



GRUPO DE TRABAJO PARA LA ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE:

Diagnóstico y Recomendaciones para la
Transición de la Industria Automotriz en México



Índice

Secretaría de Relaciones Exteriores

Marcelo Ebrard Casaubon, Secretario de Relaciones Exteriores

Martha Delgado Peralta, Subsecretaria para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos

Iker Jiménez Martínez, Director General de Impulso Económico Global (DGIEG)

Margarita Alcántara Alcalá, Jefa de Oficina de la Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos

Dirección General de Impulso Económico Global

Jorge Jiménez Sólomon, Coordinador de Infraestructura y Energía, *Coordinador del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte (GTE)*

Aurora Tenorio Dena, Coordinadora de Infraestructura y Energía, *Supervisora de Infraestructura y Desarrollo de Proveedores, GTE*

Belén Elizabeth Licona Romero, Coordinadora del Atlas Prospectivo Territorial-Industrial, *Supervisora de Capital Humano, GTE*

Alberto Chavéz Mejía, Enlace Institucional, *Supervisor de Innovación, GTE*

Leonardo Castañeda, *Consultor del Proyecto*

Santiago Bolaños Signoret, *Consultor del Proyecto*

Gabriel López Nuñez, *Consultor del Proyecto*

Sebastián Ponce Landa, *Consultor del Proyecto*

Franco Fernández Rodríguez, *Consultor del Proyecto*

Alianza MX de la Universidad de California

Isabel Studer, Directora de la Universidad de California - Alianza México (Alianza MX)

Colaboradores Externos

José Zozaya, Presidente de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)

Miguel Elizalde, Presidente de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT)

Diseño del Documento

Ana Paulina Ríos Pérez, *Consultora*, Secretaría de Relaciones Exteriores

06

Prólogo

Marcelo Ebrard Casaubon

Secretario de Relaciones Exteriores

08

Prólogo

Martha Delgado Peralta

Subsecretaria para Asuntos

Multilaterales y Derechos Humanos

18

La Perspectiva Industrial

de la Electrificación del Transporte

24

Introducción

Iker Jiménez

Director General de Impulso

Económico Global

32

1. Innovación

Diagnóstico

Recomendaciones

50

2. Capital Humano

Diagnóstico

Recomendaciones

70

3. Desarrollo de Proveedores

Diagnóstico

Recomendaciones

90

4. Desarrollo de Infraestructura

Diagnóstico

Recomendaciones

114

5. Gobernanza

Diagnóstico

Recomendaciones

136

Conclusión

142

Creación del Proyecto y Proceso Metodológico

148

Áreas de Oportunidad

152

Agradecimientos

158

Bibliografía





Secretario de Relaciones Exteriores

MARCELO EBRARD CASaubON

El pasado 8 de febrero el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores, lanzó una iniciativa sin precedentes para la electrificación del transporte en nuestro país, detonando el esfuerzo binacional de articulación más ambicioso para el sector automotriz desde la negociación del T-MEC, con el objetivo de mantener a esta industria vigente y atractiva para la inversión extranjera, así como para su promoción en el exterior.

Fenómenos globales actuales como la Industria 4.0 y el cambio climático, aunado a la disrupción de las cadenas de producción a causa de la pandemia de COVID-19, están creando escenarios de incertidumbre para nuestras poblaciones, gobiernos y economías. La transición industrial hacia la electromovilidad es un ejemplo de la transversalidad que requieren las nuevas soluciones tecnológicas, en este caso enfocadas al uso eficiente de la energía y empleo de tecnologías verdes. Es de especial trascendencia la transformación del sector automotriz, una de las industrias con mayor crecimiento y dinamismo a nivel mundial, donde nuestro país busca seguir manteniendo su liderazgo a través de nuestras ventajas competitivas.

