

RECOMENDACIONES PARA UNA POLÍTICA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD[®]

Asociación Mexicana de
la Industria Automotriz
(AMIA)

2023

CONTENIDO

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Resumen Ejecutivo | 3 |
| 2 | Mapeo y Tendencias del Mercado Global de Vehículos Eléctricos..... | 10 |
| 3 | Análisis de Mercado y Manufactura de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México..... | 24 |
| 4 | Análisis del Impacto de la Promoción de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México | 42 |
| 5 | Elementos Sugeridos para un Plan Nacional de Electromovilidad en México..... | 48 |

1 Resumen Ejecutivo

1.1 Introducción

Hacia finales del siglo XX resurge el interés por la electromovilidad y por desarrollar soluciones de movilidad alternativas a los motores de combustión interna. Este renovado interés está asociado a la problemática del impacto medioambiental que tienen los vehículos con motor de combustión interna, la proyectada escasez de reservas de combustibles fósiles y nuevas regulaciones progresivas enfocadas a la reducción de emisiones.

Las principales economías desarrolladas, al igual que algunas economías en vías de desarrollo, han implementado programas de estímulos para la compra de vehículos híbridos y eléctricos. Estos estímulos pueden ser de carácter financiero, que tienen un efecto directo sobre el precio de mercado del vehículo. Existen también estímulos e incentivos indirectos o no financieros (no fiscales), como pueden ser beneficios de estacionamiento, carriles preferenciales, circulación por zonas restringidas para vehículos de combustión interna, exención de pago de peajes, etc. Este otro conjunto de iniciativas tiene un efecto cultural en estimular la circulación y visibilidad de este tipo de vehículos y debe darse en paralelo con los estímulos económicos, ya que juegan un papel relevante en la decisión de compra del vehículo.

1.2 Análisis de Mercado y Manufactura de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Al igual que sucede en el contexto internacional, en México el sector transporte es responsable de alrededor del 25 por ciento, o la cuarta parte del total de emisiones de carbono en México. En este contexto, la transición a la electromovilidad se convierte en una alternativa viable y eficiente para reducir las emisiones de CO₂ del sector, con el objetivo de mejorar la calidad del aire, y cumplir con los compromisos firmados por México a nivel internacional. En noviembre de 2022, el gobierno mexicano firmó un nuevo compromiso en la Cumbre Climática realizada en Egipto (COP27), en el cual se compromete a reducir las emisiones hasta en un 35 por ciento para 2030, y a convertirse en un país neutral en carbono para 2050. Esto significa, dejar de emitir aproximadamente 297 millones de toneladas de carbono en 2030.

El marco legal existente, es apenas, un conjunto de iniciativas, leyes y normas adaptables, que, de manera aislada, y con objetivos y alcances limitados, apoyan eventualmente la transición hacia la electromovilidad en el país. La estructura y el contenido del marco regulatorio actual no han logrado plasmar con claridad las condiciones y reglas del juego, están dispersos en lo general, y aún existen muchos huecos en cuanto a normatividad y reglas secundarias para cada sector en específico, así como la falta de visión a mediano y largo plazo. En este contexto, el desarrollo en materia legal aún se encuentra en distintos niveles de avance, mientras que en materia de

comercialización de electricidad el avance es importante, la implementación de las reglas de operación y normatividad aún están en un estado de indefinición, lo que genera cierta incertidumbre en los inversionistas nacionales y extranjeros, quienes necesitan reglas claras para llevar a cabo sus planes y proyectos con la mayor certeza posible.

Del mismo modo, para los consumidores, el tema de incentivos y financiamiento aún es limitado y hay mucho por hacer, lo mismo pasa en el ámbito social, en donde todavía el uso de vehículos híbridos y eléctricos no logra permear de manera importante en el interés colectivo, debido principalmente a la falta de información que prevalece en el consumidor acerca de las nuevas tecnologías y sus beneficios económico-ambientales. Asimismo, es indispensable el desarrollo de programas y mecanismos que fomenten la renovación del parque vehicular de las flotas comerciales, y del gobierno, que promuevan los programas de sustitución obligatoria de la flota de vehículos con motor de combustión interna por vehículos híbridos y eléctricos. En la medida en la que la penetración de este tipo de vehículos en el parque vehicular se incremente se impulsarán también los modelos de negocio de la infraestructura de carga, de tal manera que sea atractivo a las empresas y asociaciones público – privadas invertir en este sector.

En cuanto a manufactura de vehículos híbridos y eléctricos, el marco regulatorio ideal, debiera contener un esquema de promoción e incentivos, así como la normativa que permita a las empresas invertir en nuevas plantas de producción o en la reconversión de las instalaciones actuales. De igual manera que los fabricantes puedan contar con condiciones de infraestructura (agua, energía limpia) que impulsen el desarrollo de la industria, para satisfacer el mercado local y para mantener (o incrementar) la posición de México como uno de los principales fabricantes de vehículos a nivel global.

Ciertas ventajas competitivas posicionan a México en una situación inmejorable y con un alto potencial para el desarrollo de la manufactura de vehículos híbridos y eléctricos. Sin embargo, la magnitud de los cambios requeridos para la rápida transformación que la industria automotriz está llevando a cabo a nivel local, requiere del impulso y de una estrategia conjunta entre gobierno (Federal, estatal y local), la academia y el sector automotriz para seguir atrayendo grandes inversiones para lograr transformar la planta manufacturera. La mayor parte de las armadoras globales tienen compromisos para dejar de producir vehículos con motor de combustión interna entre 2030 y 2050, con una transformación total a tecnología de energías limpias. Es por esto que, si México pretende mantener este liderazgo en la industria automotriz global, debe contar con una estrategia que considere la demanda que esta industria requerirá de energía proveniente de fuentes renovables, ya que su principal interés a nivel global es ser neutrales en carbono en todo su ciclo de producción.

Sin duda, el mercado mexicano de vehículos híbridos y eléctricos se ha consolidado como el más grande de América Latina. Sin embargo, éste aún está lejos de su potencial, porque aún cuando los precios de los vehículos son menores que en otros países de la región, aún hay una diferencia importante cuando se les compara con los precios de los vehículos de combustión interna (sobre todo cuando se comparan con los vehículos BEV).

1.3 Estado Actual y Desarrollo de Infraestructura de Carga en México

Actualmente, de acuerdo con cifras de Frost & Sullivan, existen en México alrededor de 1,336 estaciones de carga pública o semipública, con un total de 3,206 conectores, esto significa un promedio de 2.4 conectores por estación. Si bien México, es el país con mayor número de puntos de carga en América Latina, existe una necesidad importante de incrementar el número de estaciones de carga, para lograr una mayor adopción de vehículos eléctricos. El mayor número de estaciones tiene conectores de corriente alterna, es decir, carga semi-rápida en los que, en promedio, un vehículo eléctrico tarda aproximadamente 4-5 horas para alcanzar la carga completa. Esto significa, que los consumidores tienen un tiempo considerable de espera para poder hacer recorridos de más de 360 km, que es el promedio de rango de los vehículos eléctricos disponibles actualmente en el mercado mexicano. Es por esto que, es recomendable, que se incentive la instalación de cargadores de corriente directa que disminuyan los tiempos de recarga de los vehículos. En términos de cobertura, la infraestructura de carga se encuentra distribuida a lo largo del territorio nacional, pero aún es insuficiente

1.4 Análisis de las Necesidades de Clientes Actuales y Potenciales de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Uno de los principales inhibidores del mercado de vehículos eléctricos es el efecto conocido como *range anxiety* o ansiedad por el rango. Cabe resaltar que los consumidores potenciales de vehículos híbridos y eléctricos aún no experimentan estas tecnologías directamente, pero sí cuentan con un nivel de conocimiento importante acerca del comportamiento de las mismas en la realidad. Es decir, no están familiarizados con la operación cotidiana, pero si tienen conocimiento de factores importantes por los que ya atraviesan los dueños actuales de vehículos híbridos y eléctricos, como por ejemplo el hecho de que la carga doméstica es más importante que la carga pública, o que no hay mucha disponibilidad de estaciones de carga pública en México.

Por otro lado, al cuestionar a todos los consumidores actuales y potenciales de vehículos con tecnologías híbridas y eléctricas acerca de su preferencia de compra si este tipo de vehículos tuviera el mismo precio que aquellos con motor de combustión interna, la respuesta se inclina totalmente hacia las tecnologías híbridas y eléctricas. Únicamente el 6.9 por ciento de la muestra continuaría prefiriendo el vehículo con motor de combustión interna. Lo cual pone de manifiesto la efectividad que pudieran tener aquellos esquemas de incentivos que afecten de manera

directa al precio de los vehículos. Estos esquemas incrementarían la penetración de vehículos híbridos y eléctricos en México y contribuirían de manera importante a alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y mitigación de cambio climático, así como a cumplir con los Acuerdos de penetración de vehículos eléctricos firmados en Glasgow por el gobierno mexicano en 2021. Es decir, si bien un esquema de incentivos representa una inversión, el beneficio es palpable tanto para el consumidor, como para el gobierno mexicano y para la sociedad en su conjunto.

1.5 Elementos Sugeridos para un Plan Nacional de Electromovilidad en México

1.5.1 Objetivos de Contar con un Plan Nacional de Electromovilidad en México

En la reciente 27 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en Egipto en noviembre de 2022, el gobierno mexicano incrementó los compromisos adquiridos con anterioridad sobre su estrategia de mitigación de cambio climático. El elemento fundamental de estos agresivos compromisos es el incremento en la meta de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de 22 por ciento a 35 por ciento para 2030. Dentro de las medidas anunciadas para lograr alcanzar este objetivo, el gobierno mexicano ya había firmado anteriormente el Pacto de Glasgow (resultado de la COP26 realizada en Reino Unido en 2021) en el cual, dentro del marco de las medidas de mitigación, considera un compromiso de aceleración en la adopción de electromovilidad -que el 100 por ciento de las ventas de vehículos de pasajeros sean cero emisiones a 2040. Y en conjunto con el gobierno de Estados Unidos, se fija la meta intermedia de lograr que el 50 por ciento de las ventas de este tipo de vehículos sean cero emisiones a 2030.

En este contexto, contar con un plan o estrategia nacional de adopción de electromovilidad se convierte en un eje fundamental para lograr alcanzar estos compromisos. Si bien existen esfuerzos muy importantes por parte de distintas entidades del gobierno mexicano para fomentar la adopción de vehículos híbridos y eléctricos, es de suma relevancia que haya una estrategia coordinada con los distintos jugadores del ecosistema, para que estos esfuerzos se sumen y vayan en la misma dirección. Es deseable también, que haya una entidad que coordine, supervise y dé cuenta de los avances y resultados de esta estrategia de manera periódica, para asegurar que vayan en la dirección correcta hacia el objetivo principal, que es contribuir de manera importante a la reducción de emisiones provenientes del sector transporte en México.

Para los consumidores, tanto individuos como empresas, existen un par de factores que son fundamentales en sus procesos de decisión de compra de vehículo híbridos y eléctricos:

- El diferencial de precio que existe todavía en el mercado mexicano entre los vehículos híbridos y eléctricos y aquellos con motor de combustión interna
- La disponibilidad de estaciones de carga disponibles a lo largo del territorio en México, sobre todo en carreteras

Dentro de los objetivos primordiales que la adopción de esta estrategia debe considerar se resaltan los siguientes:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por el sector transporte
- Contribuir al cumplimiento de los objetivos internacionales de cambio climático
- Generar un impacto positivo en la salud pública y calidad de vida de los habitantes en el territorio nacional

Existe también un conjunto de objetivos asociados que también tendrían un efecto positivo en el entorno económico y social de México, y que se detallan a continuación:

- Mantener el liderazgo de la industria automotriz a nivel local, regional y global
- Incrementar el número y calidad de los empleos que genera el sector automotriz en la economía mexicana
- Fortalecer la cadena de suministro regional contribuyendo a la sustitución de importaciones de China, en apoyo a los objetivos regionales con Estados Unidos y Canadá
- Potenciar la capacidad de la industria local de acceder a los beneficios de la Ley de Reducción de Inflación de Estados Unidos, así como a otros beneficios asociados a la industria de vehículos eléctricos en la región

Idealmente esta estrategia debería de surgir en la oficina de la Presidencia de la República, para que todas las entidades involucradas puedan estar alineadas con base en los objetivos fijados en la misma. El tema de la electromovilidad, como se ha visto en aquellos países más avanzados en términos de su implementación, involucra y requiere el compromiso y la acción de distintos organismos de gobierno, y que estén involucradas en temas de movilidad tanto urbana, como sub-urbana, medio ambiente, energía, infraestructura, promoción de industria e inversión, empleo y educación, por resaltar las más relevantes.

Además, sería importante que quien coordine esta estrategia tenga facultades vinculantes para que haya un seguimiento y evaluación periódica de la misma. Asimismo, para que cada entidad involucrada rinda cuenta de avances y acciones a implementar para lograr los objetivos de la misma. De otra forma, los intereses, presupuestos y objetivos de cada entidad pueden significar esfuerzos importantes pero aislados, que se pudieran convertir en un cuello de botella que limite o retrase el objetivo primordial de la estrategia.

1.6 Recomendaciones Principales del Plan Nacional de Electromovilidad

Tomando en consideración todos estos factores, y como se observa en la Gráfica 1.6.1, Frost & Sullivan identifica tres grandes áreas que el plan de electromovilidad debe abordar:

Gráfica 1.6.1: Ejes de un Plan de Electromovilidad Efectiva, México, 2023



Fuente: Frost & Sullivan

1.7 Impacto de un Plan Nacional de Electromovilidad en el Mercado de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

La incorporación de vehículos híbridos y eléctricos en el parque vehicular en México tendrá como resultado que se dejen de emitir 15.8 millones de toneladas de CO₂ entre el período 2016 – 2030, considerando una penetración bajo un escenario de crecimiento natural del mercado. Si se introdujera una política nacional que incluya un esquema de incentivos, el ahorro en emisiones de CO₂ pudiera alcanzar 26.2 millones de toneladas. Esto significa un incremento de 65.8 por ciento, o 10.4 millones de toneladas de CO₂ adicionales. Si se considera que el compromiso de México en sus NDCs actualizados requiere una reducción de alrededor de 281 millones de toneladas de CO₂, una política integral de promoción de vehículos híbridos y eléctricos ligeros puede contribuir con aproximadamente el 9.3 por ciento del compromiso total de México en materia de reducción de emisiones de CO₂.

Hacia 2030, Frost & Sullivan estima que las ventas de vehículos híbridos y eléctricos alcancen 316,856 unidades lo que representaría una penetración de 19.1 por ciento del total de ventas de vehículos ligeros en México. Como se mencionó anteriormente, este escenario considera que no existe ningún cambio en el esquema de incentivos que existe actualmente, y que el gobierno no diseña e implementa de manera exitosa ninguna política para promover la adopción de vehículos híbridos y eléctricos. Mediante la adopción de la política integral de promoción de electromovilidad desarrollada en este documento, la penetración de este tipo de vehículos puede incrementarse hasta 38.9 por ciento del total de ventas de vehículos ligeros en México en 2030.

De no haber una política y estrategia para la promoción de vehículos híbridos y eléctricos, que incluya un esquema de incentivos que afecte directamente el precio de los vehículos y la manufactura de los mismos, difícilmente se logrará alcanzar las metas de reducción de emisiones y los compromisos internacionales adquiridos por el gobierno mexicano. De la misma forma, existe el riesgo de que la industria automotriz mexicana pierda el papel de liderazgo que juega en la manufactura de vehículos a nivel global.

2 Mapeo y Tendencias del Mercado Global de Vehículos Eléctricos

2.1 Antecedentes

Hacia finales del siglo XX resurge el interés por la electromovilidad y por desarrollar soluciones alternativas a los motores de combustión interna. Este renovado interés vino asociado a la problemática del impacto medioambiental que tienen los vehículos con motor de combustión interna, la proyectada escasez de reservas de combustibles fósiles y nuevas regulaciones progresivas enfocadas a la reducción de emisiones. En este contexto, se atestigua una acelerada diversificación de desarrollos tecnológicos, junto con una redefinición del ecosistema de empresas que movilizan este mercado.

Durante los años 90, los principales fabricantes automotrices desarrollaron distintos modelos eléctricos como el Honda EV Plus, GM EV1, Toyota RAV4 EV, Nissan Altra, Chrysler TEVan o la Ford Ranger EV. Sin embargo, el modelo estrella de la movilidad alternativa durante esta época y líder en ventas desde su lanzamiento fue el híbrido Toyota Prius, lanzado al mercado en 1997.

La limitada autonomía de los vehículos eléctricos era aún un problema para el despliegue masivo de la movilidad 100% eléctrica. La recesión de finales de la primera década del siglo XXI impulsó una segunda y definitiva oleada de vehículos eléctricos, esta vez equipados con baterías de alto rendimiento y un indiscutible asentamiento en el mercado. En 2008, Tesla lanza el Tesla Roadster, diseño deportivo habilitado para tránsito en autopista y con una autonomía de más de 300km con una sola carga. Inmediatamente después, GM lanza el Chevrolet Volt (o en su versión europea, el Opel Ampera), con tecnología híbrido-enchufable (PHEV). Mitsubishi lanza el i-MiEV en 2009, con récords de ventas hasta el lanzamiento del Nissan Leaf al año siguiente.

En la medida en que avanza también la investigación y desarrollo en baterías de litio de alto rendimiento, el mercado se expande y la oferta se diversifica rápidamente en los primeros años de la segunda década del siglo; el Renault Zoe, el Renault Fluence ZE, BMW ActiveE, BMW i3 EV, Honda Fit EV, Tesla Model S y los renovados Toyota Rav4 EV y Toyota Prius PHEV, destacan en ventas. En esta segunda etapa las principales compañías chinas lanzan sus propios desarrollos e ingresan a la carrera por la movilidad 100% eléctrica, dominando el mercado automotriz más grande del mundo con modelos como BYD Song PHEV, BJEV EC 180/200EV, Zhi Dou d1/d2 y el Chery eQ EV. Más aún, nuevas opciones de alimentación de los motores eléctricos se vienen desarrollando: los vehículos eléctricos de celdas de combustible de hidrógeno (FCEV), como es el caso del Hyundai Nexo, el Honda Clarity FC y el Toyota Mirai.

Los vehículos de motor de combustión interna (ICE), tanto de gasolina como diesel, se definen por su almacenamiento de energía en el tanque en forma química. En cambio, el componente

esencial de los vehículos híbridos y eléctricos, son las distintas variedades de baterías recargables (de ácido de plomo, hidróxido de níquel o iones de litio) donde se almacena la energía que propulsa el vehículo. En el caso de los vehículos híbridos o *full-hybrids* (HEV o FHEV), la batería alimenta el movimiento del vehículo a bajas velocidades sobre distancias cortas. Al aumentar velocidad y recorrer distancias más largas, el híbrido alterna la propulsión eléctrica con la generada por un motor de combustión interna utilizando energía almacenada en forma de un combustible (gasolina o diesel) en un tanque. Asimismo, en el proceso de aceleración y frenado se transforma en energía que sirve para cargar la batería del vehículo (freno regenerativo).

Los vehículos híbridos “enchufables” o *plug-in* (PHEV) son híbridos convencionales que incorporan a su vez esta tecnología de alimentación externa de la batería propia de los BEV, según distintos tipos de ingenierías. Estos vehículos pueden ser manejados en modo eléctrico hasta ciertas velocidades o a elección del conductor, y una vez que se rebasa el umbral de velocidad (que dependiendo del modelo puede ser de hasta 80 km/hr), el motor de combustión interna entra en operación y el combustible es la principal fuente de movimiento del vehículo. Si el conductor elige el modo de manejo 100% eléctrico, los rangos de autonomía pueden alcanzar hasta 90 km (dependiendo del modelo). La recarga de la batería se efectúa por una fuente eléctrica externa, a través de un dispositivo de carga. Esta tecnología ha tenido mucha aceptación en distintos países porque aligera la “ansiedad de rango” de los consumidores, que se sienten tranquilos que pueden llegar a su destino sin necesidad de cargar el vehículo.

La instalación de redes de infraestructura pública de carga rápida en puntos clave de las ciudades también ha ayudado al público consumidor a superar la ansiedad de rango. En estas primeras etapas de masificación de la electromovilidad, destacan las redes de las redes de infraestructura de carga rápida existentes en regiones clave de EEUU (por ejemplo, en California), Reino Unido, Alemania y Noruega, así como el reciente despliegue masivo de infraestructura de carga rápida (DC) en Japón, una de las mayores a nivel mundial al momento.

