivación tanto en el sector público como en el privado. Esta motivación busca fomentar compromisos por parte de la industria automotriz y el gobierno, con el fin de impulsar la innovación y cambiar la percepción sobre el uso de los vehículos eléctricos (VE) en todo el territorio nacional.

La adopción masiva de los vehículos eléctricos representa un cambio fundamental en el paradigma de la movilidad, y para lograrlo se requiere la colaboración y el compromiso de diversos actores. El gobierno, en conjunto con la industria automotriz, ha diseñado estrategias y políticas que buscan promover la adopción de los VE y fomentar el desarrollo de una infraestructura de carga adecuada en todo el país.

Estas acciones van más allá de simplemente brindar incentivos económicos, también buscan crear conciencia sobre los beneficios ambientales y económicos de los vehículos eléctricos. Se pretende generar un cambio de opinión en la sociedad, destacando las ventajas en términos de reducción de emisiones contaminantes, disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y mejora de la calidad del aire en nuestras ciudades.

Además, se promueve la colaboración entre el gobierno y la industria automotriz para impulsar la investigación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles en el sector de la movilidad eléctrica. Esto incluye el fomento de la inversión en infraestructuras de carga rápida, el impulso a la fabricación y ensamblaje local de vehículos eléctricos, y el apoyo a la investigación de nuevas soluciones de almacenamiento de energía y sistemas de gestión de carga.

## **ESTUDIOS ECONÓMICOS ENFOCADOS HACIA LOS NUEVOS MODELOS DE ELECTROMOVILIDAD**

Los estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad son análisis y evaluaciones que se centran en el aspecto económico y financiero de la implementación y adopción de vehículos eléctricos y otros medios de transporte sostenibles. Estos estudios se enfocan en examinar los costos, beneficios y oportunidades económicas asociadas con la transición hacia la electromovilidad.

Algunos aspectos que pueden abordar estos estudios incluyen (PWC, 2019):

- **Análisis de costos:** Estos estudios evalúan los costos asociados con la fabricación, adquisición y operación de vehículos eléctricos en comparación con los vehículos de combustión interna. También consideran los costos relacionados con la infraestructura de carga y la integración de sistemas de energía renovable.
- **Evaluación de beneficios:** Se examinan los beneficios económicos derivados de la electromovilidad, como la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, la disminución de la contaminación del aire y los impactos positivos en la salud pública. También se consideran los ahorros en costos de combustible y mantenimiento a largo plazo.
- **Impacto en el empleo y la industria:** Estos estudios analizan cómo la transición hacia la electromovilidad afecta el empleo y la industria, tanto en términos de creación de nuevos empleos en la fabricación y mantenimiento de vehículos eléctricos, como en la reestructuración de la cadena de suministro y la adaptación de la fuerza laboral.
- **Evaluación de políticas y programas de incentivos:** Se examina el impacto económico de las políticas y programas de incentivos destinados a fomentar la adopción de vehículos eléctricos, como subsidios, exenciones fiscales y programas de chatarrización. Se evalúa la efectividad de estas medidas en términos de su impacto económico y su contribución a la transición hacia la electromovilidad.
- **Análisis de viabilidad financiera:** Estos estudios evalúan la viabilidad financiera de la implementación de infraestructura de carga, incluyendo el retorno de la inversión, los modelos de negocio y la rentabilidad a largo plazo.

En resumen, los estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad son análisis detallados que examinan los aspectos económicos y financieros relacionados con la adopción de vehículos eléctricos y otros medios de transporte sostenibles, ayudando a comprender mejor los desafíos y oportunidades asociados con la transición hacia una movilidad más limpia y eficiente desde una perspectiva económica.

## **TRANSICIÓN ENERGÉTICA TECNOLÓGICA Y ADOPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LA ELECTROMOVILIDAD.**

La transición hacia la electromovilidad en México se está respaldando por una generación de electricidad cada vez más sostenible. Gracias a un mayor uso de

fuentes renovables, se está reduciendo la huella ambiental asociada con la carga de vehículos eléctricos. Según datos de la Secretaría de Energía de México, en 2020, aproximadamente el 26% de la electricidad generada en el país provenía de fuentes renovables, lo que demuestra un avance significativo en la dirección de una matriz energética más limpia y sustentable (SENER, 2020).