En las últimas décadas México ha consolidado su política económica en el exterior gracias a la diversificación de sus tratados comerciales, a la integración regional y a la implementación de medidas enfocadas en fortalecer la industria nacional. Lo anterior, ha contribuido a la consolidación de capacidades nacionales, y ha permitido nuestro posicionamiento en sectores de alto valor agregado que están evolucionando hacia la llamada

mentefactura, como es el caso del sector automotriz. Hoy por hoy, la industria del automóvil es sinónimo de empleos, de generación de bienestar, y, por lo tanto, de mejores oportunidades para los mexicanos, resultados tangibles y cuantificables.

La integración regional del sector automotriz hace vital el trabajo conjunto con nuestros socios comerciales, particularmente con los Estados Unidos. Con este tipo de procesos colaborativos fortalecemos la visión económica y productiva del bloque de América del Norte, en gran medida gracias a los mecanismos implementados por el Gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador.

Ahora bien, los retos del cambio climático demandan que la industria automotriz en México no sólo cubra las necesidades de movilidad básica, sino que lo haga de manera sostenible, segura, accesible y sin emisiones perjudiciales a la salud de la población. Alcanzar este objetivo significa transformar los procesos industriales de toda la cadena de valor del sector, para así avanzar hacia una economía más competitiva y eficiente en el uso de los recursos.

En este contexto, la Secretaría de Relaciones Exteriores ha impulsado esta iniciativa que busca identificar los retos y los pasos necesarios para garantizar una transición ordenada y eficiente hacia la producción de vehículos eléctricos en México. Por ello, este documento expresa nuestro compromiso de esta dependencia para apoyar la evolución del sector automotriz de una manera segura y ecológicamente responsable, respondiendo a compromisos internacionales como el Acuerdo de París.

Tengo el honor de encabezar este esfuerzo desde la Cancillería, en colaboración con la Universidad de California, y presentarles este documento que sintetiza un importante esfuerzo para sumar voluntades y lograr que México sea un protagonista en esta transformación global de la economía, del medio ambiente y de la sociedad. Estamos convencidos de que este tipo de colaboraciones nos permitirán tomar decisiones innovadoras para la construcción de soluciones industriales que contribuyan al bienestar de todas y todos los ciudadanos en nuestro país.

México se encuentra inmerso en una dinámica global que reta la política exterior, económica e industrial que se había planteado desde hace décadas en nuestro país. Por este motivo, es necesario sumar esfuerzos multilaterales y también de triple hélice - academia, iniciativa privada y gobierno - con una visión a futuro y un rumbo transformador. La Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos de la Cancillería mexicana reconocemos el valor agregado que se produce cuando la academia, el sector privado y los gobiernos conjuntamos esfuerzos para construir un mejor país a través de la creación e implementación de políticas públicas puntuales que atiendan las necesidades de la población y sus sectores económicos.

Bajo esta lógica, a finales de 2021 iniciamos una estrecha colaboración con la Universidad de California para atender una necesidad muy clara de un sector que desde hace décadas nos ha brindado prosperidad a todos los mexicanos: la electrificación de la industria automotriz. Esta tendencia mundial ha demandado que México alinee todos los esfuerzos posibles en todos los niveles para estar a la altura de la transformación que se vive y se vivirá en todo el mundo.

La colaboración antes mencionada dio como resultado la conformación del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte. Esta iniciativa propone una transición ordenada hacia la electromovilidad a nivel no sólo nacional sino regional, al coordinar la integración productiva con nuestro socio comercial más importante que son los Estados Unidos. La meta es clara: la Universidad de California y la SRE presentaremos en 2023 un mapa de ruta binacional para la creación e implementación de políticas claras y definidas para la industria automotriz mexicana hacia la fabricación y uso de vehículos eléctricos.

Los resultados de este Grupo de Trabajo se ven reflejados en el presente documento, producto de las sesiones realizadas en sus dos fases: diagnóstico de obstáculos e identificación de propuestas de solución en la transición de este sector. Al respecto, quiero resaltar la relación de esta iniciativa con la inclusión de las mujeres en el sector automotriz también como un componente relevante de nuestra Política Exterior Feminista.