Los vehículos 100% eléctricos (BEV) utilizan baterías mucho más grandes y de tecnología superior que permiten, con el mismo principio de los híbridos, alimentar el o los motores eléctricos del vehículo a altas velocidades y con una autonomía de distancia superior a 700km. El gran desafío en el desarrollo de estos vehículos continúa siendo la fabricación masiva de baterías recargables con alto nivel de rango y autonomía. Este tipo de vehículos tiene una eficiencia de alrededor de 90 por ciento en transmisión de energía de la batería a las ruedas. Las nuevas tecnologías de baterías de iones de litio (así como de químicas alternativas) han permitido superar la “ansiedad de rango” –aquel miedo de quedarse sin batería a medio camino, que impedía la masificación de su mercado-, como también se ha dejado de prestar atención al máximo de velocidad que estos vehículos pueden alcanzar –que en todos los modelos disponibles en el mercado actualmente es comparable con los autos con motor de combustión interna.

La infraestructura de carga de EVs se clasifica en tres tipos.

Carga Lenta AC, o Nivel 1, se realiza por medio de corriente alterna mediante una toma de corriente estándar en hogares y oficinas y no requiere ningún tipo de instalación. Este tipo de carga no posee caja de control ya que cuenta con una conexión directa al enchufe y su tiempo promedio de carga oscila entre 8 y 10 horas para vehículos 100% eléctricos (dependiendo del tamaño de la batería y el cargador a bordo del vehículo). Prácticamente, todos los vehículos eléctricos disponibles en el mercado vienen con un cable que se puede conectar directo a este tipo de carga, pero no permite la carga pública

Carga Rápida AC o Nivel 2, se refiere a la carga mediante corriente alternativa que exige la instalación de un equipo con modificaciones eléctricas, para acceder a una corriente de mayor nivel. El nivel 2 ofrece carga a través de 208 V o 240 V, dependiendo de las tomas de electricidad. La caja de control se encuentra en un dispositivo de protección en el cable o caja de control en cable. Normalmente, este tipo de cargadores requiere de una instalación especial ya que la demanda de energía es mayor, y el cable no puede ser enchufado directamente a la corriente, con la ventaja de que puede ser tanto pública como en el hogar con un tiempo promedio de entre 4 y 7 horas. Los conectores utilizados para este tipo de carga es el J1772 (Tipo 1), utilizado en Estados Unidos y Asia, y el Mennekes (Tipo 2) mayormente utilizado en los mercados europeos.

Carga DC (*direct current*) se refiere a la carga de corriente directa, la cual es el modelo de carga más rápido. El cargador opera a 480V y el tiempo promedio de recarga del 80 por ciento de la batería oscila entre 15 y 20 minutos, dependiendo del tamaño de la batería. Las estaciones de carga DC se instalan únicamente en lugares públicos que cuentan con la infraestructura necesaria para su operación.

2.2 Actividades y Compromisos de las Empresas Automotrices en Temas de Electromovilidad y Descarbonización de sus Actividades

Como parte de compromisos amplios de descarbonización, a partir de 2017, los principales fabricantes automotrices, como BMW, Volvo, Grupo VW, General Motors, Renault-Nissan, Toyota entre otros comenzaron a anunciar planes estratégicos de conversión de su cartera tradicional de productos de combustión interna a eléctricos, con lo cual se espera que la oferta, producción, tamaño de mercado y parque vehicular eléctrico crezca exponencialmente a partir del año 2025. Como se muestra en la Tabla 2.2.1., mayormente se apuesta por la tecnología eléctrica (PHEV y BEV).

Tabla 2.2.1: Objetivos de Electrificación y Descarbonización de Empresas Automotrices, Global, 2022-2050

| Empresa | Período | Objetivo |
|--------------------------------|--|--|
| Aston Martin | 2030 | <ul style="list-style-type: none"> 25% de sus ventas serán vehículos BEV y el resto HEV, PHEV |
| BMW | 2023 2025 2030 | <ul style="list-style-type: none"> Al menos un BEV circulando en el 90% de los segmentos donde operan 12 modelos BEV y 13 PHEV Dejar de emitir 200 millones de toneladas de CO2 50% de las ventas serán BEVs |
| Ford | 2024 2026 2030 2035 2050 | <ul style="list-style-type: none"> 100% del portafolio de vehículos comerciales serán cero emisiones en Europa Producción de 2,000,000 vehículos eléctricos anuales 100% del portafolio total serán BEVs en Europa y 50% de las ventas a nivel global serán vehículos eléctricos 100% del portafolio de Lincoln será eléctrico Reducir en 50% la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a 2019 Empresa neutral en carbono |
| General Motors | 2021 2022 2025 2030 2035 2040 | <ul style="list-style-type: none"> Firma la campaña de “Ambición Empresarial por 1.5°C” de la Iniciativa de Objetivos Basados en Ciencia (EE. UU.). GM se suma como miembro a la alianza “First Movers Coalition” (EE.UU.) 30 modelos totalmente eléctricos en todo el mundo y el 40% de los modelos en EE.UU. serán vehículos eléctricos Instalar, en conjunto con EVgo, 2,700 cargadores DC alimentados con energía renovable en EE.UU 100% de energía renovable en operaciones en EE.UU 1,000,000 ventas de vehículos eléctricos en NA y China. *Entre el 40% y 50% de ventas totales en EE. UU. sean EV volúmenes anuales de EV en EE. UU. 100% de energía renovable en operaciones a nivel global. Eliminar las emisiones de escape de vehículos ligeros. Reducir la intensidad energética en las operaciones en un 35% Empresa neutral de carbono |
| Honda | 2030 2035 2050 | <ul style="list-style-type: none"> 40% de ventas son vehículos eléctricos 80% de ventas son vehículos eléctricos Empresa neutral en carbono |
| Hyundai Motor (incluyendo KIA) | 2023 2030 2035 2040 | <ul style="list-style-type: none"> 3 modelos de celdas de hidrógeno 1,870,000 ventas anuales de vehículos eléctricos 100% del portafolio en Europa de vehículos eléctricos |

| | | |
|-------------------|------------------------------|--|
| | 2045 | <ul style="list-style-type: none"> • 100% uso de energías renovables en plantas de Corea del Sur, Europa, Estados Unidos e India • 100% ventas de eléctricos en Corea del Sur • 100% del portafolio global de vehículos eléctricos • Empresa neutral en carbono |
| Jaguar Land Rover | 2025 2030 2039 | <ul style="list-style-type: none"> • 100% vehículos eléctricos en portafolio de Jaguar • 54% reducción de emisiones respecto a 2010 • Versión eléctrica de cada modelo en el portafolio • Empresa neutral en carbono |
| Mercedes Benz | 2025 2030 | <ul style="list-style-type: none"> • 50% del portafolio con vehículos eléctricos • 100% de las nuevas plataformas serán eléctricas • Reducción de 50% de emisiones comparado a 2020 • Uso de 70% de energía renovable • 100% del portafolio con vehículos eléctricos • 40% de materiales reciclados en cada vehículo |
| Nissan | 2030 2050 | <ul style="list-style-type: none"> • 23 modelos eléctricos (15 BEV) a nivel global • 40% de las ventas en EE.UU. de vehículos eléctricos • Empresa neutral en carbono |
| Porsche | 2023 | <ul style="list-style-type: none"> • 50% de su portafolio serán vehículos eléctricos |
| Stellantis | 2025 2028 2030 2038 | <ul style="list-style-type: none"> • 4 modelos de Jeep BEV • 100% portafolio será de vehículos eléctricos en EE.UU. • 50% reducción de huella de carbono • 100% ventas en Europa y 50% en EE.UU. serán BEV • 75 modelos BEV y ventas de 5,000,000 anuales de BEVs • Empresa neutral en carbono |
| Toyota | 2025 2030 2035 2050 | <ul style="list-style-type: none"> • Superar 1,000,000 en ventas de vehículos eléctricos • 35% de reducción de emisiones de vehículos nuevos • Evaluación de impacto ambiental en 22 plantas de Norteamérica, Asia y Europa • 3,500,000 BEV fabricados a nivel global • 100% portafolio de Lexus de vehículos eléctricos • Neutralidad de carbono en plantas manufactureras • 90% reducción de emisiones comparado a 2010 |
| Volvo | 2025 2030 | <ul style="list-style-type: none"> • 1,000,000 ventas de vehículos eléctricos • 50% de ventas globales serán BEV • 100% modelos BEV en cartera |
| Grupo VW | 2025 2026 | <ul style="list-style-type: none"> • Más de 50 modelos BEV y 30 PHEV • Superar 2,000,000 en ventas de vehículos eléctricos |

| | | |
|--|--------------|---|
| | 2030 2050 | <ul style="list-style-type: none"> • 50% reducción emisiones por vehículo en producción con respecto a 2015 • Desarrollo de la última plataforma de combustión interna • 100% energía renovable en plantas de América y Europa • 40% reducción de emisiones por vehículo en Europa con respecto a 2018 • 70% de las ventas en Europa y 50% en EE.UU. y China serán BEV • Empresa neutral en carbono |
|--|--------------|---|

Fuente: Frost & Sullivan

A los objetivos de electrificación de sus portafolios y de descarbonización en la manufactura y operación de las empresas que fabrican vehículos eléctricos, se suma el trabajo en conjunto proveedores y aliados en infraestructura de carga, para que toda la cadena de valor y la energía con la que se alimentan los cargadores provenga de fuentes renovables. Por ejemplo, General Motors ha formado un consejo de sustentabilidad con sus proveedores más importantes, para compartir mejores prácticas, crear nuevos estándares de sustentabilidad para la industria y trabajar en conjunto hacia un futuro sin emisiones. El objetivo es también, encontrar materiales más sustentables y avanzar de manera conjunta en los requerimientos de cero emisiones.

2.3 Casos de Estudio a Nivel Global

Las principales economías desarrolladas, al igual que algunas economías en vías de desarrollo, han implementado programas de estímulos para la compra y manufactura de vehículos eléctricos. Estos estímulos pueden ser de carácter financiero, que tienen un efecto directo sobre el precio de mercado del vehículo: subvenciones directas, exención de pago de patente o liberación de pago de aranceles de importación. También dependiendo el país o el estado (caso EE.UU.), se han implementado distintos esquemas de reembolso o devolución de dinero, y créditos fiscales cuando se declara la compra de un vehículo eléctrico. Existen también estímulos e incentivos indirectos o no financieros (no fiscales), como pueden ser beneficios de estacionamiento, carriles preferenciales, circulación por zonas restringidas para vehículos de combustión interna, exención de pago de peajes, etc. Este otro conjunto de iniciativas tiene un efecto cultural y debe combinarse con los estímulos económicos, ya que aunque no tienen un efecto directo sobre el precio de comercialización de los vehículos, si lo tienen sobre su uso y forman parte de la decisión de compra del vehículo.

En Alemania, que tiene una larga trayectoria en la industria automotriz, la electromovilidad dio un giro en los últimos 5 años. Los incentivos gubernamentales para impulsar los avances tecnológicos han logrado aumentar el rendimiento y reducir costos de los vehículos eléctricos, disparando las ventas en un mercado cada vez más competitivo.

En octubre de 2019, el Gobierno adopta la responsabilidad de fomentar el uso de los vehículos eléctricos en todo el país, a través del “Programa de Acción Climática 2030” que pretende

alcanzar 10 millones de vehículos eléctricos en circulación y 1 millón de estaciones de carga en el país para 2030. Las medidas incluyen incentivos para propietarios, fabricantes y prestadores de servicios de vehículos eléctricos, estaciones de carga y productores de electricidad. Como parte del proceso de inclusión de los distintos sectores de la industria, el programa de electromovilidad del gobierno alemán asumió la propuesta de la Plataforma Nacional de Electromovilidad de Alemania (NPE, por sus siglas en inglés) de crear proyectos de I&D para promover ciertas áreas de tecnología de punta. El gobierno desarrolló un concepto de implementación especial para garantizar que los proyectos faro (lighthouse) generen nuevos impulsos e incentivos, desarrollen las fortalezas existentes y mejoren la visibilidad de estas fortalezas para el público en general. Los proyectos de I+D de electromovilidad, representarán una proporción extremadamente alta de todas las medidas de I+D financiadas por el gobierno alemán.

En Sudamérica, Brasil es pionero en la utilización de combustibles alternos a la gasolina convencional, la configuración de los distintos combustibles utilizados para propulsión de vehículos ligeros cambió desde 1979 con la introducción del etanol al mercado, pero no fue sino hasta principios del nuevo siglo cuando los motores con tecnología Flex Fuel, acondicionados para utilizar gasolina y etanol indistintamente, irrumpieron en el mercado ganando terreno a los motores de gasolina (VCI). A partir de 2018, se da el inicio de una lenta transición hacia el uso de vehículos eléctricos, la cual no tiene marcha atrás, pues la venta de vehículos dotados con tecnologías VCI, incluidos los motores FlexFuel, ha comenzado a disminuir ligeramente para dar lugar tanto a los vehículos híbridos como a los vehículos eléctricos de batería.

Sin embargo, en Brasil, hoy en día no existe una legislación integral específica para vehículos eléctricos que divulgue o trace la ruta hacia la eficiencia energética y la descarbonización de las emisiones. Los distintos estados están desarrollando de manera independiente alianzas y proyectos piloto. Por su parte el Gobierno Federal y el sector empresarial en un esfuerzo más organizado pusieron en marcha el Programa Rota 2030 creado en 2018, a través de la ley No. 13.755, con el objetivo de impulsar la industria nacional, por medio de normas y proyectos de I&D para el sector automotriz. En cuanto a incentivos, actualmente existe una diversidad orientada a la compra de VE, sobre todo en inversiones en infraestructura de recarga.

En China, el Gobierno Central ha logrado implementar con éxito sus políticas para el desarrollo de la industria de vehículos eléctricos y su cadena de suministro, motivadas principalmente por la mejora en la calidad del aire, la independencia energética y una búsqueda de liderazgo global en industrias estratégicas de tecnología limpia.

China es la sede de la mitad de las 10 marcas de vehículos eléctricos más vendidas en el mundo, lideradas por BYD, que ya está incluso por encima de Tesla en el posicionamiento del mercado global. Es además, el mayor exportador del mundo con alrededor del 60% de su producción de unidades de vehículos eléctricos vendidas al exterior, mientras que en el país las ventas

alcanzaron un total de 3.3 millones de unidades, y según estimaciones de la CPCA (Asociación de Automóviles de Pasajeros de China), para 2022, podrían alcanzar los 6 millones de unidades, de las cuales 500,000 de ellas serían vehículos eléctricos comerciales.

La implementación de políticas de subvención del gobierno central ha sido clave en el desarrollo de vehículos eléctricos, pero también de la construcción y desarrollo de la infraestructura de carga para su funcionamiento, esto ha hecho posible que CATL, empresa China, controle más del 30 por ciento del mercado mundial. De acuerdo con los planes de desarrollo de la industria de vehículos eléctricos, para 2025, China aumentará significativamente la amplitud de su infraestructura de carga para satisfacer las necesidades de más de 20 millones de automóviles, incluidas áreas rurales.

El nuevo plan, más estructurado e integral, no sólo está orientado hacia el mercado, sino a un desarrollo sostenible que integra las tecnologías de vehículos eléctricos y conectados. Las recomendaciones están enfocadas hacia la transformación integral de la industria, como parte de un ecosistema holístico interconectado que incluye transporte, energía y las tecnologías de información, abarcando toda la cadena de valor y reforzando la colaboración entre las industrias.

Uno de los objetivos del plan en el mediano plazo a 2025, es contar con un mercado de vehículos de nuevas energías significativamente más competitivo, con avances tecnológicos en baterías de tracción, sistemas operativos de motores y vehículos, y una mejora general en los estándares de seguridad. Planean reducir el consumo medio de energía de los vehículos eléctricos a 12.0 kWh/100 km, desde 15 kWh/100 km, y se prevé que las ventas alcancen el 20 por ciento de las ventas totales contra 5 por ciento actual.

Para 2035, el plan establece que la tecnología central de los vehículos de nuevas energías en China será altamente competitiva y de calidad global. La mayor parte de las ventas de vehículos de nuevas energías serán BEV; mientras que los vehículos públicos serán BEV en su totalidad, la red de servicios de carga y el intercambio de baterías (SWAP) será conveniente y eficiente, y la construcción del sistema de suministro de combustible de hidrógeno avanzará constantemente.

Es bien sabido que China es uno de los países con severos índices de contaminación, que en décadas anteriores inclusive redujo la expectativa de vida de su población, en este contexto uno de los principales logros de las políticas implementadas, es la reducción de estos índices. Los informes del Ministerio de Ecología y Medio Ambiente indican una caída del 58 por ciento en los niveles promedio de PM2.5 entre 2013 y 2021, de 72 microgramos por metro cúbico a 30 microgramos por metro cúbico. Para 2020, China ya no figuraba entre los cinco países más contaminados del mundo

Destaca el caso de Costa Rica, uno de los países de América Latina y a nivel global, que cuenta con una de las matrices energéticas más limpias, lo que genera el entorno ideal para la promoción

de la electromovilidad. En 2021, aproximadamente el 97% de la generación eléctrica de este país provino de fuentes renovables como hidroeléctrica, eólica y geotérmica.

Costa Rica es también uno de los primeros países en adherirse al Acuerdo de París, mediante la Ley No. 9405 en 2016, con compromisos claros y cuyo principal objetivo es convertirse en un país neutral en emisiones de carbono para 2050. Para este compromiso, Costa Rica ha desarrollado una serie de planes y objetivos que apuntan a esta descarbonización, por ejemplo, el compromiso de que el 100% de su matriz energética sea de fuentes renovables en 2030, así como un Plan Nacional de Descarbonización (PND) que está estructurado en 3 distintas fases con metas alcanzables hacia 2050, y 10 ejes estratégicos. Al ser el transporte el sector que más contribuye a la generación de emisiones de carbono en Costa Rica, 4 de los 10 ejes estratégicos están relacionados con el mismo. El Plan Nacional de Descarbonización también reconoce la necesidad de la consolidación del sistema eléctrico nacional con la capacidad para abastecer el país de energías limpias a un costo competitivo.

Costa Rica fue uno de los primeros países en implementar una legislación integral para promover la movilidad cero-emisiones en América Latina. En 2018, este país presentó el plan integral de reducción de emisiones que le permitirá alcanzar sus objetivos de descarbonización hacia 2050. Entre otros aspectos, la Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, mejor conocida como Ley No. 9518, considera también el desarrollo de infraestructura de carga con lineamientos específicos, donde se propone como una responsabilidad público-privada. Cabe resaltar que al tener una estrategia de país para combatir el cambio climático, se han logrado acciones coordinadas tanto entre distintas entidades de gobierno, como entre distintos sectores económicos y la sociedad civil. Este esfuerzo fue lanzado por el gobierno central con objetivos muy claros y definidos a lo largo del tiempo, así como con directrices claras de la función que cada Ministerio debe cumplir. Las ventas de vehículos eléctricos se han incrementado constantemente desde la implementación de esta política integral de incentivos, pasando de 25 vehículos eléctricos (PHEV y BEV) en 2016 a 459 vehículos en 2019, que fue el primer año con incentivos. En tan sólo 3 años de entrada en vigor y en medio de la pandemia de COVID-19, la penetración en el mercado total de vehículos nuevos alcanzó 3.4 por ciento en 2021, pero se espera que alcance alrededor de 6.8 por ciento en 2022. De acuerdo con estimaciones de Frost & Sullivan, se espera que la penetración de vehículos eléctricos de batería (BEV) en el mercado de ventas de vehículos nuevos en Costa Rica alcance 24.2 por ciento en 2030, siendo la penetración más alta en América Latina. Hacia 2035, se espera que Costa Rica logre su objetivo de 100 por ciento de ventas de vehículos cero emisiones en el país.

Estados Unidos es uno de los países que más contribuye a la huella global de carbono. Durante 2020, este país generó 5,222 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente al 10 por ciento de la generación global de emisiones. Si bien esto significó una reducción de aproximadamente

11 por ciento con respecto a las emisiones de 2019 (explicado principalmente por la reducción en movilidad por la pandemia de COVID-19), existe una fuerte presión a nivel global para que Estados Unidos tome acciones que reduzcan en una mayor proporción su huella de carbono. El sector transporte contribuye con aproximadamente 27 por ciento de las emisiones, mientras que la generación eléctrica con el 25 por ciento, ya que su matriz energética es altamente dependiente del carbón. En 2021, únicamente el 12 por ciento de la generación eléctrica provino de fuentes renovables como biomasa, eólica e hidroeléctrica principalmente.