Además, México se está consolidando como un importante centro de producción automotriz a nivel mundial, atrayendo inversiones de fabricantes de automóviles interesados en producir vehículos eléctricos en el país. Diversas compañías automotrices han anunciado sus planes para fabricar y ensamblar vehículos eléctricos en México, lo que impulsa aún más la adopción de la electromovilidad y promueve el desarrollo de una industria automotriz más sostenible y avanzada tecnológicamente.

Para llevar a cabo esta transición de manera efectiva, se están implementando ejes estratégicos que abordan todos los aspectos relevantes para alcanzar los objetivos establecidos en términos de oferta tecnológica y suministro de energía eléctrica. Cada uno de estos ejes se divide en componentes temáticos y se establecen metas cuantitativas, que a su vez derivan en líneas de acción específicas para lograr la implementación exitosa de la estrategia de electromovilidad en México. Estas líneas de acción son de vital importancia y deben ser consideradas para garantizar el éxito y la eficiencia en la transición hacia un sistema de transporte más limpio y sostenible.

## VEHICULOS

La oferta de vehículos eléctricos sigue creciendo de manera constante, ofreciendo una amplia gama de opciones con características mejoradas. Estos vehículos cuentan con rangos de recorrido más extensos, tiempos de carga más cortos y una mayor durabilidad. Además, se observa una tendencia a la disminución de precios, incluyendo el costo de las baterías, que son un componente fundamental en la movilidad eléctrica.

Estas mejoras en la tecnología de los vehículos eléctricos hacen que la adquisición de flotas sea una inversión sumamente rentable. Al utilizar vehículos eléctricos, se logran ahorros significativos en combustible, lo que tiene un impacto positivo tanto en el aspecto económico como en el medioambiental. Además, al prescindir de motores de combustión interna, se reduce la necesidad de repuestos y mantenimiento asociados a esos motores, lo que resulta en un menor costo de operación a largo plazo.

Un factor adicional que favorece la viabilidad económica de los vehículos eléctricos es la disminución progresiva de los costos de generación de energía eléctrica a



partir de fuentes renovables. Con la creciente adopción de energías limpias, como la solar y la eólica, se reduce la dependencia de los combustibles fósiles y se promueve una transición hacia un sistema energético más sostenible.

Se tiene como una meta para la ciudad en cuanto a los vehículos eléctricos lo siguiente (Carrillo *et al*, 2020):

- En el año 2030, se espera que al menos el 20% de la flota de transporte público colectivo en la Ciudad utilice energía eléctrica como fuente de propulsión.
- Para el 2030, se proyecta que al menos el 15% de las ventas de automóviles nuevos en la CDMX corresponderán a vehículos híbridos y/o eléctricos.
- En el 2030, se prevé que aproximadamente el 80% de la flota de taxis y vehículos de transporte especializado de la Ciudad de México serán híbridos y/o eléctricos.
- Para el año 2030, se estima que el 30% de la nueva flota de vehículos utilitarios en la CDMX estará compuesta por vehículos híbridos y/o eléctricos.
- En el 2030, se espera que al menos el 30% de los sistemas de bicicletas compartidas, tanto públicas como privadas, cuente con bicicletas eléctricas.

Con lo que las líneas de actuación para lograr este hecho son ambiciosas, mismas que se enumeran a continuación (Carrillo *et al*, 2020):

- Implementar una estrategia para las empresas de redes de transporte que brindan servicios de transporte privado a través de aplicaciones móviles, con el objetivo de fomentar la transición de su flota hacia vehículos eléctricos.
- Establecer la creación de 18 corredores exclusivos para el transporte público colectivo eléctrico para el año 2030.
- Promover la meta de que el 30% de la flota de Metrobús esté compuesta por autobuses eléctricos para el año 2030, lo cual representa 300 vehículos.
- Duplicar la presencia de trolebuses de nueva generación en comparación con la flota del año 2016 bajo el Sistema de Transportes Eléctricos, alcanzando los 565 trolebuses.
- Alcanzar que el 15% de los autobuses del sistema de transporte SM1 sean eléctricos para el año 2030, lo cual representa 225 autobuses eléctricos.
- Reemplazar el 18% de los autobuses de pasajeros que utilizan tecnologías diésel menores a Euro VI y están en proceso de ser retirados de circulación por autobuses híbridos o eléctricos en el sistema de transporte público concesionado, sumando un total de 2,300 autobuses eléctricos.
- Realizar un estudio de viabilidad para evaluar la implementación de una tarifa gratuita para vehículos eléctricos en las autopistas urbanas de peaje en la Ciudad de México.
- Establecer un plan para la creación de estacionamientos con infraestructura de carga destinados a vehículos eléctricos.