Para poner este último tema en contexto, podemos decir que en los Estados Unidos las mujeres representan tan sólo el 27% de la fuerza laboral en la fabricación de automóviles, en comparación con el 47% de la fuerza laboral total. En México, de acuerdo con el INEGI, las mujeres representan el 37% del personal del subsector "fabricación de equipo de transporte"; y diversos estudios señalan que únicamente el 24% de los empleados en el sector automotriz son mujeres. Si bien los datos muestran que hay mujeres en puestos ejecutivos en la industria, representan sólo el 3% de las posiciones de liderazgo, por lo que es imperante incentivar su participación para que nuestra representación crezca.

Nuestra Política Exterior Feminista permea en todas las actividades que llevamos a cabo en la SRE y este proyecto no es la excepción, pues fomenta la participación de las mujeres en los diferentes eslabones de la cadena de valor de la industria automotriz eléctrica. El Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte busca hacer del sector uno más inclusivo, donde exista igualdad de oportunidades justamente remuneradas, capacitación y desarrollo de talento. Finalmente, me gustaría reconocer el apoyo de la academia, de manera particular a la Universidad de California y su directora en México, la Dra. Isabel Studer por su alto compromiso con esta importante agenda. Además, extendiendo mi reconocimiento al sector automotriz, a las organizaciones de la sociedad civil y las entidades de gobierno de ambos países que han participado para hacer realidad esta importante iniciativa, que será una herramienta para la transición ordenada hacia la electromovilidad en México y en América del Norte. Particularmente, apreciamos el importante rol de la Embajada de los Estados Unidos, del Departamento de Estado, del Departamento del Transporte, del Departamento de Energía, así como de funcionarios del estado de California para que este esfuerzo tenga un resultado útil para ambas naciones.

Finalmente, reconozco y agradezco al equipo de la Dirección General de Impulso Económico Global que dirige el Mtro. Iker Jiménez por el entusiasmo y la eficacia con la que han coordinado esta tarea, misma que traerá beneficios ambientales, sociales y económicos a nuestro país.



MARTHA DELGADO PERALTA

Subsecretaria para Asuntos Multilaterales
y Derechos Humanos



Directora | Alianza México de la Universidad de California

ISABEL STUDER NOGUEZ

El transporte es una de las fuentes más importantes tanto de emisiones de carbono a nivel global como de inversión y generación de empleos por su contribución a la producción manufacturera y a la economía en general. En la lucha contra el cambio climático, la electrificación del transporte es esencial si aspiramos a limitar el aumento de la temperatura a menos de 1.5° C. Pero la ineludible transición hacia la electrificación del transporte también implica un cambio sistémico, que incluye disrupciones significativas, tanto desde una perspectiva tecnológica como en los modelos de producción de los vehículos, sus cadenas de suministro y los materiales utilizados, la fuerza laboral y las habilidades que se requieren, así como también en los sistemas de transporte y la infraestructura asociada a los mismos. La transición hacia la adopción de los vehículos eléctricos o cero emisiones, de pasajeros o de carga, también exige el diseño de nuevas políticas públicas y estrategias empresariales, al tiempo que se adecuan las existentes para asegurar que los vehículos de combustión interna también contribuyen a reducir las emisiones de carbono.

La vertiginosa transición hacia electrificación del transporte también representa el surgimiento de nuevos jugadores y centros de producción que han invertido de manera temprana en el desarrollo de las baterías eléctricas, en la extracción de materiales esenciales, en modelos de negocio innovadores y en una infraestructura industrial que les ha permitido ganar ventaja en el mercado global.

Este contexto de transformación sistémica impone retos conjuntos para México y Estados Unidos, quienes en las últimas tres décadas han invertido para asegurar la competitividad de la industria automotriz creando un sistema de producción integrado, regional y desarrollando una infraestructura que permite movilizar más del 70% del comercio regional mediante el transporte terrestre. La compleja transición hacia la electrificación del transporte obliga a contar con marcos innovadores de cooperación que permitan mantener la competitividad de este sector, que se localiza en el corazón de la integración

económica México-Estados Unidos. Al mismo tiempo, la imperiosa necesidad de reducir las emisiones de carbono conlleva a considerar el diseño de nuevos sistemas de transporte en las ciudades, incluyendo el transporte público cero-emisiones, así como de regulaciones y estándares regionales para los vehículos con motor de combustión interna que seguirán predominando en el parque vehicular por muchos años.