En este contexto, los recientes gobiernos estadounidenses han hecho distintos compromisos para disminuir las emisiones. El gobierno de Barack Obama se adhirió al Acuerdo de París que pretende reducir la temperatura promedio global en al menos 2° centígrados y preferiblemente en 1.5° centígrados. Estos compromisos se han ido actualizando con contribuciones más estrictas. Así, en abril de 2021, Estados Unidos se ha comprometido a reducir entre 50 y 52 por ciento las emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2030 (comparadas con las emisiones de GEE en 2005), y ser un país libre de emisiones para 2050. El presidente Joe Biden diseñó tres programas cuyos objetivos son promover la electromovilidad como un medio fundamental para cumplir los objetivos de cambio climático, así como para promover el desarrollo industrial en actividades donde China estaba tomando la delantera. Con un total de \$135,000 millones de dólares de recursos para la promoción de mercado y manufactura de vehículos eléctricos (y sus componentes), estos tres programas son:

1. Ley Bipartidista de Infraestructura
2. Ley de Chips y Ciencia
3. Ley de Reducción de Inflación (IRA por sus siglas en inglés)

En diciembre de 2021, como parte de las inversiones de la Ley Bipartidista de Infraestructura se anunciaron inversiones de aproximadamente \$7,500 millones de dólares, de los cuales \$5,000 millones son fondos para que los estados construyan una red de carga para vehículos eléctricos. El 10 por ciento se reserva cada año para que el secretario de Energía otorgue fondos para que los Estados puedan llenar los huecos en la red. Los \$2,500 millones restantes serán para comunidades y corredores y se otorgarán a través de proyectos innovadores que demuestren que cubren con los objetivos de cubrir con una red de carga a comunidades rurales y/o en comunidades en desventaja. Esta inversión, es la mayor en este rubro en la historia de Estados Unidos. Para lograr estos objetivos, monitorear el despliegue eficiente de los recursos y la supervisión de los avances de la red, se establecerá una oficina formada por funcionarios de las Secretarías de Energía y la de Transporte. La Secretaría de Transporte (DOT por sus siglas en inglés) es la encargada de dictar las normas y estándares para el tipo de cargadores que deben ser instalados a lo largo de la red asegurándose de que funcionan, que son seguros y accesibles para toda la población. Con estas inversiones el gobierno estadounidense espera instalar

alrededor de 500,000 cargadores a lo largo de todo el país para lograr tanto viajes locales como interestatales.

Otro elemento fundamental de la estrategia para la electromovilidad en Estados Unidos es la fabricación de baterías para vehículos eléctricos (y sus componentes) a nivel local, así como el reciclaje de sus materiales. Dentro de las prioridades para el gobierno se encuentra promover una minería responsable y sustentable de los minerales necesarios para la manufactura de este tipo de baterías como son el níquel, cobalto y litio.

Por su parte, la Ley de Reducción de Inflación (IRA por sus siglas en inglés) aprobada en agosto de 2022, modifica algunos incentivos ya existentes para vehículos eléctricos que ya habían alcanzado un máximo. Anteriormente, los créditos fiscales al consumo de vehículos eléctricos tenían un límite de 200,000 vehículos por empresa. General Motors, Tesla y Toyota habían alcanzado estos límites, que además eran por la cantidad máxima de \$7,500 dólares estadounidenses.

La nueva Ley incluye distintos aspectos, no solamente créditos directos a la compra de autos híbridos o eléctricos, sino también distintos puntos para promover la manufactura de estos vehículos en Estados Unidos o en alguno de los países que cuentan con tratados de libre comercio. El requerimiento de que los vehículos sean fabricados en América del Norte entró en vigor al momento de la firma de esta Ley en agosto de 2022. Existen otros puntos cuya entrada en vigor es a partir del 1 de enero de 2023. Algunos de estos puntos se detallan a continuación:

- Se elimina el tope de 200,000 vehículos por empresa
- Se mantiene el requerimiento de que el vehículo debe ser ensamblado en Norteamérica (Canadá, Estados Unidos o México)

El crédito máximo es de \$7,500 dólares para vehículos nuevos, sin embargo, en conjunto con algunas estrategias a nivel estatal, el incentivo puede llegar hasta \$11,000 por vehículo.

Si bien las iniciativas del gobierno de Estados Unidos están enfocadas en fortalecer la manufactura local a lo largo de toda la cadena de valor de vehículos eléctricos, hay un fuerte interés por parte de las autoridades estadounidenses de fortalecer también las cadenas de valor de sus socios comerciales. Es por esto, que México, se encuentra en una posición privilegiada para poder beneficiarse de estas iniciativas y también posicionarse como un polo de manufactura de vehículos eléctricos y sus componentes, que consoliden la industria automotriz ya existente.

Suecia es uno de los países con mayor porcentaje de energías renovables dentro de su matriz energética. De acuerdo con la Agencia de Energía de este país, alcanzó 90 por ciento de la generación en 2018, lo convierte en una ventaja adicional para la adopción de la electromovilidad. Además, Suecia fue uno de los primeros países en introducir un esquema de

incentivos para la promover la adopción de vehículos eléctricos en 2012. El programa mejor conocido como “Súper Reembolso de Auto Verde” fue diseñado inicialmente para cubrir 5,000 autos con emisiones de carbono menores a 60 g por kilómetro, y este objetivo se alcanzó a mediados de 2014. Aquellos vehículos que cumplieran con este límite de emisiones recibían un incentivo de alrededor de €4,200 euros (\$40,000 coronas suecas) otorgado una vez que el vehículo era adquirido (es decir, no al momento de la compra del mismo). Prácticamente, todos los vehículos eléctricos (BEV) e híbridos enchufables (PHEV) disponibles en el mercado en ese momento, cumplían con este límite de emisiones.

El marco regulatorio de Suecia, más que incentivar directamente la compra de vehículos eléctricos, está basado en niveles de emisiones. El sistema de bonos malus (mayor impuesto para vehículos con altas emisiones), implementado en 2018, ofrece reembolsos para la compra de vehículos de bajas emisiones, y promueve un impuesto adicional a aquellos vehículos altamente contaminantes. Este tipo de políticas (similar al caso de Francia) permite un balance de recursos para el gobierno ya que, los ingresos provenientes de los impuestos a aquellos vehículos que más contaminan sirven para dar incentivos a los vehículos de emisiones más bajas o cero emisiones.

En abril de 2018, Suecia fue el primer país en inaugurar la primera carretera electrificada. En esta vía los autos eléctricos recargan las baterías mientras pasan por un riel de carga incrustado en la carretera. El objetivo de Suecia es contar con alrededor de 2,000 kilómetros de carreteras eléctricas hacia 2030.

Cabe resaltar que desde los inicios del diseño de esta política de incentivos para incrementar la adopción de vehículos eléctricos, el principal objetivo en Suecia ha sido utilizar a los vehículos eléctricos como una herramienta fundamental para combatir el cambio climático, lograr una mayor eficiencia energética y tomar ventaja de los beneficios asociados que este tipo de vehículos puede aportar al entorno de las ciudades (como una menor emisión de ruido). Dada la disponibilidad existente de la tecnología en vehículos de pasajeros, la política del gobierno sueco inicialmente se ha enfocado en promover la adopción en este segmento, para después trasladarlo a autobuses de pasajeros y vehículos de transporte de carga.










Finalmente, en la 26ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26) celebrada en Glasgow en 2021, el gobierno de Tailandia se comprometió a alcanzar la neutralidad en carbono en 2050, y a eliminar por completo las emisiones de gases de efecto invernadero en 2065. Para lograr estos objetivos, en 2020 el gobierno tailandés creó el Comité Nacional de Política para Vehículos Eléctricos como un ente que promueva, coordine y dé seguimiento a las políticas y estrategias para alcanzar los objetivos asumidos. Este Comité está conformado por la Oficina del Primer Ministro, en colaboración principalmente con el Ministerio de Industria, el Ministerio de Energía, y el Ministerio de Transporte, y está presidido por el Vice-Primer Ministro de Tailandia.

Dentro de las directivas de este Comité, está la iniciativa 30@30 que establece que al menos el 30 por ciento de los vehículos fabricados en este país deben ser cero-emisiones, lo que equivale a aproximadamente 750,000 vehículos (Tailandia produce aproximadamente 2.5 millones de vehículos anualmente). Este objetivo está enfocado principalmente en vehículos eléctricos de batería (BEV), y en menor medida en vehículos híbridos e híbridos enchufables (HEV y PHEV) y se extiende hasta el punto de que para 2035 se espera que cada vehículo eléctrico vendido en el país sea de manufactura local. Estos objetivos son únicos en el sentido de que se acompaña el desarrollo del mercado local con el de la industria manufacturera de vehículos, que ha crecido de manera importante en los últimos años, y que representa una fuente importante de empleo e ingresos para la sociedad tailandesa.

La visión y los objetivos de descarbonización están acompañados de una política de desarrollo a largo plazo (a un horizonte de 20 años) conocida como “Tailandia 4.0” que pretende incrementar el ingreso del país y de sus habitantes. Hacia 2036, el gobierno tiene como objetivo poder competir con países cuya economía está basada en el conocimiento, agregando valor a su manufactura y desarrollando el capital humano necesario para lograr estos objetivos. Esta estrategia se enfoca en 12 sectores incluyendo automotriz, automatización y robótica, digital, aviación y logística, biocombustibles y la industria bioquímica, entre otros. Para lograr estos objetivos, existe un enfoque importante en desarrollar el Corredor Económico del Este, una región que incluye 3 provincias del este del país y que pretende ser la puerta de conexión entre el Sudeste Asiático y la región Asia-Pacífico en el corto plazo.

La tabla 2.3.1 resume los incentivos otorgados a la manufactura de vehículos eléctricos y sus componentes en estos países, así como en Canadá, importante socio comercial de México.

Tabla 2.3.1: Incentivos Otorgados a la Manufactura de Vehículos Eléctricos y sus Componentes, Países Seleccionados, 2023

| Principales Incentivos | Bonos a Nuevas Plantas | Incentivos Fiscales Manufactura | Promoción de I+D | Incentivos Manufactura de Baterías | Disponibilidad Energías Limpias | Incentivos Regulatorios (joint-ventures) | Incentivos Minería Materiales VE |
|--|------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| Alemania  | No exclusivo para VE | No exclusivo para VE | No exclusivo para VE | Junto con la Unión Europea | No exclusivo para VE | | |
| Brasil  | | No exclusivo para VE | No exclusivo para VE | | | | |
| Canadá  | | | | | | | |
| China  | | | | | | No exclusivo para VE | |
| Costa Rica  | | | | | | | |
| Estados Unidos  | No exclusivo para VE | | | | | | |
| Suecia  | | | | | | | |
| México  | | No exclusivo para VE | | | | | |
| Tailandia  | | No exclusivo para VE | | | | | |

Fuente: Frost & Sullivan

3 Análisis de Mercado y Manufactura de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Al igual que sucede en el contexto internacional, en México el sector transporte es responsable de alrededor del 25 por ciento, o la cuarta parte del total de emisiones de carbono. En este contexto, la transición a la electromovilidad es una alternativa viable y eficiente para reducir las emisiones de CO₂ del sector, con el objetivo de mejorar la calidad del aire, y cumplir con los compromisos firmados por México a nivel internacional. En noviembre de 2022, el gobierno mexicano firmó un nuevo compromiso en la Cumbre Climática realizada en Egipto (COP27), en el cual se compromete a reducir las emisiones hasta en un 35 por ciento para 2030, y a convertirse en un país neutral en carbono para 2050. Esto significa, dejar de emitir aproximadamente 297 millones de toneladas de carbono en 2030.

El gobierno actual confía en alcanzar dichas metas con el aumento en la generación de energías limpias hasta un total de 40 GW, lo que significa agregar más de 25 GW de capacidad eólica, solar, geotérmica e hidroeléctrica combinada a la matriz energética de México para 2030. Con este compromiso se espera reducir 52 millones de toneladas de CO₂ al final de la década. Este objetivo se genera en conjunto con el gobierno de Estados Unidos, y también fue anunciado en el marco de la COP27 por el canciller mexicano, Marcelo Ebrard. De acuerdo con el funcionario se pretende asignar un total de \$48,000 millones de dólares para lograr los compromisos de descarbonización de México a 2030.

Por otro lado, en la pasada Cumbre de Países de América del Norte (CLAN) en 2021, México y PEMEX se comprometieron a eliminar la quema y el venteo rutinario en las operaciones de petróleo y gas, con una inversión aproximada de \$2,000 millones de dólares y un plan de implementación hacia 2030. México también asume el compromiso de recapturar el gas metano que emite la producción de petróleo y gas y reutilizarlo en el corto plazo (98% de reutilización a 2024)

Asimismo, en noviembre de 2022, se lanzó el Plan Sonora de Energías Limpias, un proyecto del gobierno de Andrés Manuel López Obrador, en conjunto con el gobierno de Estados Unidos, para promover las energías limpias y la transición hacia la electromovilidad, con 3 ejes principales de acción:

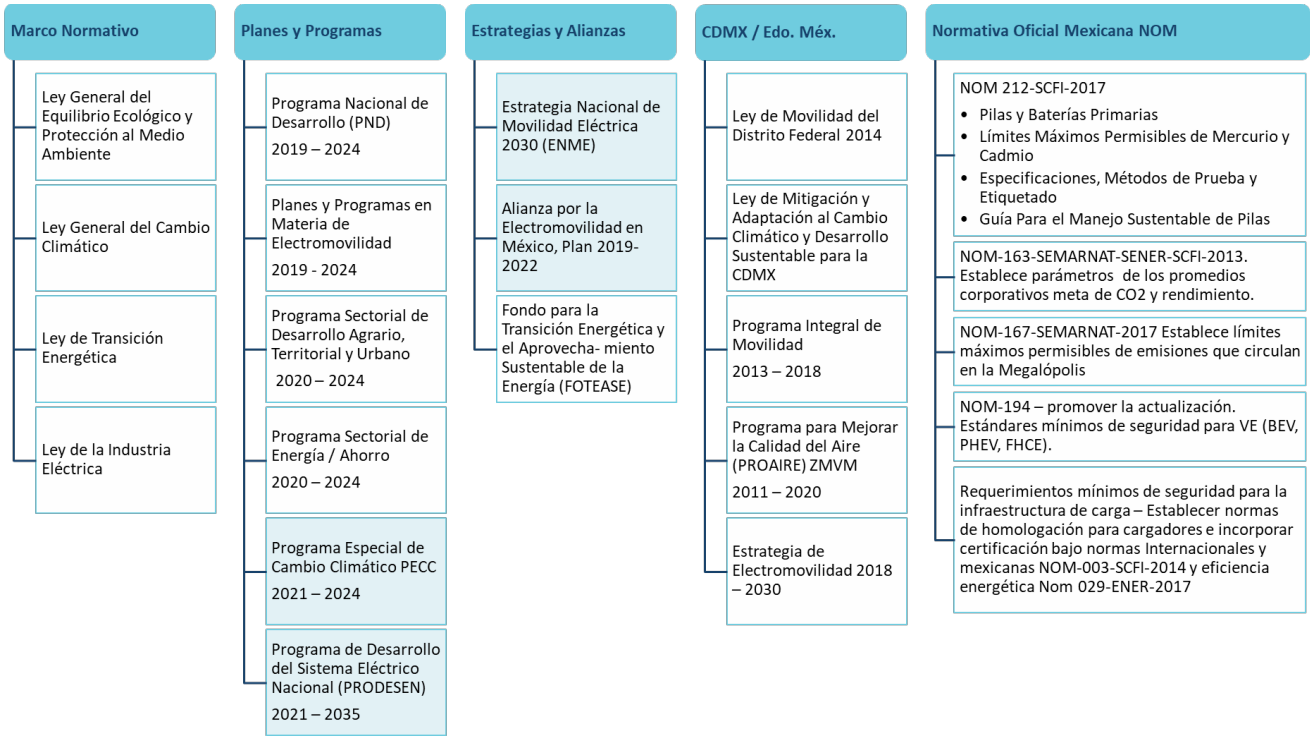
1. **Generación de Energías Limpias:** Se espera que Puerto Peñasco sea la planta de energía solar más grande de América Latina, y será la primera de varias plantas en el Estado para generar un total de 5GW de energía solar a lo largo de la década. El parque solar de Puerto Peñasco generará 1GW y entrará en operación en 2023.
2. **Inserción de México en la Cadena de Valor de Vehículos Eléctricos:** Promover la explotación del litio (a través de la empresa estatal LitióMX) y grafito de los yacimientos en Sonora, así como de otros minerales esenciales para componentes electrónicos y semiconductores, para insertar a México en las cadenas de valor de vehículos eléctricos. En conjunto con CONACYT se pretende desarrollar una red mexicana de proveedores que contribuirá al hub de semiconductores en Arizona.
3. **Desarrollo de Infraestructura:** Incluye la modernización del Puerto de Guaymas, así como de las aduanas de Nogales, Agua Prieta y San Luis Río Colorado. Dentro del proyecto se contempla también la modernización y ampliación de carreteras, así como de la infraestructura ferroviaria del estado para mejorar la conexión con Arizona, en Estados Unidos.

El Plan Sonora, está siendo coordinado por la Secretaría de Relaciones Exteriores, la Secretaría de Economía, y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), mientras que el esquema de financiamiento para lograrlo está a cargo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Se espera que el gobierno de Estados Unidos proporcione recursos a bajas tasas de interés para que el gobierno mexicano pueda implementar este Plan.

El marco legal existente, es apenas, un conjunto de iniciativas, leyes y normas adaptables, que, de manera aislada, y con objetivos y alcances limitados, apoyan eventualmente la transición hacia la electromovilidad del país.

El marco regulatorio actual en materia de vehículos híbridos y eléctricos, comienza con el derecho que tenemos todos los ciudadanos, a nivel constitucional, a una movilidad en mejores condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, e inclusión, capaz de sentar las bases junto con los compromisos a nivel internacional, para contar con una estrategia nacional de electromovilidad y mejorar las condiciones de nuestro entorno.

Gráfica 3.1: Marco Normativo, Principales Planes, Programas y Estrategias de Electromovilidad, México, 2022



Fuente: Frost & Sullivan

Los esfuerzos pretenden agilizar y dar pauta hacia la adopción de los vehículos eléctricos, no obstante, el propósito es encontrar el punto de unión de las diversas iniciativas para sumar de manera coordinada todos los esfuerzos y fortalecer una misma estrategia con las mejores prácticas disponibles.

En 2017, el Gobierno de México con el objetivo de impulsar la electromovilidad de manera más organizada, a través de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), se alió con diversas empresas y organismos. Como resultado de esta alianza, en 2018, comienza a trabajar en la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica Visión 2030 (ENME), dentro de los objetivos iniciales de esta estrategia, están establecer las bases y guías sobre los requerimientos y las prioridades técnicas, financieras, legales, institucionales y administrativas, así como los esquemas de incentivos, que impulsen y posicionen a nivel nacional la electromovilidad como una alternativa viable y sustentable. Si bien se esperaba la publicación de de la ENME a finales de 2022, en marzo de 2023 aún no se ha concretado.

Entre sus principales metas está la de reducir entre 3.3 a 5 millones de toneladas de CO₂ (equivalentes a dióxido de carbono), lo que equivale a introducir 7 mil vehículos pesados de carga y/o pasajeros, y 500 mil vehículos ligeros, llevar a 5 por ciento las ventas de vehículos eléctricos (híbridos enchufables y eléctricos) y, establecer corredores cero emisiones de transporte público, con tecnología eléctrica, en 10 de las principales áreas urbanas del país.

Por el lado de los incentivos, éstos están dirigidos principalmente a la exención del ISAN, del pago de tenencia y verificación ambiental en algunos estados, deducibilidad del ISR (impuesto sobre la renta) para la adquisición de infraestructura de carga (electrolineras), eliminación de aranceles, placas ecológicas, Ecotag, e incentivos de instalación para medidores adicionales a través de la CFE.

Los programas de apoyo varían dependiendo de cada entidad federativa. En la CDMX (Ciudad de México) y en el Estado de México, existen algunas facilidades para los usuarios de VE, como la exención del pago de tenencia (impuesto de propiedad) o el trámite del “Holograma E” para distinguir por medio de las placas vehiculares a los automóviles que están exentos del Programa Hoy No Circula. En el caso de la CDMX los VE, pueden obtener una etiqueta adhesiva llamada “Eco TAG” que otorga un 20% de descuento permanente al transitar por las determinadas autopistas urbanas de cuota.

Específicamente, en materia de vehículos híbridos y eléctricos, la regulación actual contiene algunos incentivos de compra y/o financiación, que incluyen la reducción de impuestos arancelarios, créditos para adquisición de infraestructura de carga, subvenciones fiscales, y la exención de restricciones vehiculares, entre otros.