- • Lanzar una campaña de comunicación que informe sobre los numerosos beneficios de la transición hacia vehículos eléctricos.
- • Mantener los incentivos existentes para la adquisición de taxis híbridos y aumentar el monto de los incentivos para vehículos 100% eléctricos.
- • Tener como objetivo que el 50% de la flota de las empresas de redes de transporte (ERT) sea híbrida o eléctrica para el año 2030.
- • Buscar que el 80% de los taxis bajo el régimen de concesión sean híbridos o eléctricos.
- • Reemplazar gradualmente los vehículos de la Secretaría de Seguridad Pública (SSP) por patrullas híbridas y/o eléctricas, y fomentar la adquisición de vehículos eléctricos/híbridos para la flota nueva.
- • Adquirir motocicletas híbridas/eléctricas para la Secretaría de Seguridad Pública (SSP).
- • Sustituir los vehículos utilitarios de combustión interna en la Ciudad de México, como camiones de recolección de basura, ambulancias, unidades de protección civil y vehículos de jardinería, por vehículos eléctricos.

El objetivo principal de estas medidas es promover de manera progresiva la renovación del parque vehicular en la Ciudad de México, impulsando así la transición hacia la electromovilidad. Esta estrategia busca no solo mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de gases contaminantes, sino también establecer un precedente para otras zonas metropolitanas importantes del país.

Al implementar estas políticas pioneras en la Ciudad de México, se busca inspirar a otras grandes áreas urbanas a seguir el ejemplo y adoptar medidas similares en apoyo a la electromovilidad. La visión a largo plazo es que esta transformación se extienda gradualmente a todo el territorio nacional, generando un cambio significativo en la movilidad y el transporte en el país.

La transición a la electromovilidad representa no solo una oportunidad para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental, sino también para impulsar la innovación tecnológica y la generación de empleos en las industrias automotriz y energética. Además, se espera que esta transición impulse el desarrollo de una infraestructura de carga sólida y eficiente, así como el aprovechamiento de fuentes de energía renovable en el sector del transporte.

## ENERGIA

La electrificación del sector transporte traerá consigo una mayor demanda de energía, lo que impactará la infraestructura existente y modificará los patrones de consumo eléctrico durante los horarios de alta y baja demanda. Esta situación requiere una planificación adecuada en el sector eléctrico para garantizar una mayor generación de energía, considerando la incorporación de fuentes renovables. Un ejemplo destacado es la Ciudad de México (CDMX), que ha implementado medidas para promover la adopción de energías limpias.

Además, se requerirá el establecimiento de puntos de recarga tanto privados como públicos para abastecer la creciente flota de vehículos eléctricos. Por lo tanto, es fundamental anticiparse a estos cambios y tomar las medidas necesarias para asegurar una infraestructura de recarga adecuada y suficiente.

Estos desafíos representan una oportunidad para impulsar la generación y adquisición de energía renovable, aprovechando el potencial de recursos limpios en el país. Asimismo, la implementación de políticas y regulaciones que promuevan la transición hacia la electromovilidad y fomenten la inversión en infraestructura de carga serán clave para asegurar un desarrollo exitoso y sostenible de la electromovilidad en México.

Considerando que una estación de carga es un sistema compuesto por uno o varios puntos de conexión donde los vehículos eléctricos pueden cargar su batería con una potencia inferior o igual a 22 kW, excluyendo dispositivos con una potencia menor o igual a 3.7 kW, es fundamental implementar una serie de acciones para facilitar una transición exitosa hacia la electromovilidad completa (Cambio Energético, 2023). Estas acciones, que son tomadas como referencia en este documento y que el gobierno de la Ciudad de México contempla, establecen una línea de acción que se espera sea seguida en todo el país.

La instalación y expansión de una infraestructura adecuada de estaciones de carga es una de las principales líneas de acción. Esto implica la identificación de lugares estratégicos para ubicar las estaciones de carga, tanto en espacios públicos como privados, que permitan una fácil accesibilidad para los propietarios de vehículos eléctricos. Además, se deben considerar las diferentes capacidades de carga, garantizando una diversidad de opciones que se ajusten a las necesidades de los usuarios.