Gráfica 3.2: Incentivos a la Electromovilidad, México, 2022

| | | |
|--|---|--|
| LIF (Ley de Ingresos de la Federación), exención del ISAN para VE | Ley del ISR, deducibilidad de hasta \$250,000.00 en el MOI (monto original de la inversión) para personas morales. | Ley del ISR, Art. 204, establece un crédito fiscal de 30% del ISR, para inversiones en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos de acceso público, no acumulable para otros ejercicios fiscales. |
| Ley ISR, Art. 34, Fracc. XIII, deducción del 100%, y en un sólo ejercicio de la inversión de equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables. | Ley del ISR Art. 28, Fracc. XIII, deducción de hasta \$285 pesos. Diarios por vehículos eléctricos por uso o goce temporal incluyendo vehículos de propulsión con hidrógeno. | IGI (Impuesto General de Importación), eliminación de aranceles; para la importación de vehículos con motor eléctrico, incluye: automóviles, camionetas, y camiones de carga. Aplica para empresas suscritas al decreto para el apoyo de la competitividad, de la Secretaría de Economía |
| Exención de verificación ambiental para vehículos híbridos y eléctricos, que implica la revisión de emisiones semestrales y la restricción del programa “hoy no circula”. | Placas de Auto Ecológico: identifica a los vehículos que cuenta con tecnología híbrida o eléctrica. | CFE Instalación gratuita de medidores independientes que permiten un ahorro de 40% al facturar en un solo medidor el consumo del hogar y del coche. |
| Estacionamientos preferentes: Charge Now y establecimientos en la CDMX ofrecen a sus visitantes que utilizan vehículos eléctricos lugares de estacionamiento y/o con estación de carga. | Engomado E: en la CDMX y el Estado de México se asigna un engomado especial para identificar a los vehículos híbridos y eléctricos. | ECOTAG poseen un descuento de 20% en vialidades urbanas de peaje, TELEVIA (Autopista Urbana Norte, Urbana Poniente, y Urbana Sur). CDMX. |
| Exención del pago de la tenencia: en la mayoría de los estados. Ej. En el Estado de México no se paga tenencia durante los primeros cinco años, después se paga con un 50% de descuento. | CDMX, Renovación de la flota de taxis. Bono de chatarrización por cada unidad entregada para ser sustituida, por concepto de vehículos nuevos, \$100,000 para vehículos híbridos, y \$175,000 BEVs. | Jalisco, Desarrollando programa para fomentar el transporte de mercancías bajas y cero emisiones, con bono de renovación de hasta \$500,000 para BEVs. |

Fuente: Frost & Sullivan

En términos de incentivos, el gobierno federal eliminó el Impuesto Sobre Autos Nuevos (ISAN) para vehículos híbridos y eléctricos desde 2012, y esta medida seguirá en vigor en 2023. Como se mencionó anteriormente, México cuenta con Tratados de Libre Comercio con alrededor de 40 países, con lo cual la mayor parte de los vehículos importados no pagan el arancel de 16 por ciento que se paga cuando el vehículo proviene de un país sin tratado de libre comercio. Además, en febrero de 2017, la Secretaría de Economía (SE) anunció que los vehículos híbridos y eléctricos tienen el beneficio de la exención del arancel de importación, siempre y cuando la empresa importadora, fabrique autos en México.

Cabe mencionar que la mayoría de los planes y programas cuentan con una proyección limitada hacia 2024, con lo cual es casi imposible sentar las bases de una industria en desarrollo, que impulse las tecnologías necesarias e incremente la adopción de la electromovilidad en el país a mayor escala. En este contexto, el desarrollo en materia legal aún se encuentra en distintos niveles de avance, mientras que en materia de comercialización de electricidad el avance es relativamente mayor, la implementación de las reglas de operación y normatividad aún están en un estado de indefinición, lo que genera cierta incertidumbre en los inversionistas nacionales y extranjeros. Del mismo modo, para los consumidores, el tema de incentivos y financiación aún es limitado.

Asimismo, es indispensable el desarrollo de programas y mecanismos que fomenten la renovación del parque vehicular de las flotas comerciales y del gobierno, promoviendo los programas de sustitución obligatoria de las flotas por vehículos híbridos y eléctricos. En la medida en la que la penetración de este tipo de vehículos en el parque vehicular se incremente, se impulsarán también los modelos de negocio de la infraestructura de carga, de tal manera que sea atractivo a las empresas y asociaciones público – privadas invertir en este sector.

En cuanto a la manufactura de vehículos híbridos y eléctricos, el marco regulatorio ideal, debiera contener un esquema de promoción e incentivos, así como la normativa que permita a las empresas invertir en nuevas plantas de producción o en la reconversión de las instalaciones actuales.

El trabajo conjunto y la creación de reglas claras deberían replicar el esfuerzo hecho hace más de tres décadas, cuando el gobierno federal impulsó fuertemente la industria automotriz promoviendo que las empresas globales llegaran a producir al país junto con sus cadenas de proveeduría, transformando a la industria en clústeres automotrices. Este esfuerzo coordinado debería impulsar la transformación de la industria actual en todos los aspectos, desde su actual planta productiva y la capacitación del capital humano, hasta convertirlo en un hub global para la industria de los vehículos híbridos y eléctricos; el gran reto es lograr definir y conceptualizar la ruta a seguir en cada una de las partes del ecosistema, construir sobre una reglamentación resiliente al cambio, que asegure el cumplimiento de la normativa generada a largo plazo.

3.1 Mercado de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

El mercado mexicano de vehículos híbridos y eléctricos se ha consolidado como el más grande de América Latina. Similar al caso de Chile, una de las ventajas, es el nivel de precios del mercado automotriz en general, donde gracias al amplio número de tratados de libre comercio que tiene México, la mayor parte de los vehículos (incluyendo híbridos y eléctricos) están libres de arancel. También es una realidad, que el gobierno federal ha implementado incentivos financieros y no financieros al mercado de vehículos híbridos y eléctricos, y existen incentivos adicionales a nivel ciudad, sobre todo en la Ciudad de México.

Sin embargo, el mercado mexicano está lejos de su potencial, ya que si bien los precios de los vehículos son menores que en otros países de la región, aún hay una diferencia importante en relación a los precios de los vehículos de combustión interna. Por el lado de la oferta, se observan limitaciones provenientes en términos de inventarios de las marcas, y no por el número de modelos presentes en el mercado. En diciembre de 2022 existen 21 marcas que ofrecen al menos un modelo de vehículo híbrido o eléctrico en el mercado, hay 18 modelos híbridos ofrecidos por 6 marcas, prácticamente en todos los segmentos.

El segmento de los PHEVs también tuvo un boom de lanzamientos a partir de 2016, donde al igual que en otros países de la región, la oferta de vehículos de este tipo de tecnología ha estado altamente asociado a las marcas de alta gama como BMW, Porsche, Volvo y Mercedes Benz, principalmente en el segmento de SUVs. En diciembre de 2022 existen 8 marcas que comercializan aproximadamente 18 modelos PHEV.

En el caso de los eléctricos, Nissan y BMW comenzaron a comercializar los modelos Leaf e i3 en 2014, y ambos modelos se siguen comercializando en México hasta 2021, cuando el modelo i3 de BMW salió del mercado. En 2016, llegó a México la marca Tesla con los Modelos S y X, y en 2018 se añadieron el sedán Modelo 3 y la SUV Modelo Y. Como se verá más adelante, la llegada de estas marcas ha dado un impulso importante al desarrollo de la infraestructura de carga en México. A partir de 2020, distintas marcas, principalmente del segmento premium, tales como Jaguar, Porsche y Volvo lanzaron modelos 100% eléctricos, y en 2021 se unieron marcas como Audi, BMW, y Mercedes Benz. En el segmento de mercado masivo, Chevrolet lanzó la versión Bolt EUV en 2021, y la marca china JAC comenzó a comercializar 3 modelos eléctricos en México en ese mismo año. En 2022, la marca estadounidense Ford, lanza al mercado el crossover Mach E, que además es fabricado en México desde 2021.

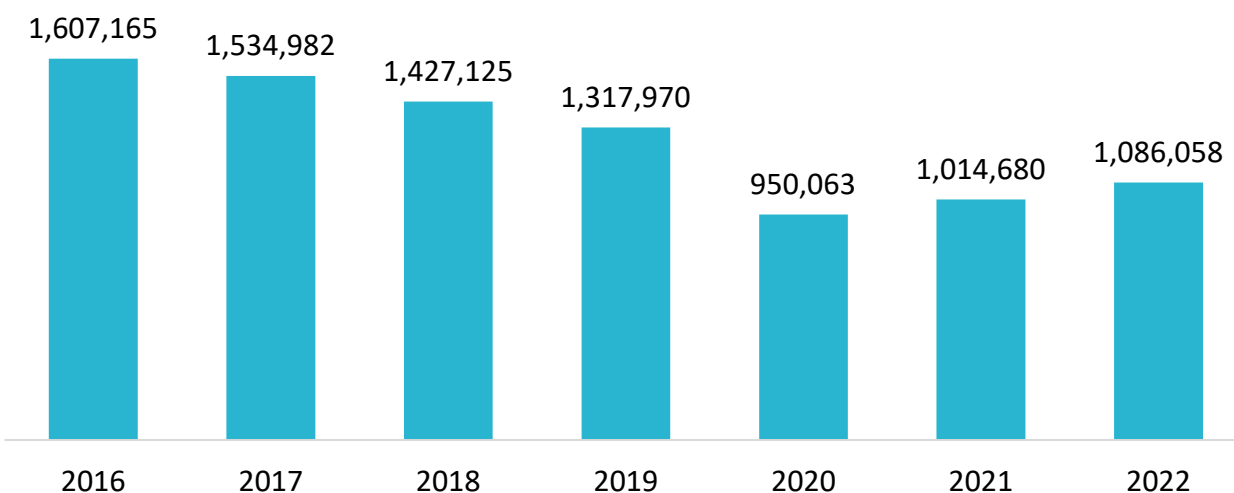
Uno de los segmentos que está teniendo mayor auge es el de vehículos comerciales, sobre todo en vanes de entrega de última milla que, con el crecimiento del comercio electrónico observado a raíz de las restricciones de movilidad derivadas de la pandemia de COVID-19. En 2020, Renault lanzó su modelo Kangoo ZE con una autonomía de hasta 200 km de recorrido con una sola carga de batería. En 2022, Ford lanza la van eléctrica E-Transit y la marca francesa Peugeot, la E-Partner.

Distintas flotillas tanto de empresas mexicanas, como de empresas globales, están adoptando estos modelos para disminuir su huella de carbono, tales son los casos de Mercado Libre, DHL, Liverpool, entre otras.

3.1.1 Tamaño de Mercado Actual y Proyección de Ventas de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México (2018-2030)

Después de la caída observada en las ventas totales de automóviles y utilitarios ligeros durante 2020, derivada de la pandemia de COVID-19 (-27.9 por ciento), la crisis observada en el sector durante 2021, ocasionada por la falta de semiconductores a nivel global, provocó que las ventas en el mercado mexicano tuvieran una incipiente recuperación durante este período. Si bien, durante 2022 mejora ligeramente la situación de la falta de semiconductores, aún se espera que el mercado crezca alrededor de 5.7% para alcanzar 1.07 millones de unidades, muy lejos aún del pico del mercado de cerca de 1.6 millones de unidades observado en 2016, como se observa en la Gráfica 3.1.1.1. La escasez de semiconductores, las disrupciones en la cadena de valor, así como la creciente inflación observada en la economía mexicana también afectó el precio de los vehículos en México (creciendo a un mayor ritmo que la inflación total), lo que también ha impactado negativamente las ventas.

Gráfica 3.1.1.1: Ventas Totales Anuales de Vehículos de Pasajeros y Utilitarios Ligeros, México, 2016-2022

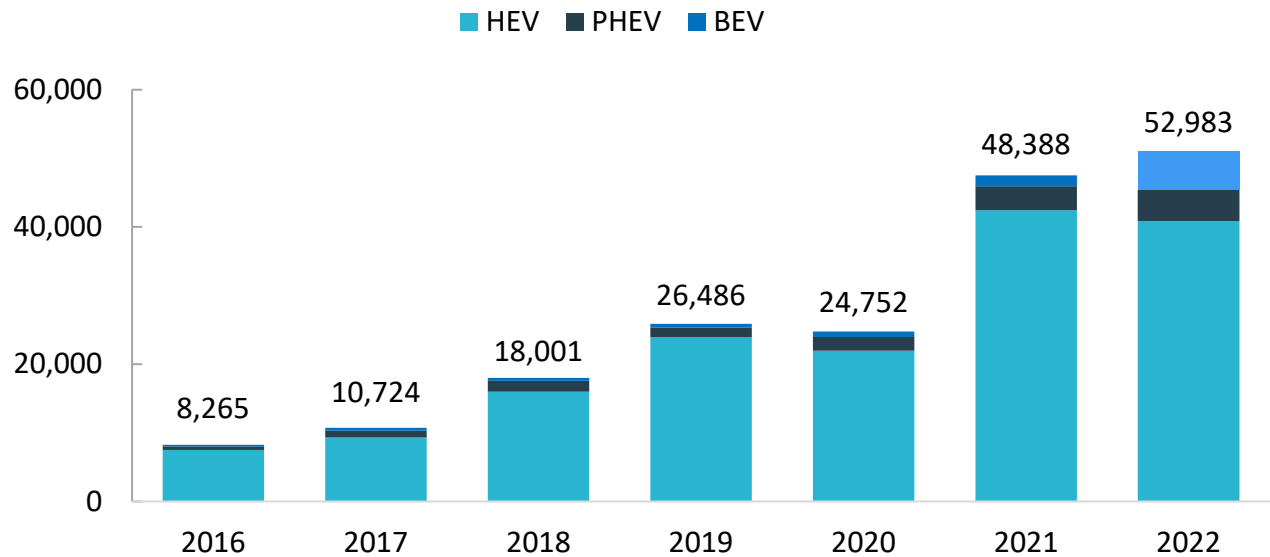


Fuente: Frost & Sullivan con base en AMDA

Como se observa en la Gráfica 3.1.1.2, la mayor parte de las ventas en el mercado mexicano ha sido de vehículos híbridos, que representan alrededor del 90 por ciento de las ventas en este segmento, debido principalmente a una mayor accesibilidad en términos de precio y al hecho de que la tecnología híbrida ha representado un acercamiento a las tecnologías electrificadas que siguen siendo tecnologías de reciente introducción para la población. En términos generales, la tecnología híbrida se ha considerado como una tecnología de transición, que además soluciona

algunos inhibidores del mercado, como la ansiedad de rango para las tecnologías enchufables, considerando además el rezago existente en el mercado mexicano en términos de instalación de infraestructura de carga pública. Las ventas de este segmento también se han visto impulsadas por la contingencia ambiental que volvió a implementar la restricción vehicular, conocida como Hoy No Circula para todos los autos que circulan en Ciudad de México, independientemente de su antigüedad.

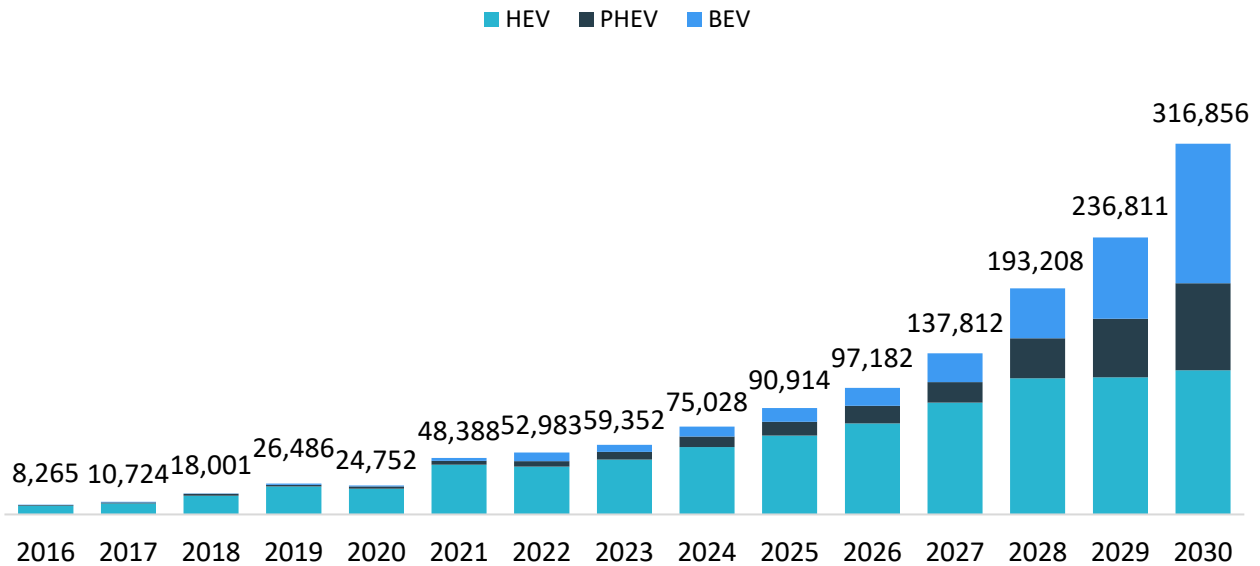
Gráfica 3.1.1.2: Ventas Totales de Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2016-2022



Fuente: Frost & Sullivan con base en INEGI

Sin embargo, el porcentaje de vehículos híbridos está decreciendo desde 2020. En primer lugar, la falta de semiconductores ha afectado de manera directa la disponibilidad de vehículos híbridos en el mercado mexicano. Por otra parte, la mayor disponibilidad de marcas ofreciendo modelos de tecnología híbrida enchufable y eléctrica ha tenido como resultado un mayor porcentaje de ventas de este tipo de vehículos. En 2019, las ventas de vehículos con tecnología enchufable representaron 7.6 por ciento de las ventas totales de vehículos híbridos y eléctricos, para 2022 se espera que este porcentaje alcance 18 por ciento. Hacia 2030, ese porcentaje seguirá creciendo hasta alcanzar 71.1 por ciento de las ventas totales de vehículos híbridos y eléctricos.

Gráfica 3.1.1.3: Ventas Totales Anuales de Vehículos Híbridos y Eléctricos por Tecnología, México, 2016-2030



Fuente: INEGI, Frost & Sullivan

Como se observa en la Gráfica 3.1.1.3, hacia 2030, Frost & Sullivan estima que las ventas de vehículos híbridos y eléctricos alcancen 316,856 unidades lo que representaría una penetración de 19.1 por ciento del total de ventas de vehículos en México. Este escenario considera que no existe ningún cambio en el esquema de incentivos que existe actualmente, y que el gobierno no diseña e implementa de manera exitosa ninguna política para promover la adopción de vehículos eléctricos, ya que de haber variaciones, podría incrementarse la penetración de manera considerable. Incluso, sería una condición necesaria para que el gobierno mexicano alcance el objetivo anunciado de 50 por ciento de ventas de vehículos cero emisiones para 2030¹.

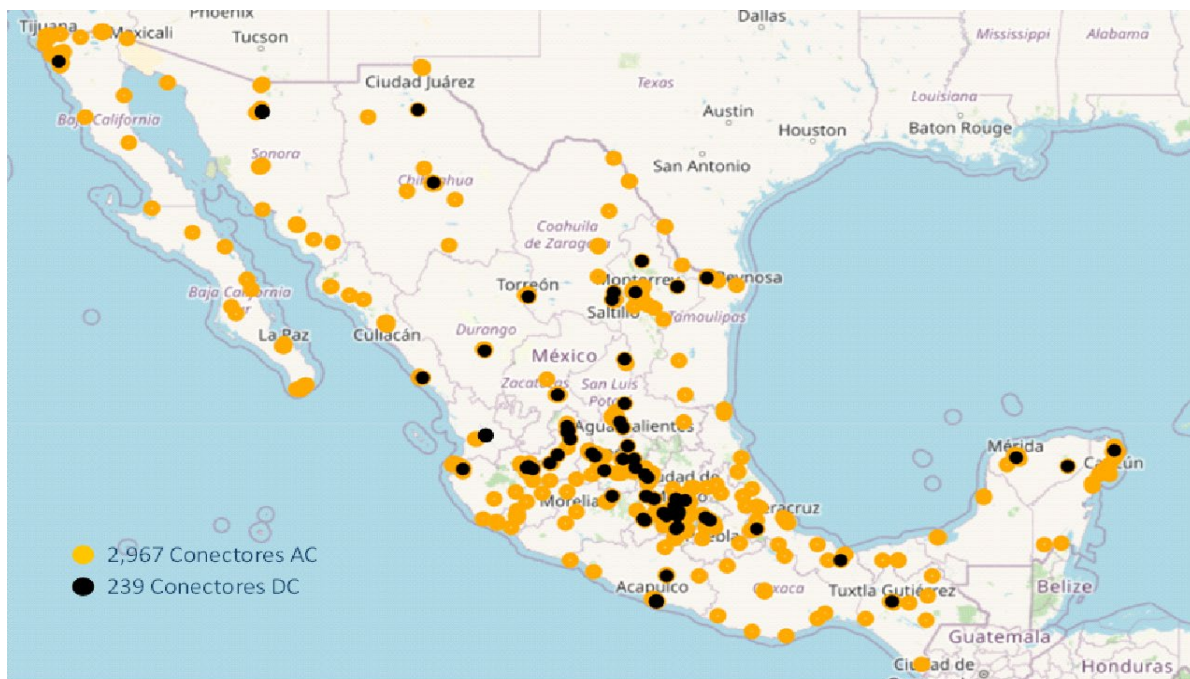
Típicamente, el objetivo de los esquemas de incentivos es coadyuvar a que el precio de los vehículos eléctricos sea similar al de los vehículos con motor de combustión interna y, por lo mismo, estos esquemas de incentivos generalmente son temporales. De no haber una política y estrategia para la promoción de vehículos híbridos y eléctricos, que incluya un esquema de incentivos que afecte directamente el precio de los vehículos, se espera que el mercado de manera natural alcance esta paridad de precios a partir de 2026. Frost & Sullivan estima que el mercado de vehículos eléctricos crecerá de manera sostenible a lo largo de esta década.

1 <https://www.gob.mx/sre/prensa/mexico-announces-new-commitments-to-combat-climate-change-at-cop27?idiom=en>

3.2 Estado Actual y Desarrollo de Infraestructura de Carga en México

Actualmente, de acuerdo con cifras de Frost & Sullivan, existen en México alrededor de 1,336 estaciones de carga pública o semipública, con un total de 3,206 conectores, esto significa un promedio de 2.4 conectores por estación. Si bien México, es el país con mayor número de puntos de carga en América Latina, existe una necesidad importante de incrementarlo. La mayoría de las estaciones tiene conectores de corriente alterna, es decir, carga semi-rápida en los que, en promedio, un vehículo eléctrico tarda aproximadamente 4-5 horas para alcanzar la carga completa. Esto significa, que los consumidores tienen un tiempo considerable de espera para poder hacer recorridos de más de 360 km, que es el promedio de rango de los vehículos eléctricos disponibles actualmente en el mercado mexicano. Como se puede observar en la figura 3.2.1, en términos de cobertura, la infraestructura de carga se encuentra distribuida a lo largo del territorio nacional.

Figura 3.2.1: Mapa de Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos, México, 2022



Fuente: Frost & Sullivan

La Ciudad de México es la ubicación con el mayor despliegue de infraestructura de carga, con un total aproximado de 221 estaciones, seguido por Jalisco y Nuevo León que cuentan con alrededor de 110 y 100 puntos de carga, respectivamente. Dentro de las 10 entidades con mayor número de estaciones se encuentran también el Estado de México, Puebla, Quintana Roo y Guanajuato. Cabe resaltar que prácticamente en todos los estados de la República Mexicana existe al menos una estación de carga pública o semipública. Esto se explica por la instalación de un importante número de puntos de carga en los concesionarios de venta de las marcas que comercializan vehículos eléctricos en México.

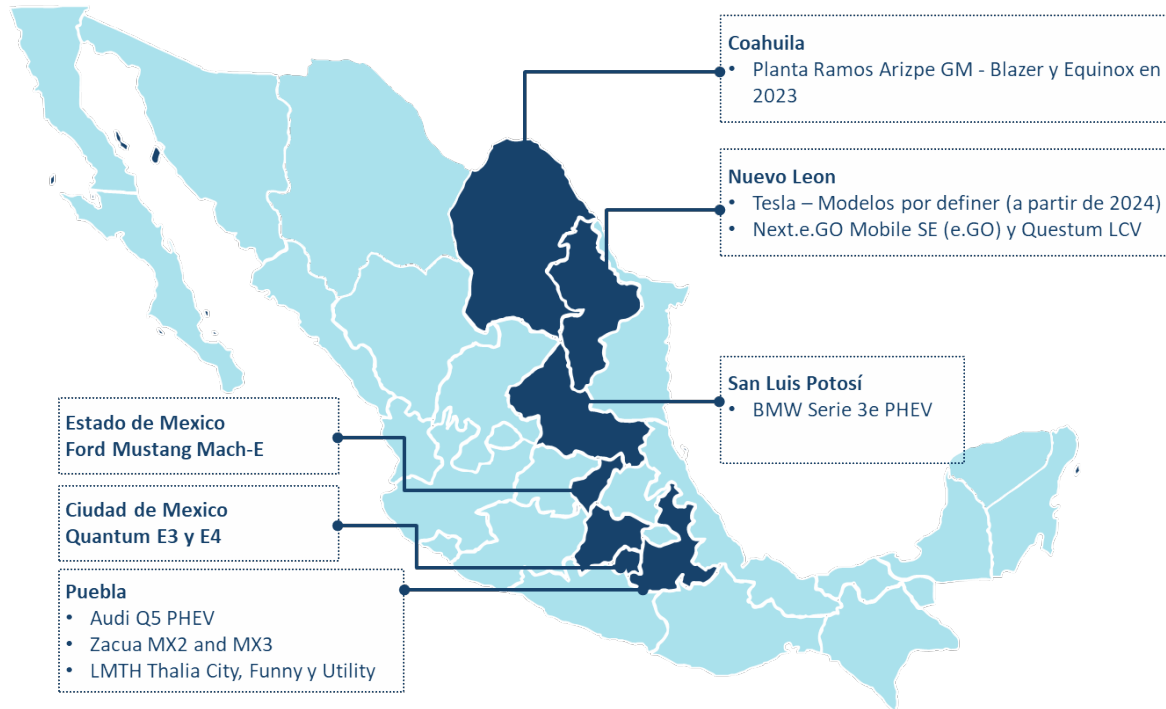
3.3 Manufactura de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

La industria automotriz en México se ha venido desarrollando por cerca de un siglo. En 1925, Ford instaló las primeras líneas de producción en la Ciudad de México, y desde entonces esta industria ha atravesado por distintas etapas y procesos de desarrollo hasta alcanzar una producción de 3.3 millones de vehículos ligeros en 2022, lo que convierte a México en el séptimo productor de vehículos a nivel global, y el primero en América Latina. México se ha posicionado también como un importante proveedor del mercado internacional de vehículos, siendo el quinto exportador, con 2.9 millones de vehículos ligeros exportados en 2022. Por su parte, la industria nacional de autopartes es la cuarta productora y exportadora a nivel global, la proveedora número 1 de autopartes al mercado de Estados Unidos. En total, la industria automotriz genera cerca de 900,000 empleos formales en México. Todo esto es resultado, en buena medida, del impulso y los esfuerzos coordinados entre los gobiernos federal, estatales y locales con la industria automotriz.

El número de tratados de libre comercio que México tiene con más de 45 países, la cercanía con uno de los principales mercados como es el estadounidense, así como la disponibilidad, calidad y el costo de la mano de obra en el país, son factores que han posicionado a México como el quinto exportador de automóviles a nivel mundial.

Como se observa en la Figura 3.3.1, existen ya diversas plantas que fabrican vehículos eléctricos en México. En 2020, Ford comenzó a producir el primer modelo eléctrico de batería (BEV) de la marca a nivel global, el Mustang MachE, en la planta de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Esta fue la primera planta de Ford a nivel global en fabricar vehículos eléctricos. A finales de 2022, se habían logrado producir más de 150,000 unidades acumuladas de este modelo y para 2023 se espera que la producción de este modelo sea exportada a 37 países (además de satisfacer la demanda del mercado local). Las empresas alemanas Audi y BMW también comenzaron la producción de los modelos híbridos enchufables del vehículo utilitario Q5 y del sedan Serie 3e respectivamente. En el caso de la Q5 de Audi se fabrica exclusivamente para exportación, mientras que los modelos Mach E y Serie 3e también se encuentran disponibles en el mercado mexicano.

Gráfica 3.3.1: Mercado de Vehículos Híbridos y Eléctricos: Estados con Manufactura de Vehículos Eléctricos, México, 2023



Fuente: Frost & Sullivan

Por su parte, General Motors anunció en 2021 la inversión de \$1,000 millones de dólares para la planta de Ramos Arizpe, Coahuila para adecuarla para la producción de dos modelos BEV, Blazer y Equinox que se destinarán principalmente a los mercados de exportación (a partir la segunda mitad de 2023) pero también serán para satisfacer la demanda del mercado mexicano (primera mitad de 2024). Se espera también que en esta planta se fabrique también un modelo de la marca japonesa Honda (Honda Prologue) que se deriva de la colaboración entre estas dos marcas en el desarrollo de la plataforma Ultium.

El Grupo Volkswagen también ha anunciado inversiones en sus plantas en México para la producción de vehículos eléctricos. En 2022, Audi reveló los planes de expansión de su planta en San José de Chiapa, Puebla para fabricar el vehículo utilitario Q5 en la versión BEV a partir de 2027. Hasta el momento el anuncio refiere a una planta espejo en el mismo terreno donde actualmente ya se fabrica la versión PHEV de este mismo modelo. Por su parte la marca Volkswagen ha comunicado la inversión en el estado de Puebla para la manufactura de vehículos BEV a partir de 2026.

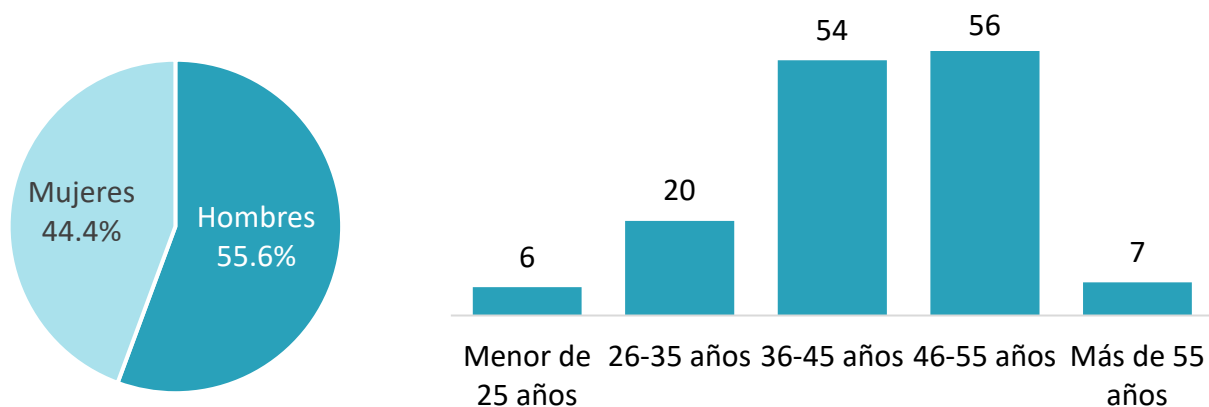
Estos son sólo algunos ejemplos de que México está preparado para la producción de vehículos eléctricos. Sin embargo, la magnitud de los cambios requeridos para la rápida transformación que la industria automotriz está llevando a cabo a nivel local requiere del impulso y de una estrategia conjunta entre gobierno (Federal, estatal y local), la academia y el sector automotriz

que continúen atrayendo grandes inversiones. La mayor parte de las armadoras globales tienen compromisos para dejar de producir vehículos con motores de combustión interna entre 2030 y 2050, con una transformación total a tecnología de energías limpias. Es por esto que, si México pretende mantener este liderazgo en la industria automotriz global, sería recomendable que tuviera una estrategia para satisfacer la demanda que esta industria requerirá de energía proveniente de fuentes renovables, ya que su principal interés a nivel global es ser neutrales en carbono en todo su ciclo de producción.

3.4 Análisis del Consumidor y Cliente Potencial del Mercado de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

El análisis del mercado mexicano de vehículos híbridos y eléctricos en México debe incluir también la perspectiva de los consumidores. Para ello, Frost & Sullivan realizó diversos ejercicios, tanto cualitativos como cuantitativos, que buscan medir el grado de satisfacción de aquellos consumidores que actualmente son dueños de un vehículo híbrido o eléctrico. Por otro lado, se analiza también la perspectiva de aquellos consumidores que tienen la intención de adquirir un vehículo de estas tecnologías en los próximos seis meses. Se realizaron un total de 143 encuestas en línea y 6 grupos de enfoque con un total de 49 participantes, para una contribución total de 192 participantes de 12 ciudades distintas del país. La gráfica 3.4.1 especifica algunos detalles de la muestra.

Gráfica 3.4.1: Características Sociodemográficas de la Muestra, México, 2022



Fuente: Frost & Sullivan

Dentro de la muestra se encuentran usuarios de vehículos conectables (PHEV y BEV) en 9 ciudades del país (CDMX, Estado de México, Guadalajara, Monterrey, Guanajuato, Hermosillo, Mazatlán, Puebla y Reynosa) lo que nos permite tener una perspectiva de que los usuarios de vehículos eléctricos no solamente se encuentran en las principales ciudades del país, sino también en aquellas regiones con una presencia menor de infraestructura como son Hermosillo, Mazatlán y Reynosa. Esto es una muestra de que la electromovilidad está adquiriendo mayor

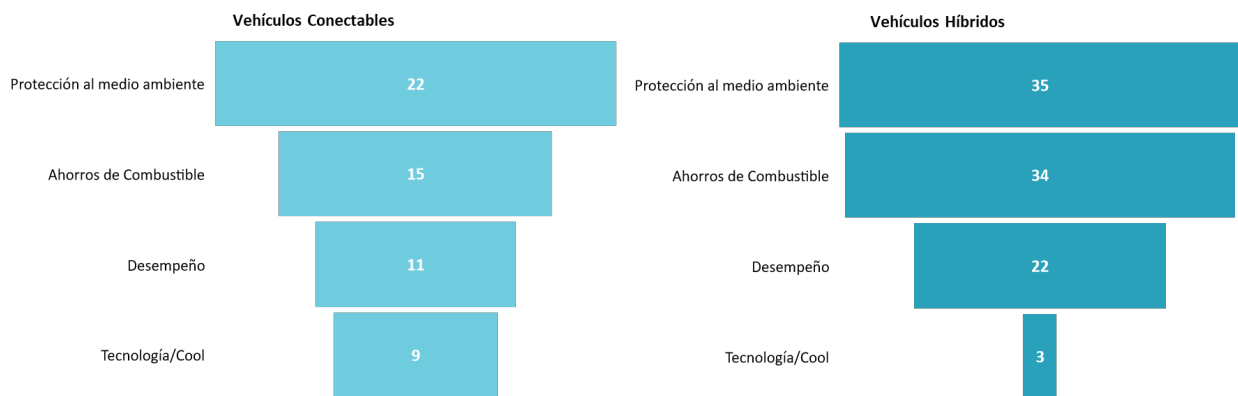
interés a nivel nacional, ya que, si consideramos a los interesados en adquirir un vehículo con estas tecnologías, se suman a la muestra las ciudades de Mérida, Pachuca y Saltillo.

3.4.1 Análisis de la Experiencia de Propietarios Actuales de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Entre las personas que han adquirido un vehículo enchufable, el 87.5 por ciento resaltan la protección al medio ambiente o la reducción de la contaminación como la principal motivación para la compra. Estos consumidores también mencionan los ahorros de combustible como un factor importante de decisión. De manera cualitativa, los usuarios comentan que el gasto en electricidad es mucho menor que los consumos de combustible con vehículos de tamaño similar que conducían en el pasado, o con los autos o camionetas con motor de combustión interna que aún poseen otros miembros de la familia. Incluso, algunos dueños de autos enchufables que habitan viviendas unifamiliares han instalado paneles solares para la alimentación de los cargadores, con lo cual su gasto en cargar el vehículo es prácticamente cero.

Desafortunadamente, no se resalta como una opción para aquellos usuarios que habitan en edificios de condominios donde, en algunos casos, ni siquiera existen las condiciones de infraestructura eléctrica para instalar un cargador y lo han tenido que hacer en sus oficinas. Finalmente, 9 de cada 27 consumidores (33.3 por ciento) de autos eléctricos, destacan haber adquirido estos vehículos por ser lo último en tecnología. Este porcentaje es mucho menor en el caso de la tecnología híbrida (7.0 por ciento). La gráfica 3.4.1.1 muestra estos resultados.

Gráfica 3.4.1.1: Principales Razones para Adquirir Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2022 (número de menciones)



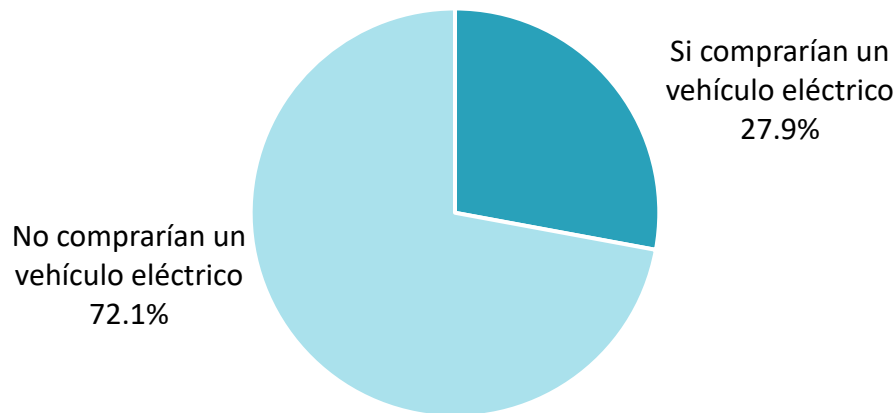
Fuente: Frost & Sullivan

El 81.5 por ciento de los conductores de autos eléctricos están de acuerdo o muy de acuerdo con la aseveración de que los viajes en carretera no son viables en los autos eléctricos. Sin embargo, y en esta misma línea, únicamente 4 consumidores de las 93 que participaron en estos ejercicios, mencionaron que no volverían a comprar un vehículo de estas tecnologías, 3 de autos enchufables por la falta de infraestructura de carga, y 1 persona con un auto híbrido que señala que el costo de las refacciones (batería) es muy alto. Esto quiere decir que 95.7 por ciento de los dueños actuales volverían a comprar un vehículo híbrido o eléctrico.

Un resultado sumamente relevante es el hecho de que los usuarios de vehículos enchufables utilizan de manera más frecuente la carga doméstica para cubrir las necesidades de sus trayectos principales. En promedio el 71.3 por ciento de la carga del vehículo la llevan a cabo en el domicilio, mientras que únicamente el 28.7 por ciento la realizan en lugares públicos. Esto significa que, considerando que se requieren altos niveles de inversión para desarrollar la infraestructura de carga pública en México, se puede diseñar un despliegue por etapas, donde la prioridad sea la instalación de infraestructura de carga en carreteras, ya que este fue mencionado como una limitante por los propietarios de vehículos enchufables.

Como se mencionó anteriormente, los vehículos con tecnología híbrida han tenido una muy buena aceptación en el mercado mexicano, representando aproximadamente el 82 por ciento de las ventas de vehículos híbridos y eléctricos en México. Frost & Sullivan estima que, en 2022, las ventas de autos y camionetas de esta tecnología representaron alrededor de 3.9 por ciento de las ventas totales de vehículos ligeros. Esta alta penetración se explica por la mayor disponibilidad de modelos disponibles en el mercado mexicano en la mayor parte de los segmentos, además de que el precio de los mismos (con los incentivos fiscales), es cada vez más accesible y similar al precio de los vehículos con motor de combustión interna. De la misma forma, para distintos consumidores esta tecnología ha sido un primer acercamiento a las tecnologías eléctricas para entender su funcionamiento, rendimiento, comodidad en el manejo, entre otras características. Esto se refleja en que 27.9 por ciento de los propietarios están evaluando comprar un vehículo eléctrico en el corto plazo, principalmente para reducir el uso de combustibles (o energías no renovables) y así contribuir de manera más importante a reducir la contaminación. También se reconoce el beneficio que existe en el ahorro de combustibles considerando que la relación costo-beneficio de invertir en un auto eléctrico es positiva. La gráfica 3.4.1.2 muestra estos resultados

Gráfica 3.4.1.2: Disposición de los Propietarios de Vehículos Híbridos a Adquirir un Vehículo Eléctrico en el Corto Plazo, México, 2022



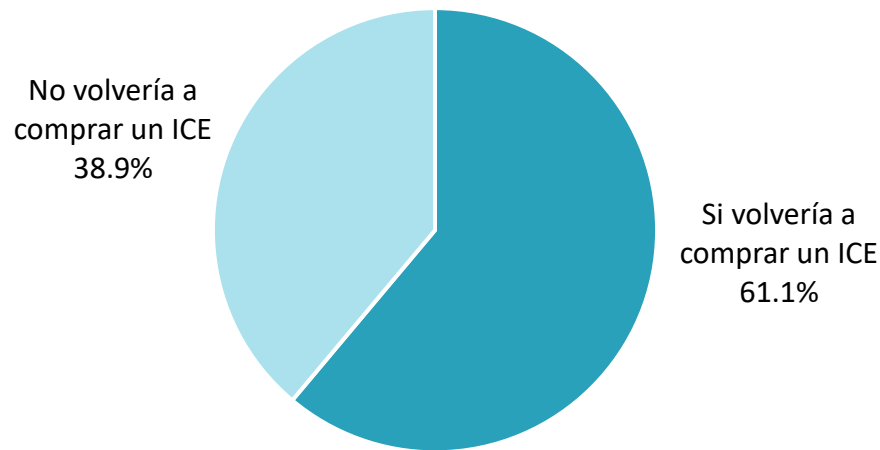
Fuente: Frost & Sullivan

Dentro del 72.1 por ciento de las personas que no están considerando comprar un vehículo eléctrico en el corto plazo, el 35.5 por ciento no lo considera porque los precios de los vehículos eléctricos son muy altos, por lo que un esquema de incentivos puede contribuir a que un mayor número de personas tengan acceso a tecnologías cero emisiones. Por otro lado, también es importante resaltar que el 22.6 por ciento están cómodos con el vehículo de tecnología híbrida que poseen actualmente. Existen otro tipo de respuestas que tienen que ver con la cantidad de estaciones de carga, así como con la disponibilidad y el rango de autonomía de los modelos existentes. Cabe resaltar, que la mayoría de estas respuestas se pueden solucionar con una estrategia de promoción de electromovilidad que sea integral y ataque la mayor parte de las preocupaciones de los consumidores.