Otra línea de acción importante es la promoción de incentivos y políticas que impulsen la adopción de vehículos eléctricos y el desarrollo de la infraestructura de carga. Esto incluye lo siguiente (ICCT, 2020):

- Realizar análisis de demanda para determinar la distribución geográfica óptima, tanto para vehículos públicos como privados, de los puntos de

recarga de acuerdo con la metodología establecida por CFE para la instalación de estaciones de carga en la ciudad.

- Fomentar la implementación de incentivos que impulsen la inclusión de puntos de recarga en estacionamientos públicos y privados.
- Garantizar la disponibilidad adecuada de puntos de recarga para asegurar la circulación de vehículos eléctricos en todo el territorio de la ciudad.
- Realizar estudios de viabilidad técnica y económica para proyectos de generación local de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, considerando esquemas de generación distribuida, suministro autónomo, exención de generación o participación en el mercado eléctrico mayorista.

### **ALMACENAMIENTO DE LA ENERGIA.**

Las baterías son un desarrollo tecnológico relevante tanto para vehículos eléctricos como para el respaldo en redes eléctricas intermitentes. Al final de su vida útil, las baterías conservan aproximadamente el 80% de su capacidad de almacenamiento de energía (Omar, 2017). Es importante tener en cuenta el adecuado manejo ambiental en la recolección, transporte y reciclaje de níquel y cobalto, componentes presentes en las baterías. Esto mismo hace que se planteen líneas de acción que permitan tanto el adecuado uso, mantenimiento y reciclaje de estas, por lo que se dispone lo siguiente:

- Desarrollo y mejoramiento de la infraestructura para recuperar y reciclar baterías dando prioridad a las tecnologías de reciclaje de ciclo cerrado (recuperar los materiales y regresarlos a los fabricantes de baterías nuevas).
- Generación de capacidades para enfrentar el desafío de identificar la composición química de la batería y desmantelamiento sin riesgos que comprenda entrenamiento para profesionales en el funcionamiento de las celdas de baterías, principalmente a las empresas certificadas y centros autorizados de recepción que pertenecen al Programa de Renovación Vehicular de la Secretaría de Economía y cumplimiento del Plan de Manejo de Vehículos al Final de su Vida Útil que comanda la NOM-161-SEMARNAT-2011.
- Generar estudios que permitan evaluar el impacto de las baterías de los vehículos eléctricos como almacenamiento de energía para la red del sistema eléctrico nacional, lo que aporta potencia y estabilidad a la red.
- Apoyar al establecimiento del Plan de Devolución establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos a grandes generadores y productores, importadores, exportadores y distribuidores de baterías eléctricas.

## INTEGRACIÓN DE REDES INTELIGENTES

La red eléctrica inteligente, también conocida como "*smart grid*" en inglés, es una forma avanzada de gestionar eficientemente la electricidad, aprovechando la tecnología informática para optimizar la producción y distribución de energía, con el objetivo de equilibrar de manera más efectiva la oferta y la demanda entre productores y consumidores (Li, 2017).

Con la creciente adopción de vehículos eléctricos, es necesario contar con flexibilidad en los métodos de carga, así como una gestión inteligente de las cargas, teniendo en cuenta los picos de demanda y la disponibilidad de energía renovable. La implementación de una red eléctrica inteligente permitirá utilizar las baterías de los vehículos como un medio de almacenamiento remoto, capaz de inyectar energía a la red cuando sea necesario, considerando el nivel de carga y uso de cada vehículo.

Con esto en cuenta las líneas de acción que se abordarían serían (Nourbakhsh, 2015; Schuller, 2016; Khan, 2018):

- Establecer un programa de investigación y desarrollo en el ámbito de las redes eléctricas inteligentes, con el objetivo de analizar y abordar los desafíos técnicos, legales y económicos asociados con la integración de generación renovable y la creciente demanda generada por los vehículos eléctricos.
- Promover la colaboración público-privada mediante mesas de diálogo y alianzas estratégicas con proveedores de energía eléctrica, con el fin de diseñar un marco regulatorio y operativo que permita una provisión eficiente y segura de electricidad en los puntos de recarga de vehículos eléctricos.