3.4.2 Análisis de las Necesidades de Clientes Potenciales de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Si bien es cierto que la muestra representa consumidores potenciales de tecnologías híbridas y eléctricas, el 61.1 por ciento de estos participantes aún volvería a comprar un vehículo con motor de combustión interna como se detalla en la gráfica 3.4.2.1, mientras que el 39.9 por ciento ya no considera comprar nuevamente un auto con estas características. Entre las razones para volver a comprar un vehículo de combustión, destaca el precio o la escasez de estaciones de carga en el caso de los vehículos enchufables.

Gráfica 3.4.2.1: Disposición a Adquirir Nuevamente un Vehículo con Motor de Combustión Interna, México, 2022

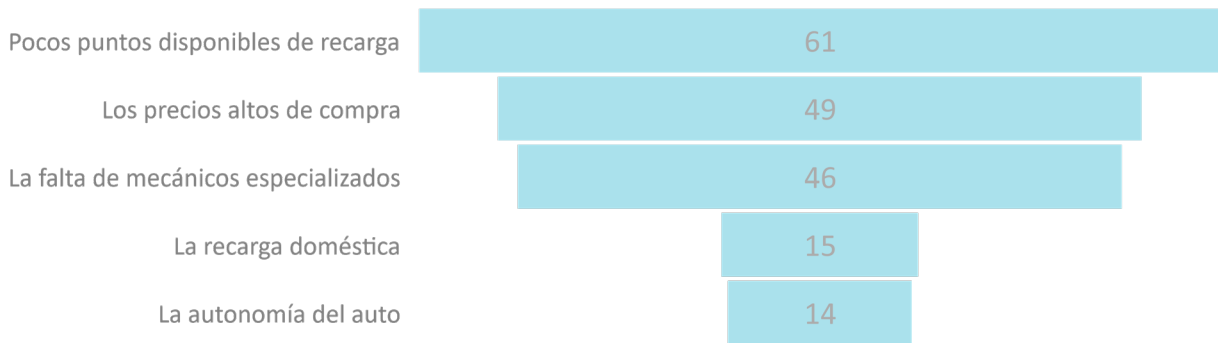


Fuente: Frost & Sullivan

Cabe resaltar que en este ejercicio, las razones por las que los consumidores volverían a comprar o no, un vehículo con motor de combustión interna fue una pregunta abierta y destaca el precio de la gasolina. Es decir, si bien es cierto, que a lo largo del ejercicio se han mencionado los ahorros de combustible como un factor de decisión importante al momento de adquirir estas tecnologías, en esta ocasión, los consumidores mencionan abiertamente que “la gasolina está cada vez más cara”. Este factor, puede ser relevante al momento de las negociaciones con el gobierno ya que éste dedica un importante monto de recursos a subsidios al Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS), para mantener el precio de los combustibles en un cierto nivel, y sin embargo, en la mente de los consumidores el precio se sigue incrementando.

Los consumidores detectan las diferencias que existen entre las tres tecnologías e identifican la poca disponibilidad de puntos de carga como el principal inconveniente de los autos eléctricos, al igual que los precios que reconocen como más altos que la tecnología híbrida. En cuanto a las tres tecnologías, definen la falta de mecánicos especializados como el principal inconveniente de tener un vehículo híbrido o eléctrico, como se observa en la gráfica 3.4.2.2. Los potenciales clientes de autos híbridos señalan la recarga doméstica y autonomía del auto como inconvenientes adicionales de los vehículos eléctricos.

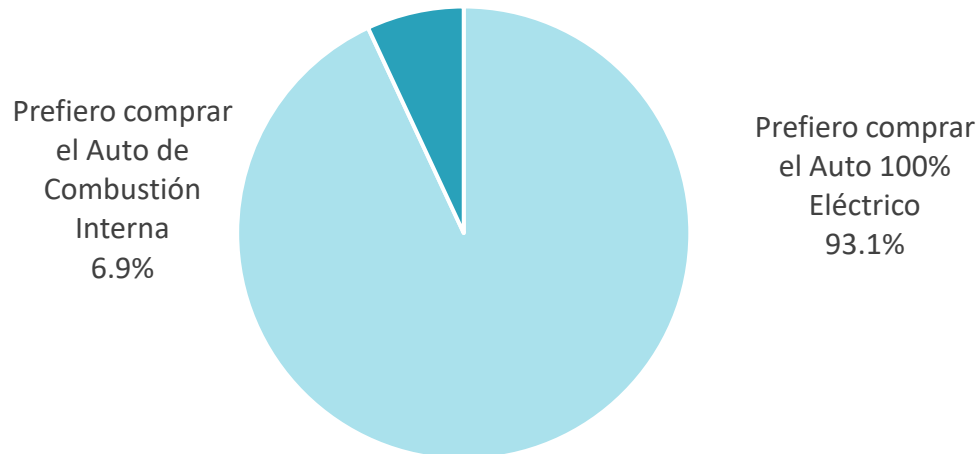
Gráfica 3.4.2.2: Principales Inconvenientes de los Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2022



Fuente: Frost & Sullivan

Finalmente, al cuestionar a todos los consumidores potenciales de vehículos con tecnologías eléctricas acerca de su preferencia de compra si este tipo de vehículos tuviera el mismo precio que aquellos con motor de combustión interna, la respuesta se inclina totalmente hacia las tecnologías eléctricas, como lo muestra la gráfica 3.4.2.3. Únicamente el 6.9 por ciento de la muestra continuaría prefiriendo el vehículo con motor de combustión interna, lo cual pone de manifiesto la efectividad que pudieran tener aquellos esquemas de incentivos que afecten de manera directa el precio de los vehículos con tecnología híbrida y eléctrica. Estos esquemas incrementarían la penetración de vehículos híbridos y eléctricos en México y contribuirían de manera importante a alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y mitigación de cambio climático, así como a cumplir con los acuerdos de penetración de vehículos eléctricos firmados en Glasgow en 2021.

Gráfica 3.4.2.3: Preferencia de Compra entre Vehículos Híbridos y Eléctricos con el Mismo Precio, México, 2022



Fuente: Frost & Sullivan

4 Análisis del Impacto de la Promoción de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

Además de la reducción en la emisión de contaminantes y dióxido de carbono, los vehículos eléctricos proporcionan otros beneficios sociales. Los beneficios de los vehículos eléctricos tienen un costo, la clave es la inversión inicial significativamente mayor en relación con un vehículo convencional y el costo de la infraestructura de carga.

El cuadro 4.1 resume los beneficios y costos de los vehículos eléctricos en relación con los vehículos de motor de combustión interna.

Cuadro 4.1: Ejemplos de Beneficios y Costos de la Adopción de Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2023

| Criterio | Beneficios | Costos |
|-----------------------------|---|--|
| Consumo de Combustible | Consumo de combustible cero o casi cero desde “el pozo hasta las ruedas” | El alto costo del sistema de propulsión eléctrica hace que los vehículos eléctricos sean significativamente más costosos de adquirir en comparación con los vehículos convencionales, aunque tienen menores costos de operación. Sobre la base de la actual estructura fiscal de los vehículos y otros costos en México, el costo de propiedad es aún mayor para los vehículos eléctricos en comparación con los vehículos convencionales. |
| Contaminantes | Reducción de partículas contaminantes, NMHC, NOx, SOx, etc. proporcional a la reducción del consumo de combustible. | |
| Gases de Efecto Invernadero | Reducción de las emisiones de CO ₂ y de GEI en función de criterios proporcionales a la reducción del consumo de combustible. | |
| Ruido del Vehículo | El nivel de ruido (db) de los vehículos eléctricos durante el ralentí, la carga parcial y el funcionamiento a plena carga es significativamente menor que en los vehículos convencionales. | |
| Infraestructura de Carga | La mayor parte de la carga ocurre en el hogar y durante la noche con lo cual la necesidad de infraestructura de carga puede ser menor que la infraestructura actual para vehículos convencionales | |

| | | |
|----------------------|---|---|
| Subsidio de Gobierno | Reducción de subsidios al combustible por la reducción en el consumo de combustible. | Aumento del subsidio de electricidad en la medida en que se consume electricidad para la carga de los vehículos eléctricos. Costo administrativo de los programas de incentivos fiscales previstos para los vehículos eléctricos. |
| Estímulo Económico | Beneficios a lo largo de toda la cadena valor, y creación de empleo. Crecimiento de la actividad económica relacionada con la minería y procesamiento de litio y reciclaje/reutilización de baterías usadas. | Reducción de la actividad económica en el comercio minorista de combustibles hasta el punto de lograr ahorros en el consumo de combustible. |

Fuente: Frost & Sullivan

4.1 Beneficios en Emisiones de CO2

Los vehículos de motor de combustión interna generan subproductos de combustión que contribuyen a las concentraciones ambientales de ozono, partículas finas (PM), NO₂, SO₂, CO y tóxicos en el aire. Además, el proceso de combustión también produce dióxido de carbono (CO₂), un gas de efecto invernadero. Debido a la estructura regulatoria, las emisiones de la mayoría de los contaminantes están asociadas con el número de kilómetros recorridos por los vehículos, más que con la cantidad de combustible consumido. La cantidad de CO₂ producido, sin embargo, depende de la cantidad de combustible consumido.

El principal beneficio de los vehículos eléctricos es que las emisiones de escape son cero o casi cero. Mientras que los vehículos eléctricos con batería (BEV) no utilizan un motor de combustión interna, los vehículos eléctricos híbridos e híbridos enchufables (HEV y PHEV) si utilizan un motor de combustión interna y un sistema de propulsión eléctrica. En los PHEV el motor de combustión interna se utiliza cuando se agota el rango de conducción disponible del sistema de propulsión eléctrica, así como para proporcionar asistencia de propulsión en condiciones de alta velocidad. En la medida en la que la proporción de vehículos eléctricos en el total de vehículos en uso sea mayor, se reducirán las emisiones totales de gases de escape del sector transporte y, de la misma forma, los efectos nocivos sobre la salud humana y otros efectos económicos. La tabla 4.1.1: muestra el ahorro total de emisiones de CO₂ por la adopción de una política de promoción de vehículos híbridos y eléctricos en México.

Tabla 4.1.1: Emisiones Evitadas de CO₂ con la Adopción de Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2016-2023
(millones toneladas CO₂)

| Período | Emisiones Híbridos (HEV) | Emisiones Híbridos Enchufables (PHEV) | Emisiones Eléctricos de Batería (BEV) | Emisiones Combustión Interna (CI) | Emisiones si 100% Ventas fueran de Combustión Interna | Ahorro Total de Emisiones de CO ₂ |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Escenario Tendencial | 11.6 | 2.1 | 1.4 | 672.8 | 703.7 | 15.8 |
| Escenario con Incentivos Adicionales | 16.2 | 4.9 | 3.5 | 653.8 | 703.7 | 26.2 |

Fuente: Frost & Sullivan

La incorporación de vehículos híbridos y eléctricos en el parque vehicular en México, a un ritmo de crecimiento natural con las condiciones actuales revisadas en el capítulo 2 del presente documento, tendrá como resultado que se dejen de emitir 15.8 millones de toneladas de CO₂ entre el período 2016 – 2030. Si se introdujera una política nacional que promueva una adopción mayor de este tipo de vehículos, incluyendo un esquema de incentivos que afecte el ahorro en emisiones de CO₂ pudiera alcanzar 26.2 millones de toneladas, lo que significa un incremento de 65.8 por ciento, o 10.4 millones de toneladas de CO₂ adicionales. Si se considera que el compromiso de México en sus NDCs actualizados requiere una reducción de alrededor de 281 millones de toneladas de CO₂, una política integral de promoción de vehículos híbridos y eléctricos de pasajeros puede contribuir con aproximadamente el 9.3 por ciento del compromiso total de México en materia de reducción de emisiones de CO₂.

4.2 Material Particulado

El material particulado (PM) es una mezcla altamente compleja de partículas sólidas y gotas líquidas distribuidas entre numerosos gases atmosféricos que interactúan con fases sólidas y líquidas. Las partículas se emiten directamente de las fuentes y también se forman a través de reacciones químicas atmosféricas.

Los estudios científicos muestran que los óxidos de nitrógeno (NOX) y el PM en el ambiente están asociados con una amplia gama de efectos sobre la salud². Los estudios concluyen que existe una relación causal entre las exposiciones a largo y corto plazo a las partículas finas, la mortalidad prematura así como efectos cardiovasculares, respiratorios, entre otros. Estas consecuencias incluyen efectos sobre el desarrollo y la reproducción (por ejemplo, bajo peso al nacer, mortalidad infantil) y efectos carcinógenos, mutagénicos y genotóxicos (por ejemplo, mortalidad por cáncer de pulmón).

² Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742. doi:10.1080/10473 289.2006.10464485

4.3 Ozono

La contaminación por ozono a nivel del suelo se forma típicamente a través de reacciones que involucran COV y NOX en la atmósfera inferior en presencia de la luz solar. Estos contaminantes, a menudo denominados precursores del ozono, son emitidos por muchos tipos de fuentes de contaminación, incluidos los vehículos de motor. El ozono y sus precursores pueden transportarse a cientos de kilómetros, lo que da lugar a niveles elevados de ozono incluso en zonas con bajas emisiones de COV o NOX.

Los estudios científicos concluyen que existe una relación causal entre las exposiciones a largo y corto plazo al ozono y los efectos respiratorios, incluidas disminuciones de la función pulmonar, la inflamación pulmonar, la aparición de asma o la exacerbación de la misma, los ingresos hospitalarios relacionados con las vías respiratorias, e incluso mortalidad³. Los estudios también muestran que los efectos cardiovasculares, incluyendo la disminución de la función cardíaca y el aumento de la enfermedad vascular, y la mortalidad total son propensos a estar asociados causalmente con ambos gases. La evidencia sugiere una relación causal entre la exposición a corto plazo a ozono y efectos del sistema nervioso central.

4.4 Dióxido de Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Los dióxidos de azufre (SO₂) y de nitrógeno (NO₂) y sus productos de oxidación en fase gaseosa pueden disolverse en gotas de agua y oxidarse aún más para formar ácido sulfúrico y nítrico que reaccionan con el amoníaco para formar sulfatos y nitratos, ambos componentes importantes de las partículas ambientales.

Los hallazgos de estudios epidemiológicos, de exposición humana controlada y de toxicología animal proporcionan evidencia de una probable relación causal entre los efectos respiratorios y la exposición a corto plazo al NO₂. La evidencia más fuerte de tal relación proviene de estudios epidemiológicos de los efectos respiratorios, incluyendo el aumento de los síntomas respiratorios, las visitas al departamento de emergencias y los ingresos hospitalarios. Sobre la base de estudios de exposición a corto y largo plazo, se puede concluir que las personas con afecciones pulmonares preexistentes (por ejemplo, asma o EPOC), niños y adultos mayores tienen un riesgo potencialmente mayor de efectos respiratorios relacionados con el NO₂.

Una mayor adopción de vehículos híbridos y eléctricos pueden generar menores emisiones de estos contaminantes. El cálculo de Frost & Sullivan en este sentido, apunta a una reducción importante tanto de PM, como de NOx y de hidrocarburos no metánicos (NMHC) que son parte de los compuestos orgánicos volátiles. La medición en particular de estos 3 contaminantes se

3 Turner, M. C., Jerrett, M., Pope III, C. A., Krewski, D., Gapstur, S. M., Diver, W. R., . . . Crouse, D. L. (2016). Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(10), 1134–1142

debe a que son aquellos que normalmente se limitan en las normas de emisiones de la mayor parte de los países, incluido México. La tabla 4.4.1 muestra los resultados de ahorro en la emisión de estos contaminantes con una mayor adopción de vehículos eléctricos en el parque vehicular en México hacia 2030.

Tabla 4.4.1: Emisiones Evitadas de NOx, PM y NMHC con la Adopción de Vehículos Híbridos y Eléctricos, México, 2020-2030 (toneladas)

| Período | Ahorro Anual de Emisiones de NOx | Ahorro Anual de Emisiones de PM | Ahorro Anual de Emisiones de NMHC |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Escenario Tendencial | 572.5 | 35.5 | 352.3 |
| Escenario con Incentivos Adicionales | 1,570.4 | 97.2 | 966.4 |

Fuente: Frost & Sullivan

Como se puede observar, una política nacional para incrementar la adopción de vehículos híbridos y eléctricos puede generar múltiples beneficios, no sólo en la reducción de emisiones de CO₂ (que son aquellas incluidas en los compromisos internacionales de mitigación de cambio climático por parte del gobierno mexicano), sino en una serie de contaminantes adicionales, que tiene un impacto negativo en la salud de los habitantes.

4.5 Niveles de Ruido

Los vehículos eléctricos producen muy poco ruido audible durante el ralentí, así como en el modo de conducción. El ruido de un vehículo eléctrico se limita al ruido del motor eléctrico y el ruido de la carretera generado principalmente por la tracción de los neumáticos, la resistencia aerodinámica y la fricción. Los motores con motor de combustión interna típicamente producen niveles de ruido interior de 40-45db durante el ralentí y 70-80db a todo gas. Un vehículo eléctrico de batería (BEV) alcanza niveles de ruido de 20-25db durante el funcionamiento, muy por debajo de los niveles de ruido del vehículo con motor de combustión interna. Aunque el bajo nivel de ruido de los vehículos tiene un impacto positivo en la contaminación acústica de las carreteras, se considera un riesgo para la seguridad vial. Por cuestiones de seguridad, algunos países están considerando la posibilidad de exigir que los vehículos eléctricos emitan el sonido de un vehículo con motor combustión interna o algún otro tipo de ruido que permita hacerlos audibles a otros vehículos y peatones.

Dada la pequeña proporción de vehículos eléctricos en el parque vehicular actual en México, no se espera que los vehículos eléctricos tengan un impacto significativo en la contaminación acústica de las carreteras hasta 2030. A largo plazo, la mitigación de la contaminación acústica en las ciudades mediante la adopción de vehículos eléctricos dependerá de si se exigirá a los vehículos eléctricos que reproduzcan los niveles de ruido de los vehículos con motor de combustión interna.

4.6 Impacto en la Salud

En un reciente estudio publicado por la revista *Science of the Total Environment*⁴, se encuentra evidencia, basada en datos reales, de que una mayor adopción de vehículos eléctricos en California ha tenido como resultado un menor número de visitas a las salas de urgencia de los hospitales por razones de asma. Como parte de los resultados, se pudo observar que un incremento en la penetración de 20 vehículos eléctricos por cada 1,000 vehículos resulta en una disminución de -0.41 ppb en el promedio anual de los niveles de NOx en el ambiente. Este incremento en el nivel de adopción, si bien no es tan significativo en números absolutos, también se relacionó con 3.2 por ciento de reducción a visitas a salas de emergencia relacionadas con problemas asmáticos.

Por otro lado, en el estudio mencionado anteriormente, realizado por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT) se estima que una reducción en los niveles de emisiones de ozono pudiera evitar alrededor de 2,000 muertes prematuras relacionadas con enfermedades respiratorias. De la misma forma, una reducción en los niveles de concentración de material particulado PM2.5 pudiera evitar 7,000 muertes prematuras cada año principalmente por enfermedades cardiovasculares en adultos y por problemas respiratorios en niños menores de un año de edad. Un mayor número de muertes se evita en aquellos municipios con mayor densidad de población y que presentan mayores niveles de concentración de contaminantes. Si bien este estudio no está relacionado directamente con la adopción de vehículos híbridos y eléctricos, si presenta evidencia sólida sobre el efecto de la reducción de emisiones en la salud.

Como se demostró anteriormente, una mayor penetración de vehículos eléctricos en el parque vehicular en México tendría como resultado una reducción en los niveles de material particulado, óxidos de nitrógeno y CO₂, lo que efectivamente tendría como consecuencia un impacto positivo en la salud de los habitantes.

4 Erika Garcia, Jill Johnston, Rob McConnell, Lawrence Palinkas, Sandrah P. Eckel, California's early transition to electric vehicles: Observed health and air quality co-benefits, *Science of The Total Environment*, Volume 867, 2023. Consultado el 10 de febrero de 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723003765>

5 Elementos Sugeridos para un Plan Nacional de Electromovilidad en México

5.1 Objetivos de Contar con un Plan Nacional de Electromovilidad en México

En la reciente 27 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en Egipto en noviembre de 2022, el gobierno mexicano incrementó los compromisos adquiridos con anterioridad sobre su estrategia de mitigación de cambio climático. El elemento fundamental de estos agresivos compromisos es el incremento en la meta de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de 22 por ciento a 35 por ciento para 2030. Dentro de las medidas anunciadas para lograr alcanzar este objetivo, el gobierno mexicano ya había firmado anteriormente el Pacto de Glasgow (resultado de la COP26 realizada en Reino Unido en 2021) en el cual, dentro del marco de las medidas de mitigación, considera un compromiso de aceleración en la adopción de electromovilidad -que el 100 por ciento de las ventas de vehículos de pasajeros sean cero emisiones a 2040. Y en conjunto con el gobierno de Estados Unidos, se fija la meta intermedia de lograr que el 50 por ciento de las ventas de este tipo de vehículos sean cero emisiones en 2030.

En este contexto, contar con un plan o estrategia nacional de adopción de electromovilidad se convierte en un eje fundamental para lograr alcanzar estos compromisos. Si bien existen esfuerzos muy importantes por parte de distintas entidades del gobierno mexicano para fomentar la adopción de vehículos eléctricos, es de suma relevancia que haya una estrategia coordinada con los distintos jugadores del ecosistema. Es deseable también, que haya una entidad que coordine, supervise y dé cuenta de los avances y resultados de esta estrategia de manera periódica, para asegurar que vayan en la dirección correcta hacia el principal objetivo, que es contribuir de manera importante a la reducción de emisiones provenientes del sector transporte en México.

De la misma forma, el presidente de México, Andrés Manuel López Obrador, ha anunciado el lineamiento de que el 50 por ciento de los vehículos ligeros fabricados en México sean cero emisiones, con lo cual se pone de manifiesto de manera aún más clara, la necesidad de una estrategia conjunta con el sector automotriz para lograr estos objetivos. Tanto los fabricantes de vehículos como los de autopartes tendrán que pasar por un proceso de transformación de sus actuales plantas de manufactura en los próximos 7 años para lograr alcanzar el 50 por ciento de sus líneas de producción dedicadas a la manufactura de vehículos eléctricos.

Para los consumidores, tanto individuos como empresas, existen un par de factores que son fundamentales en sus procesos de decisión de compra de vehículo híbridos y eléctricos, y tienen que ver con lo siguiente:

- El diferencial de precio que existe todavía en el mercado mexicano (y global) entre los vehículos híbridos y eléctricos y aquellos con motor de combustión interna
- La disponibilidad de estaciones de carga disponibles a lo largo del territorio en México, sobre todo en carreteras

Es por esto que, se sugiere una estrategia integral que aborde los distintos temas más relevantes para lograr una mayor adopción de vehículos híbridos y eléctricos, y lograr una reducción importante de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta estrategia idealmente debe venir del Presidente de la República, con una visión holística de los beneficios y las necesidades que se deben satisfacer para el logro de objetivos, entre los que destacan:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por el sector transporte
- Contribuir al cumplimiento de los objetivos internacionales de cambio climático
- Generar un impacto positivo en la salud pública y calidad de vida de los habitantes

Si bien el objetivo primordial de adoptar una política de promoción de vehículos eléctricos es contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como generar mejores condiciones de vida para los ciudadanos mexicanos, existe también un conjunto de objetivos asociados que también tendrían un efecto positivo en el entorno económico y social de México, y que se detallan a continuación:

- Mantener el liderazgo de la industria automotriz a nivel local, regional y global
- Incrementar el número y calidad de los empleos que genera el sector automotriz en la economía mexicana
- Fortalecer la cadena de suministro regional contribuyendo a la sustitución de importaciones de China, en apoyo a los objetivos regionales con Estados Unidos y Canadá
- Potenciar la capacidad de la industria local de acceder a los beneficios de la Ley de Reducción de Inflación de Estados Unidos, así como a otros beneficios asociados a la industria de vehículos eléctricos en la región

Los objetivos y recomendaciones de esta propuesta tienen distintas áreas de concordancia con las iniciativas y estrategias sobre electromovilidad que las distintas entidades del gobierno federal han estado desarrollando recientemente, tal es el caso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, la Secretaría de Economía (SE) como parte de la estrategia de promoción industrial, y la Secretaría

de Relaciones Exteriores (SRE), con el Grupo de Trabajo de la Electrificación del Transporte en asociación con la Universidad de California. El trabajo conjunto de todas estas entidades, junto con el sector privado y las asociaciones que lo conforman, puede significar la suma de esfuerzos para lograr los objetivos de esta estrategia de manera coordinada y acelerada.

El objetivo principal de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), en desarrollo por parte de SEMARNAT, es establecer las bases y pautas sobre los requerimientos y las prioridades técnicas, financieras, legales, institucionales y administrativas, así como los esquemas de incentivos, que permitan impulsar y posicionar la electromovilidad a nivel nacional como una alternativa de movilidad viable y sostenible. Con esta estrategia se espera lograr una mitigación de contaminantes del sector transporte (NOx, HC y partículas), a través de la adopción del transporte cero emisiones, mejorar la eficiencia energética del transporte por km recorrido (con lo que existe un mayor impulso al transporte público masivo de pasajeros) y la reducción de gases de efecto invernadero. La presente propuesta de un plan nacional de electromovilidad está en línea con estos objetivos reconociendo, además, que existe un importante número de vehículos de pasajeros (autos y camionetas) en circulación, y que el beneficio será aún mayor en la medida en la que estos vehículos sean también con tecnologías menos contaminantes (híbridos) o cero emisiones (eléctricos).

Por su parte, la actividad que la Secretaría de Economía ha tenido en años recientes, como el Foro de Electromovilidad realizado en noviembre de 2021, está enfocada en promover la industria de vehículos eléctricos, tanto en el desarrollo de sus cadenas productivas como en el de la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la misma, contribuyendo también a eliminar las asimetrías de información que pudieran impedir su desarrollo. Reconociendo la importancia que la industria automotriz tiene en la economía, como un importante generador de empleos y recursos, la Secretaría está trabajando para seguir promoviendo y desarrollando la industria. De la misma forma, la presente propuesta reconoce que la dirección que está tomando la industria a nivel global, así como el ritmo acelerado de la transición a la electromovilidad pone de manifiesto la necesidad de tomar acciones inmediatas para que la industria local siga manteniendo el liderazgo en el que se ha posicionado a nivel global, y presenta recomendaciones que van en esta dirección. La adopción de objetivos agresivos de adopción de vehículos eléctricos por parte de los principales socios comerciales de México, como Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, es un factor detonante para que la industria logre el proceso de transformación necesario a nivel local para que siga siendo un proveedor importante de vehículos a nivel global.

De la misma forma, la iniciativa de la Secretaría de Relaciones Exteriores, a través del Grupo de Trabajo de la Electrificación del Transporte en conjunto con Estados Unidos, con el apoyo de la Universidad de California, tiene dentro de sus principales objetivos la promoción y vinculación de los distintos miembros del ecosistema para la electrificación del transporte, a través de cinco ejes

principales: innovación, capital humano, desarrollo de proveedores, desarrollo de infraestructura de carga y estructura de gobernanza. Otro objetivo de este Grupo de Trabajo es conservar y potenciar el papel que juega la industria automotriz de ambos países en la industria global. Dentro de este contexto, la presente propuesta reconoce y concuerda con la importancia de la transición de la industria automotriz local a la manufactura de vehículos eléctricos, considerando la innovación, el desarrollo de la cadena de proveedores, así como de las habilidades y competencias del capital humano para esta nueva industria.

Idealmente este tipo de plan o estrategia debería de surgir en el ámbito de la oficina de la Presidencia de la República, para que todas las entidades del gobierno federal involucradas puedan estar alineadas con base en los objetivos fijados en el mismo. El tema de la electromovilidad, como se ha visto en aquellos países más avanzados en términos de su implementación, involucra y requiere el compromiso y la acción de distintos organismos de gobierno, pero el mandato debiera surgir del Presidente de la República. Técnicamente se debieran involucrar, a nivel gobierno, aquellas entidades que tengan que ver con movilidad tanto urbana, como sub-urbana, medio ambiente, energía, infraestructura, promoción de industria e inversión, empleo y educación, por resaltar las más relevantes. El cuadro 5.1.1 detalla algunas de entidades que deben estar involucradas para que una estrategia de electromovilidad sea exitosa en México.

Cuadro 5.1.1: Entidades Clave para el Desarrollo e Implementación Exitosa de una Política Nacional de Electromovilidad, México, 2023

| Entidades |
|--|
| Secretaría de Economía (SE) |
| Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) |
| Secretaría de Energía (SENER) |
| Comisión Federal de Electricidad (CFE) |
| Comisión Reguladora de Energía (CRE) |
| Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) |
| Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU) |
| Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) |

| |
|--|
| Secretaría de Educación Pública (SEP) |
| Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) |
| Cámara de Senadores, Diputados y Congresos Locales |
| Gobiernos Estatales y Municipales |
| Asociaciones de Municipios de México (AMMAC) |
| Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Económico (AMSDE) |

Fuente: Frost & Sullivan

Es por esto que, es deseable que exista un ente que tenga una visibilidad completa de acción. Además, sería importante que este ente tuviera facultades vinculantes para que la implementación de la estrategia pudiera tener un seguimiento y evaluación periódica, y al que cada entidad involucrada deba rendir cuenta de avances y acciones a implementar para lograr los objetivos de la estrategia. Este ente, sin duda, pudiera ser el propio gobierno federal (Oficina de Presidencia) o un Comité o entidad que él mismo designe.

Por ejemplo, en el caso de India, el gobierno central designó al Instituto Nacional para la Transformación de India-Aayog (NITI-Aayog por sus siglas en inglés), que es el principal grupo de reflexión (think tank) del gobierno de este país. En el pasado, el número de facilitadores, actores y coordinaciones entre los distintos niveles de gobierno (central y estatal) resultó en un cuello de botella en la rápida toma de decisiones relativas a los distintos elementos de la cadena de valor de los vehículos eléctricos. Para superar estos cuellos de botella, los actores clave han seguido reuniéndose periódicamente, coordinados por NITI-Aayog, para revisar las políticas existentes, eliminar los cuellos de botella y alentar las inversiones en vehículos eléctricos para impulsar su adopción.

En el caso de México, un ejemplo relevante pudiera ser el Sistema Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, que funge como un mecanismo de coordinación entre autoridades de los tres órdenes de gobierno y la sociedad civil. Este Sistema está integrado y coordinado por representantes de la Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), y la Secretaría de Economía (SE), así como por los representantes de las Secretarías de Movilidad de los 32 estados de la República y tiene como objetivo impulsar los principios de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, el Plan Nacional de Desarrollo y la creación de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. Un

mecanismo similar pudiera ser de gran utilidad para el caso de una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica.

La razón principal de que sea un Comité con representación de distintas entidades y no solamente sea una de ellas quien coordine los esfuerzos de electromovilidad, tiene que ver con el hecho de que las atribuciones de ninguna de las entidades involucradas cubren de manera cabal con los objetivos de la promoción de la electromovilidad. A continuación, se detallan las razones por las que no sería recomendable sugerir que sea únicamente una entidad la que coordine la estrategia integral de electromovilidad:

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT): Dentro de sus funciones principales se encuentran la prevención y control de la contaminación, así como el combate al cambio climático, pero dentro de sus atribuciones principales no se encuentra la promoción de la industria y la creación de empleos. Es por esto que, pudiera tener un sesgo hacia la promoción de la penetración de vehículos eléctricos (principalmente en transporte público masivo), y no necesariamente en incentivar la manufactura de vehículos híbridos y eléctricos.
- Secretaría de Economía (SE): Sería el caso opuesto a la SEMARNAT, es decir, la SE tiene como objetivo prioritario la promoción de la industria y creación de empleo, pero no necesariamente promovería incentivos para incrementar la penetración de vehículos híbridos y eléctricos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE): Dentro de los objetivos principales de esta entidad de involucrarse en la electrificación del transporte está la atracción de inversiones en el sector. De la misma forma, pretende ser un vínculo entre aquellas empresas de capital local o extranjero que quieran invertir en México y las entidades locales de gobierno que se requieran para materializar estas inversiones de manera exitosa. Es un caso similar a la SE, donde no necesariamente pudiera haber un enfoque que promueva la penetración de vehículos híbridos y eléctricos en el parque vehicular.

Esto no significa que si el Presidente de la República designa a una de estas entidades y la provee de las atribuciones necesarias para tener una acción vinculante sobre las demás, no funcione de manera eficiente. Tal podría ser el caso de SEDATU quien fue designado en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial para crear el Sistema Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, con las atribuciones necesarias para que el Sistema funcione y cumpla con sus objetivos de manera eficiente. En la medida en la que exista el mandato y la acción coordinada entre las distintas entidades que deben estar involucradas (enlistadas anteriormente), la estrategia será más exitosa en el largo plazo.

De la misma forma, la acción de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) debe también considerar la interacción con la Comisión de Movilidad de la Cámara de Diputados del

Congreso de la Unión ya que esta entidad tiene las atribuciones de generar iniciativas que promuevan acciones a favor de la electromovilidad. Distintas iniciativas en relación a este tema fueron detalladas en el capítulo de análisis de la situación de la electromovilidad en México. Además, la Cámara de Diputados revisa, modifica y aprueba el Presupuesto de la Federación, el cual puede incluir los incentivos sugeridos en esta propuesta, así como los cambios necesarios en el marco regulatorio para que esta estrategia avance. Es por esto que, tanto a nivel federal, como a nivel local será importante promover y dar seguimiento a propuestas que promuevan tanto la industria, como el mercado y el desarrollo de infraestructura de carga para vehículos híbridos y eléctricos en México.

5.2 Recomendaciones Principales de la Política Nacional de Electromovilidad

Tomando en consideración todos estos factores, y como se observa en la Gráfica 5.2.1, Frost & Sullivan identifica tres grandes áreas que el plan de electromovilidad debe abordar:

Gráfica 5.2.1: Ejes de un Plan de Electromovilidad Efectivo, México, 2023



Fuente: Frost & Sullivan

Considerando que tanto la industria como el mercado de vehículos híbridos y eléctricos se encuentran en una etapa naciente, algunas de estas recomendaciones se pudieran definir como habilitantes ya sea del mercado o de la industria, como es el caso de los distintos incentivos sugeridos, o el marco regulatorio necesario. Mientras que otros, como la disponibilidad de energías limpias se pueden considerar como coadyuvantes a lograr los objetivos de reducción de

emisiones. El cuadro 5.2.1 resume las recomendaciones sugeridas dentro de cada uno de estos ejes estratégicos.

Cuadro 5.2.1: Recomendaciones Sugeridas para Cada Eje Estratégico del Plan Nacional de Electromovilidad, México, 2023

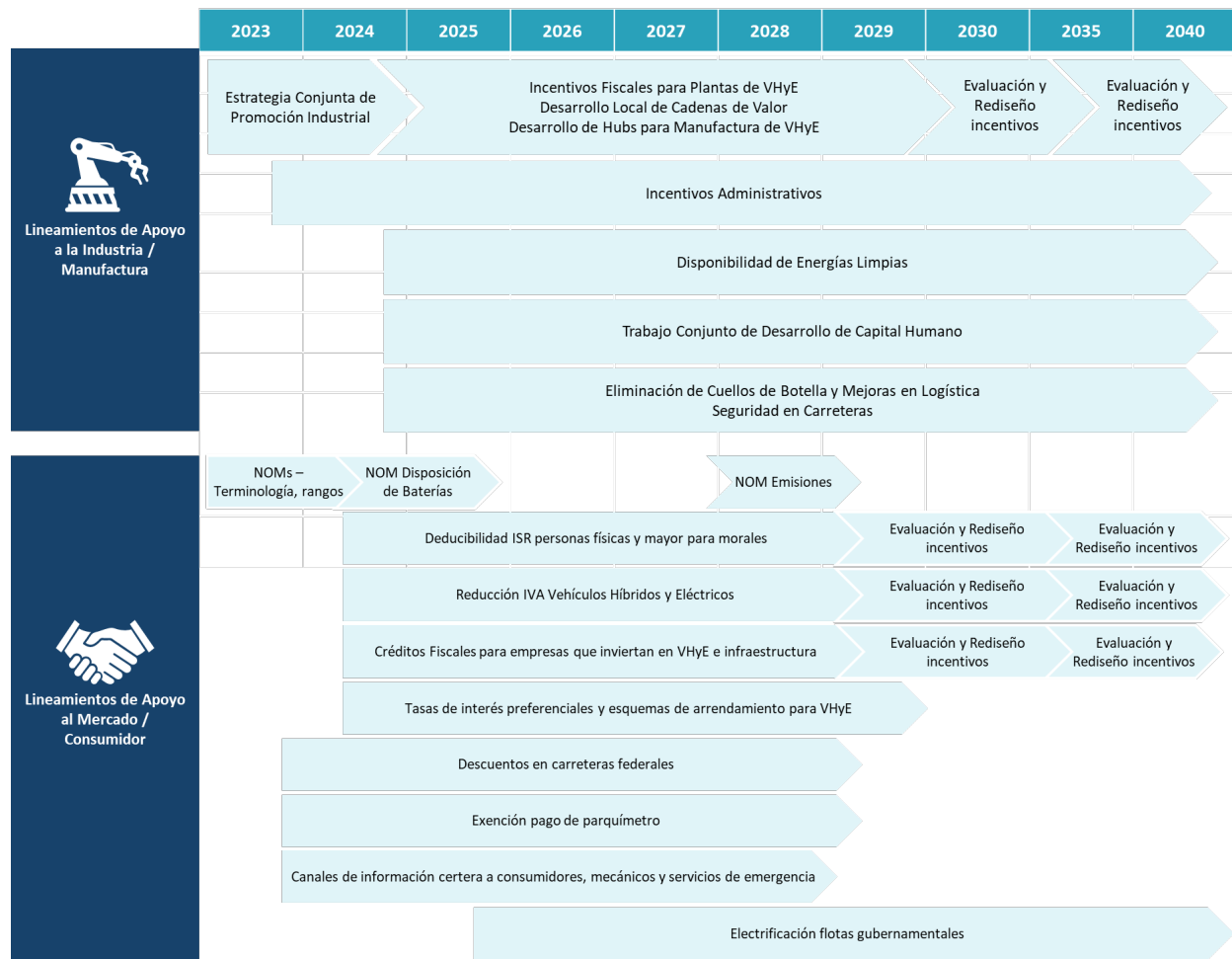
| Manufactura / Industria | Consumidor / Mercado | Infraestructura de Carga |
|--|--|---|
| Incentivos Fiscales para la Fabricación de Vehículos Híbridos y Eléctricos | Creación de NOMs de Terminología, disposición de baterías y emisiones | Estrategia Conjunta para Planeación e Instalación Infraestructura de Carga Pública |
| Incentivos Administrativos para la Fabricación de Vehículos Híbridos y Eléctricos | Deducibilidad Temporal de ISR para personas físicas y mayor para morales | NOM estándares de cargadores para la infraestructura pública de carga para vehículos eléctricos |
| Disponibilidad de Energías Limpias para la Fabricación de Vehículos Híbridos y Eléctricos | Reducción Temporal de IVA a Vehículos Híbridos y Eléctricos | Censo de infraestructura de carga pública para vehículos eléctricos |
| Trabajo Conjunto entre Industria, Gobierno y Academia para el Desarrollo de Capital Humano | Créditos Fiscales Temporales para empresas que inviertan en vehículos híbridos y eléctricos, e infraestructura | Incentivos Administrativos y Fiscales para la Instalación de Infraestructura de Carga |
| Eliminación de Cuellos de Botella y Mejoras en Logística | Tasas de interés preferenciales y esquemas de arrendamiento para vehículos híbridos y eléctricos | Disponibilidad de Energías Limpias para la Fabricación de Vehículos Híbridos y Eléctricos |
| | Descuentos en carreteras federales | Lineamientos para el Cobro de Energía de cargadores |
| | Exención de pago de parquímetro para VHyE | Reglamento Nuevas Construcciones |
| | Electrificación de flotas gubernamentales | Tarifas de Energía Preferenciales para Comercios |