Siguiendo estas directrices planteadas, se vislumbra la posibilidad de lograr una transición hacia una electromovilidad integral en un plazo cercano, como el año 2030. Sin embargo, alcanzar este objetivo demandará un esfuerzo conjunto y un enfoque absoluto por parte de entidades gubernamentales y empresas privadas, no solo en la capital donde se llevaría a cabo una prueba piloto, sino en todo el territorio nacional, para hacer realidad una completa integración eléctrica a nivel nacional.

## TENDENCIAS EN LA ELECTROMOVILIDAD

Para aprovechar al máximo el potencial de la electromovilidad como solución a las emisiones contaminantes, es necesario fortalecer la infraestructura de carga en todo el país. Aunque se han realizado avances en la instalación de estaciones de carga, es fundamental desarrollar una red amplia y conveniente que permita a los propietarios de VE cargar sus vehículos de manera fácil y accesible. Esto incluye la instalación de puntos de carga en hogares, estacionamientos públicos, centros comerciales y vías públicas estratégicas. Un sistema de carga bien desarrollado garantizaría la comodidad y la confianza de los usuarios de VE, eliminando cualquier preocupación relacionada con la autonomía limitada.

En términos de infraestructura, México ha realizado avances en la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos. Se han establecido redes de carga en áreas urbanas clave, como estacionamientos públicos y centros comerciales, facilitando así la recarga de los VE. Sin embargo, aún existen desafíos en cuanto a la distribución geográfica y la capacidad de carga. Es necesario evaluar la disponibilidad y accesibilidad de las estaciones de carga en todo el país, especialmente en áreas rurales y remotas, para garantizar una infraestructura de carga amplia y conveniente para los usuarios de VE.

Según datos del gobierno, actualmente existen más de 2,000 estaciones de carga en todo el país, tanto en espacios públicos como privados. Además, se están implementando planes para expandir y fortalecer esta infraestructura, con el objetivo de brindar mayor comodidad y accesibilidad a los propietarios de vehículos eléctricos (ElectroMaps, 2023)

DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE PUNTOS DE CARGA	
Aguascalientes	15
Baja California	107
Baja California Sur	38
Campeche	12
Chiapas	27
Chihuahua	37
Coahuila	70
Colima	28
CDMX	397
Durango	12
Guanajuato	98
Guerrero	43
Hidalgo	17
Jalisco	211
México	156
Michoacán	33
Morelos	56
Nayarit	8
Nuevo León	195
Oaxaca	15
Puebla	84
Querétaro	99
Quintana Roo	66
San Luis Potosí	30
Sinaloa	29
Sonora	36
Tabasco	5
Tamaulipas	22
Tlaxcala	4
Veracruz	66
Yucatán	44
Zacatecas	14



Tabla 2 Puntos de carga en el territorio mexicano. Fuente: ElectroMaps.com

*Ilustración 2 Mapa de Cargadores públicos en el territorio de México. Fuente Gobierno de México.*

Varios países están a la vanguardia en electromovilidad y han implementado políticas y medidas para impulsar la adopción de vehículos eléctricos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de países líderes en electromovilidad junto con algunos datos destacados (García,2019).

- Noruega: Porcentaje de ventas de vehículos eléctricos: En 2020, más del 50% de las ventas de vehículos nuevos en Noruega fueron vehículos eléctricos, por su parte el gobierno ofrece exenciones fiscales, tarifas reducidas para peajes y estacionamiento gratuito para vehículos eléctricos. También cuenta con una extensa red de estaciones de carga.
- Países Bajos: Infraestructura de carga: Los Países Bajos cuentan con una de las infraestructuras de carga más desarrolladas del mundo, con una amplia red de estaciones de carga pública accesibles en todo el país, el gobierno holandés ha establecido objetivos ambiciosos para la adopción de vehículos eléctricos, con el objetivo de tener solo vehículos de cero emisiones nuevos para 2030.
- China: Volumen de ventas de vehículos eléctricos: China es el líder mundial en ventas de vehículos eléctricos, representando la mitad de las ventas globales de vehículos eléctricos además se ha invertido fuertemente en infraestructura de carga y ha implementado políticas de subsidios y exenciones fiscales para fomentar la adopción de vehículos eléctricos.
- Alemania: Inversiones en infraestructura: Alemania ha destinado fondos significativos para expandir la infraestructura de carga en todo el país, incluyendo la instalación de estaciones de carga rápida en las principales autopistas de igual manera el gobierno alemán ofrece generosos subsidios para la compra de vehículos eléctricos, lo que ha impulsado su adopción.
- Suecia: En el ámbito de la energía limpia es un líder en el uso de energía renovable, lo que ayuda a reducir aún más las emisiones asociadas con la carga de vehículos eléctricos también es hogar de empresas automotrices y tecnológicas líderes en el desarrollo de vehículos eléctricos y sistemas de carga.