Fuente: Frost & Sullivan

5.3 Cronograma Sugerido para la Implementación de un Plan Nacional de Electromovilidad

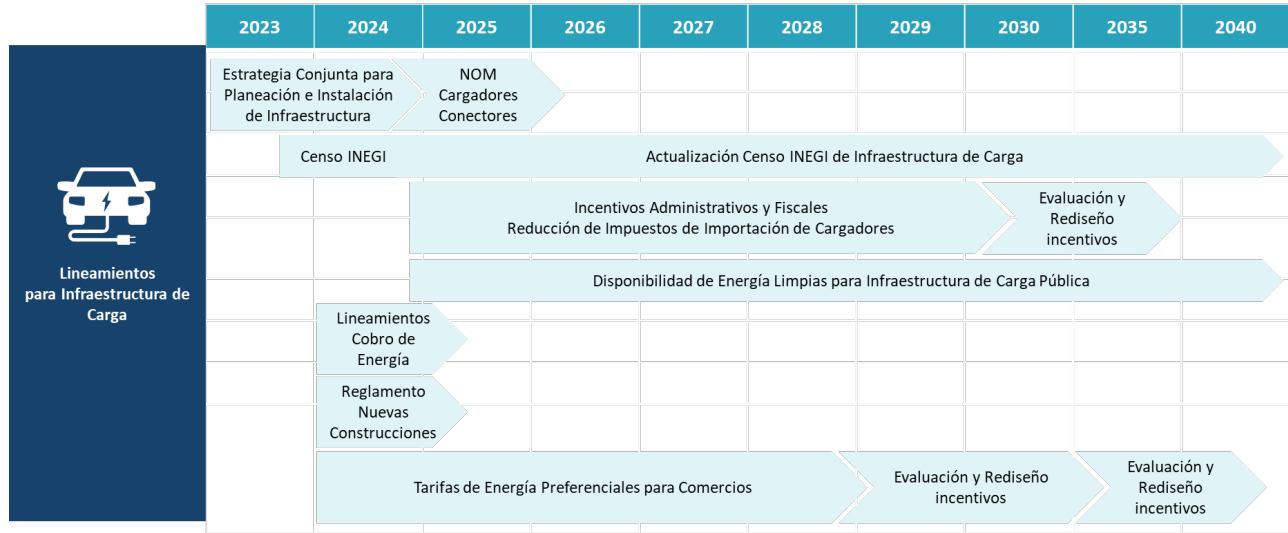
Cada una de estas recomendaciones específicas se debe ir desarrollando e implementando a lo largo del tiempo en un período entre 2023 y 2040. Se deben diferenciar aquellas que pueden tener un carácter permanente, de aquellas que pudieran mantener un carácter temporal, mientras se dan las condiciones necesarias de adopción de vehículos híbridos y eléctricos. La recomendación es que los lineamientos tengan un seguimiento y evaluación periódica de los costos y beneficios que conllevan, para determinar la temporalidad o extensión de cada uno de ellos. La gráfica 5.3.1. muestra la hoja de ruta propuesta con el respectivo cronograma para la implementación de estas recomendaciones. Esta imperante necesidad de tomar acciones inmediatas para lograr los objetivos de reducción de emisiones, así como la celeridad de cambio dentro de esta industria, hace deseable la rapidez de acción e implementación de la estrategia de adopción de vehículos híbridos y eléctricos en México.

Gráfica 5.3.1: Hoja de Ruta de los Ejes Estratégicos del Plan Nacional de Electromovilidad, México, 2023



Fuente: Frost & Sullivan

Gráfica 5.3.1: Hoja de Ruta de los Ejes Estratégicos del Plan Nacional de Electromovilidad, México, 2023



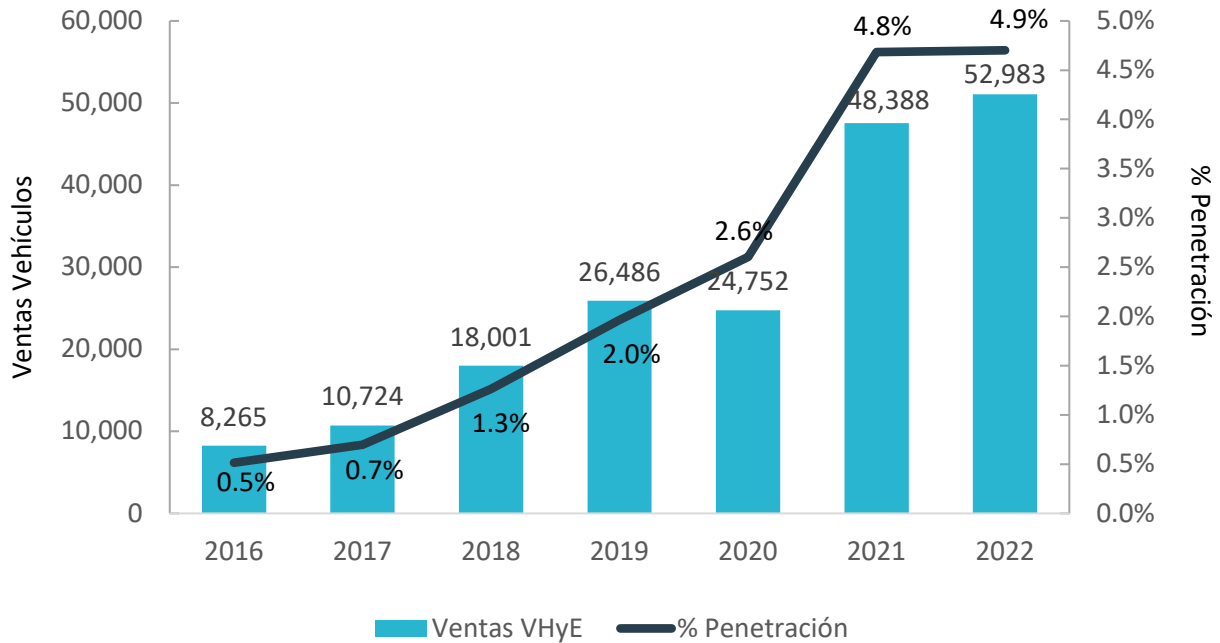
Fuente: Frost & Sullivan

5.4 Impacto de una Política Nacional de Electromovilidad en el Mercado de Vehículos Híbridos y Eléctricos en México

El impacto de adoptar una política integral de promoción de electromovilidad se puede observar en las tasas de penetración tanto de vehículos híbridos como eléctricos. Considerando que los vehículos eléctricos de batería tienen un precio más alto que aquellos con tecnologías híbrida e híbrida enchufable, el impacto de un esquema de incentivos se espera que sea mayor en los vehículos eléctricos de batería. De acuerdo con cifras de la empresa de consultoría Frost & Sullivan, que consideran las ventas reportadas por INEGI, más las ventas de empresas como Zaca y Tesla que no se reportan, el mercado de vehículos eléctricos pasó de 8,265 unidades en 2016, a un estimado de 52,906 unidades en 2022. Incluso en 2020, cuando las ventas totales de vehículos ligeros experimentaron una caída del -27.9 por ciento, las ventas de vehículos híbridos y eléctricos disminuyeron únicamente -4.4 por ciento.

Como se observa en la gráfica 5.4.1, en términos de penetración, en 2016 las ventas de vehículos híbridos y eléctricos representaron 0.5 por ciento del total de ventas de vehículos ligeros, mientras que en 2022 se espera que este porcentaje alcance 4.9 por ciento del mercado.

Gráfica 5.4.1: Ventas de Vehículos Híbridos y Eléctricos y Penetración de Ventas en el Mercado Total, México, 2016-2022



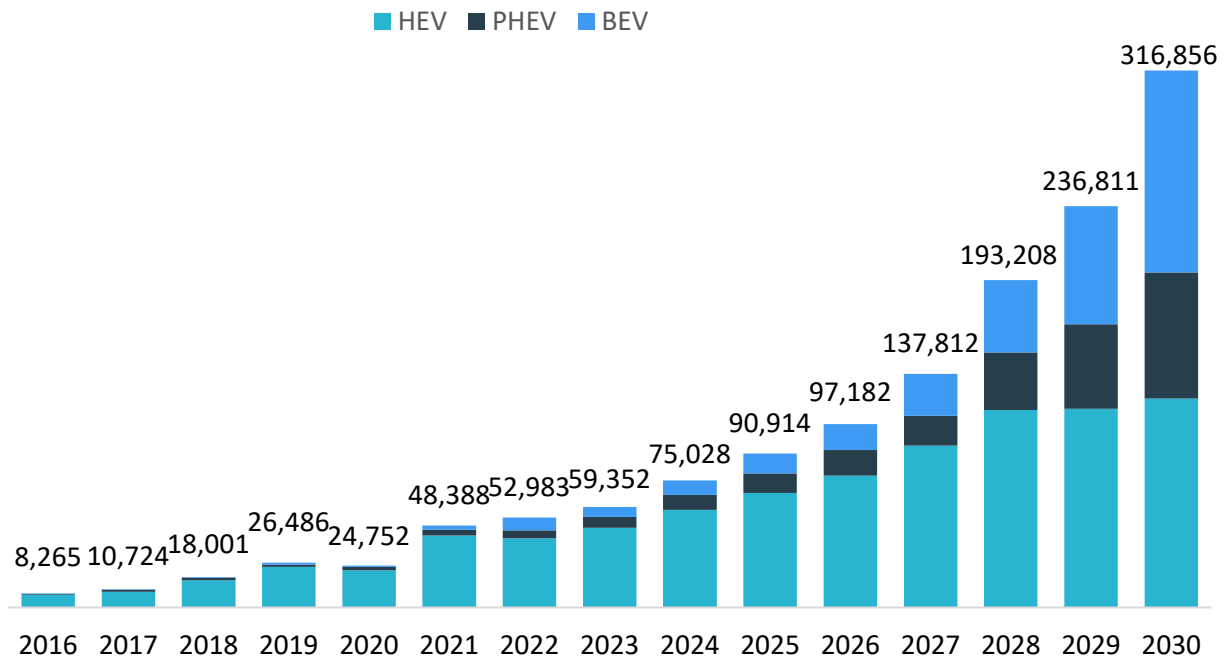
Fuente: Frost & Sullivan con base en INEGI

Como se observa más adelante en la gráfica 5.4.2, la mayor parte de las ventas en el mercado mexicano han sido de vehículos híbridos, que representan alrededor del 90 por ciento de las ventas en este segmento. Esto se debe principalmente a que el precio de este tipo de vehículos es más asequible que el resto de las tecnologías eléctricas, así como al hecho de que para los consumidores la tecnología híbrida ha representado un acercamiento a las tecnologías electrificadas que siguen siendo tecnologías de reciente introducción para la población. En términos generales, la tecnología híbrida se ha considerado como una tecnología de transición, que además soluciona algunos inhibidores del mercado, como lo es la ansiedad de rango para las tecnologías enchufables, considerando, además, el rezago existente en el mercado mexicano en términos de instalación de infraestructura de carga pública.

Sin embargo, el porcentaje de vehículos híbridos está decreciendo desde 2020. Esto se explica por distintos factores. En primer lugar, la falta de semiconductores ha afectado de manera directa la disponibilidad de vehículos híbridos en el mercado mexicano. Los consumidores han enfrentado esperas por encima del promedio de algunos vehículos con motor de combustión interna, lo que está rezagando las ventas de este tipo de vehículos. Por otra parte, la mayor disponibilidad de marcas ofreciendo modelos de tecnología híbrida enchufable y eléctrica ha tenido como resultado un mayor porcentaje de ventas de este tipo de vehículos. En 2019, las ventas de vehículos con tecnología enchufable representaron 7.6 por ciento de las ventas de vehículos eléctricos, para 2022 se espera que este porcentaje alcance 18 por ciento. Hacia 2030,

en un escenario tendencial ese porcentaje seguirá creciendo hasta alcanzar 71.1 por ciento de las ventas totales de vehículos eléctricos. Esto es, si no se adopta un esquema de incentivos más agresivos que el que existe actualmente en México (2023). Hacia 2030, Frost & Sullivan estima que las ventas de vehículos eléctricos alcancen 316,856 unidades lo que representaría una penetración de 19.1 por ciento del total de ventas de vehículos en México.

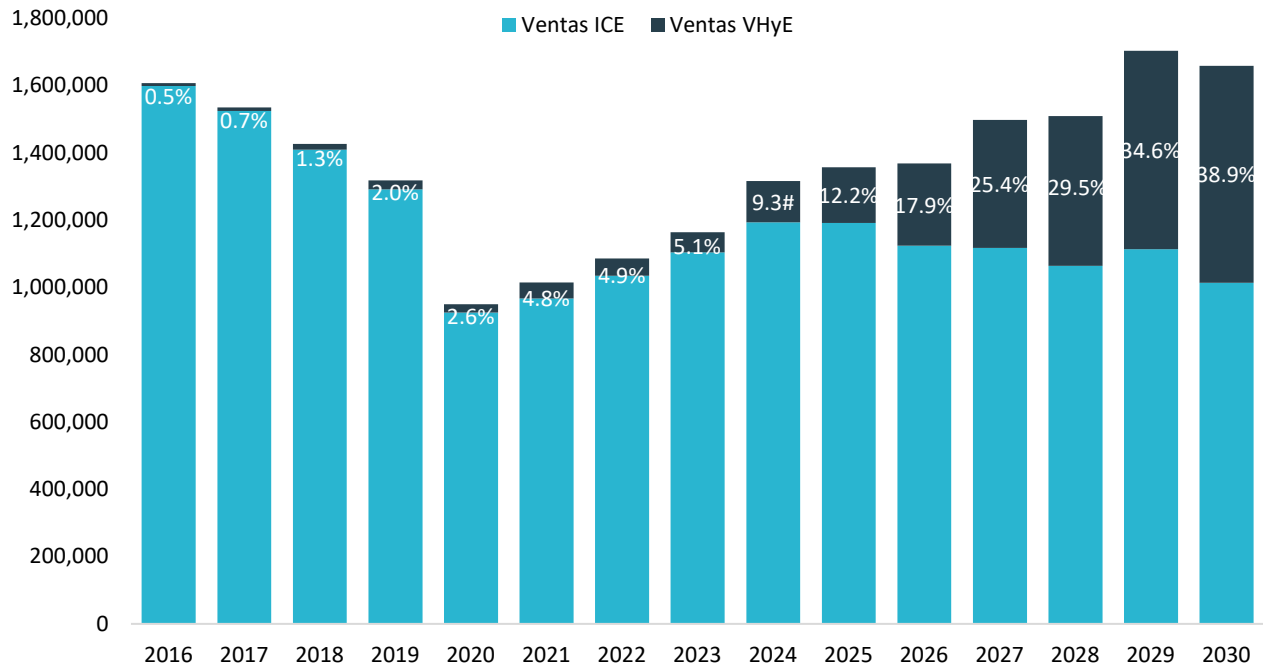
Gráfica 5.4.2: Ventas Totales Anuales de Vehículos Híbridos y Eléctricos por Tecnología, México, 2016-2030



Fuente: Frost & Sullivan, INEGI

Como se mencionó anteriormente, este escenario considera que no existe ningún cambio en el esquema de incentivos que existe actualmente, y que el gobierno no diseña e implementa de manera exitosa ninguna política para promover la adopción de vehículos eléctricos. Mediante la adopción de la política integral de promoción de la electromovilidad desarrollada en este documento, es altamente probable que la penetración de ventas de vehículos eléctricos hacia 2030 se incremente de manera considerable. Las estimaciones de Frost & Sullivan indican que la penetración de este tipo de vehículos puede incrementarse hasta 38.9 por ciento del total de ventas de vehículos ligeros en 2030, como se observa en la gráfica 5.4.3.

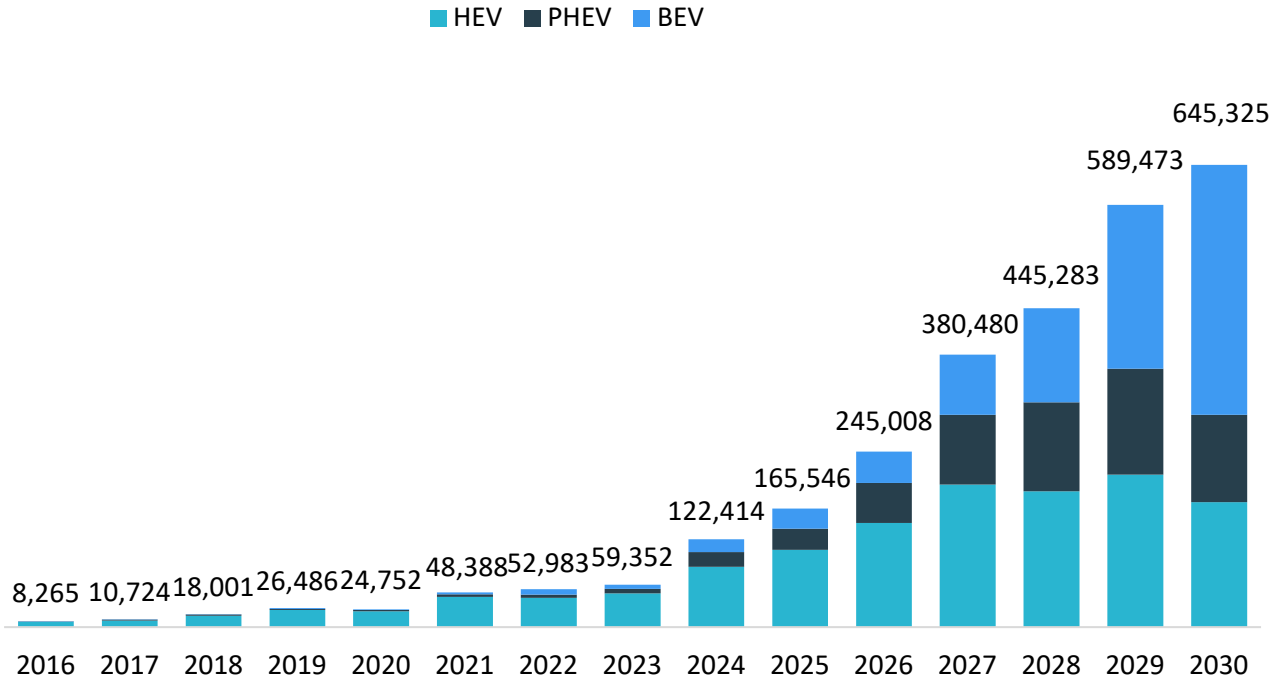
Gráfica 5.4.3: Penetración de Ventas de Vehículos Híbridos y Eléctricos en las Ventas Totales de Vehículos Ligeros de Pasajeros con Política Integral de Promoción de Electromovilidad, México, 2016-2030



Fuente: Frost & Sullivan, INEGI

En términos de tecnologías, el esquema de incentivos sugerido, así como el enfoque de la mayor parte de las empresas fabricantes de autos en la tecnología eléctrica hacia el final de la década, genera la expectativa de una mayor penetración de ventas de autos eléctricos de batería. La evolución hacia la baja en los precios de las baterías y la mayor disponibilidad de vehículos en todos los segmentos generaría precios más accesibles de esta tecnología, lo cual, aunado al esquema de incentivos sugerido incrementaría de manera importante las ventas de este tipo de vehículos. Esto, incluso, sería una condición necesaria para que el gobierno mexicano alcance el objetivo anunciado de que el 50 por ciento de las ventas de vehículos sea cero emisiones en 2030. Como se puede observar en la gráfica 5.4.4, el porcentaje de ventas de vehículos híbridos con una política de promoción de electromovilidad alcanzaría 17.0 por ciento del total de ventas de vehículos electrificados, mientras que la de vehículos eléctricos de batería sería de 44.1 por ciento. En el caso del escenario tendencial, este porcentaje representaba 37.6 por ciento de las ventas de vehículos con tecnologías electrificadas.

Gráfica 5.4.4: Ventas Totales Anuales de Vehículos Híbridos y Eléctricos por Tecnología con una Política Integral de Promoción de Electromovilidad, México, 2016-2030



Fuente: Frost & Sullivan, INEGI

De no haber una política y estrategia para la promoción de vehículos eléctricos, que incluya un esquema de incentivos que afecte directamente el precio de los vehículos, difícilmente se lograrán alcanzar las metas de reducción de emisiones y los compromisos internacionales adquiridos por el gobierno mexicano.