Cabe destacar que estos son solo algunos ejemplos de países que se destacan en electromovilidad, y muchos otros países también están trabajando activamente en la promoción de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. Los datos específicos pueden variar y están sujetos a cambios a medida que los países continúan desarrollando sus estrategias de electromovilidad.

En México se ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por diversos factores que fomentan la adopción de vehículos eléctricos (VE) en el país, por ejemplo, en cuanto al volumen de ventas de vehículos eléctricos en 2020, México registró un total de 15,422 vehículos eléctricos vendidos, lo que representa un aumento del 91% en comparación con el año anterior. Este incremento en las ventas refleja el creciente interés y la demanda de los consumidores mexicanos por los vehículos eléctricos (IEA, 2018).



Ilustración 3 Evolución en costos y densidad de energía en baterías, versus el crecimiento del mercado. Fuente IEA (2018)

## CONCLUSIONES

México tiene un potencial significativo en el campo del transporte eléctrico para el futuro. El país cuenta con los recursos naturales y la capacidad de infraestructura necesaria para impulsar la adopción masiva de vehículos eléctricos y promover la electromovilidad en todas las formas de transporte.

El potencial en el transporte eléctrico radica en varios factores clave, cuenta con una industria automotriz sólida y un mercado en crecimiento para los vehículos eléctricos. Los fabricantes nacionales e internacionales están invirtiendo en la producción de vehículos eléctricos en el país, lo que fomenta la competitividad y la oferta de modelos más accesibles. Esto, a su vez, brinda a los consumidores una mayor variedad de opciones y contribuye a la expansión del mercado de vehículos eléctricos.

Además de sus significativos avances en la implementación de la electromovilidad en el futuro, con especial énfasis en el desarrollo de la infraestructura eléctrica, la adopción de vehículos eléctricos y la mejora del transporte público.

En cuanto a la infraestructura eléctrica, se realizarán inversiones y esfuerzos importantes para expandir la red de puntos de recarga en todo el país. Esto permitirá



brindar a los propietarios de vehículos eléctricos la confianza y comodidad necesarias para realizar sus recargas de manera conveniente y eficiente. Además, se establecerán normas y especificaciones técnicas más rigurosas para garantizar la calidad y seguridad de estos puntos de recarga.

En cuanto a los vehículos eléctricos, se implementarán políticas y programas de incentivos aún más ambiciosos para fomentar su adquisición y uso. Esto contribuirá a que cada vez más personas opten por vehículos eléctricos en el ámbito privado y en el sector del transporte público. La incorporación masiva de vehículos eléctricos en el parque automotor no solo reducirá significativamente las emisiones contaminantes, sino que también promoverá la eficiencia energética y disminuirá la dependencia de los combustibles fósiles.

En el ámbito del transporte público, se establecerán metas aún más ambiciosas para la electrificación de la flota de autobuses y taxis. La incorporación masiva de vehículos eléctricos en el transporte público permitirá una reducción considerable de las emisiones contaminantes y mejorará la calidad del aire en las ciudades. Esto beneficiará tanto a los usuarios como a la comunidad en general, promoviendo una movilidad más sostenible y saludable en el futuro.

Aunque aún existirán desafíos por superar, como la necesidad de expandir aún más la infraestructura de carga y mejorar la disponibilidad de modelos eléctricos en el mercado, los avances realizados hasta ahora sentarán las bases para un futuro de transporte más limpio y sostenible en México.

Para mantener el impulso y continuar avanzando, se fortalecerá la colaboración entre los sectores público y privado, y se promoverá la investigación y el desarrollo de tecnologías eléctricas más avanzadas. Además, se realizará una inversión continua en infraestructura eléctrica y se implementarán programas de incentivos cada vez más sólidos para asegurar una transición exitosa hacia una movilidad eléctrica en todo el país.

En resumen, los avances en la implementación de la electromovilidad en México serán un claro indicador del compromiso del país hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. La electromovilidad se convertirá en una solución efectiva para reducir las emisiones contaminantes y acelerará la innovación y la modernización de la industria del transporte. Con una visión a largo plazo y una acción conjunta, México estará encaminado hacia una movilidad más limpia, eficiente y amigable con el entorno en el futuro.

## REFERENCIAS

AMIA Asociación mexicana de la industria automotriz, (2022). *Transición a la electromovilidad en México.*

Banco de Desarrollo de América Latina (2011) Desarrollo Urbano en América Latina.

Bouton, Shanon et al. (2013) How to make a city great, McKinsey & Company.

Carrillo Jorge, De los Santos Gómez José Saúl & Briones Julio (2020). Hacia una electromovilidad pública en México. CEPAL.

Cambio Energético. (2023). Disponible en:  
<https://www.cambioenergetico.com/blog/cargador-vehiculo-electrico/>

ElectroMaps, Mapas de Estaciones y Puntos de carga (2023). Disponible:  
<https://www.electromaps.com/es>

García Bernal Nicolas (2019). Electromovilidad Tendencias y experiencia nacional e internacional. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile | Asesoría Técnica Parlamentaria. Disponible en:  
[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN\\_Electromovilidad\\_Experiencias\\_comparadas\\_.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN_Electromovilidad_Experiencias_comparadas_.pdf)

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2020). Electric Vehicle Capitals: Evaluating the impact of local policy support for electric vehicles. Washington, DC: ICCT. Disponible en:  
[https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_EV-Capitals\\_2020\\_20210204.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-Capitals_2020_20210204.pdf)

IEA (2018). World Energy Outlook 2018. Disponible:  
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>

INEGI. Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros (2005-2019) <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>

INEGI. Registro de venta al público de vehículos ligeros por marca, modelo, segmento y país origen (2005-2019) <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>

INEGI, [inegi.org.mx](http://inegi.org.mx); SEDESOL:  
<http://www.microrregiones.gob.mx/zap/Default.aspx>;

<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México.

Khan, U., & Islam, S. (2018). Smart grid-based electric vehicle charging strategies: A comprehensive review. *Energies*, 11(12), 3392. doi:10.3390/en11123392

Li, G., Li, F., Li, Z., & Yang, H. (2017). A comprehensive review on demand response in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1025-1036. doi:10.1016/j.rser.2016.09.038

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Disponible en: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>

Ley General de Cambio Climático (LGCC). Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

Ley de Transición Energética. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

Ley de Caminos Puentes y Autotransporte Federal. Disponible: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

Iniciativa de Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Disponible: [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun\\_3910583\\_20190919\\_1567714975.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun_3910583_20190919_1567714975.pdf)

Nourbakhsh, G., & Zareipour, H. (2015). Electric vehicle integration with smart grids: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 17-32. doi:10.1016/j.rser.2015.04.142

McKinsey & Company (2016). *Automotive revolution – perspective towards 2030*. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry.

Neckermann, L. (2017). *Smart Cities, Smart Mobility*, Matador, Troubador Publishing Ltd.

NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. Disponible en:

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013)

NOM-167-SEMARNAT-2017.

Disponible:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5496105](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5496105)

Omar, N., Mohamed, A., & Sopian, K. (2017). A review on lithium-ion battery ageing mechanisms and estimations for automotive applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 414-428. doi:10.1016/j.rser.2017.04.076

ONU, (2021). Reporte “Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe – 4ta edición” Disponible en: <https://moveLATAM.org/4ta-edicion/>

PwC. (2019). *Electromovilidad en América Latina: Análisis de los desafíos, oportunidades y estrategias para el desarrollo sostenible del sector*. Ciudad de México: PwC. Disponible en: <https://www.pwc.com/mx/es/publicaciones/assets/pwc-electromovilidad-america-latina.pdf>

Schuller, A., & Gehrke, O. (2016). Grid integration of electric vehicles: A review on incentives and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1261-1271. doi:10.1016/j.rser.2015.12.055

SENER Secretaría de Energía. (2020). *Balance Nacional de Energía*

SEMARNAT, (2018). *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el período 2020-2030*,

SEMARNAT (2018). *Dirección de Políticas para el Cambio Climático; Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica*

STATISTA (2023). <https://es.statista.com/estadisticas/1114981/volumen-ventas-vehiculos-electricos-hibridos-mexico/>

United Nations, *Electric Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration* (2018).