En este tejido complejo de transformación sistémica, la Universidad de California, a través del Instituto de Estudios del Transporte y Alianza México, ha asumido el compromiso de generar el conocimiento que informe tanto las políticas públicas como las estrategias empresariales, que contribuyan al desarrollo de tecnologías y metodologías innovadoras que aceleren la transición hacia la adopción de vehículos cero emisiones, al tiempo que se maximizan los beneficios y se reducen los costos asociados a dicha transición.

Con la finalidad de que la ciencia responda a las necesidades de la sociedad, la Universidad de California, en conjunto con la Secretaría de Relaciones Exteriores, se ha comprometido a ofrecer un espacio neutro para que el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la academia en Estados Unidos y México encuentren puntos de convergencia y acciones que favorezcan el interés colectivo. Los resultados de los diálogos de los cinco grupos de trabajo que arrancaron en febrero del 2022 y que se presentan en este informe, así como de múltiples entrevistas de expertos de la Universidad de California con actores clave de la industria automotriz, brindaron una riqueza de perspectivas e información que fueron cruciales en el diseño del programa de investigación. En abril del 2023, y como complemento al informe que aquí se presenta, se darán a conocer los resultados de esta primera fase de la investigación, mediante un Mapa de Ruta, que servirá para construir el marco de colaboración binacional que impulse la electrificación del transporte.

Al ser un cambio sistémico, la transición hacia la adopción de vehículos cero-emisiones requiere de un esfuerzo de largo aliento, de todo el gobierno y toda la sociedad. Por ello, la Universidad

de California ha decidido crear un programa de investigación de más largo plazo. Para tal fin, se han identificado tres grandes agendas de trabajo en torno a vehículos de pasajeros, vehículos de carga y transporte público, así como la electromovilidad en ciudades. En paralelo, se han establecido tres nuevos grupos de trabajo en torno a estas áreas temáticas, a los que se suman nuevos socios y más expertos de los distintos campus de la Universidad de California. Además, se han visualizado oportunidades para llevar el trabajo colectivo hacia un horizonte más amplio que considere el uso de nuevos combustibles como el hidrógeno verde, la economía circular, así como el imperativo de contar con una infraestructura eléctrica más robusta y cero emisiones. Este programa de largo plazo permitirá también el desarrollo de capacidades en ambos lados de la frontera para contar con el talento y la fuerza de trabajo que esta transición requiere.

En representación de la Universidad de California, expreso mi más profundo agradecimiento y reconocimiento al Canciller Marcelo Ebrard por su liderazgo y visión encabezando un proyecto de enorme relevancia estratégica para México y Estados Unidos. Ha sido un privilegio trabajar de la mano con Martha Delgado, Subsecretaria para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos, quien ha sido un pilar de este proyecto, y a quien agradezco la confianza depositada en nuestra institución para emprender con un espíritu de colaboración esta gran encomienda. También extendo un especial agradecimiento a Iker Jiménez, Director General de Impulso Económico Global, y a su equipo por su gran labor. A todos los socios que participaron en los múltiples diálogos, conversaciones y eventos realizados en los últimos meses, mi gratitud y admiración por su compromiso para convertir esta agenda de la electrificación del transporte en un verdadero esfuerzo de todo el gobierno y toda la sociedad.



La industria nacional de manufacturas eléctricas y la electrificación del transporte

SALVADOR PADILLA RUBFIAR

Director General de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas

Muchos han sido los esfuerzos en materia de sustentabilidad a nivel mundial, en pro de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para mitigar sus efectos, en un contexto donde las actividades económicas en proceso de reactivación demandan cada vez más energía. En particular, destaca un proceso acelerado en la electrificación de las actividades comerciales, industriales y de servicios, lo que nos permite predecir en el futuro un alto impacto en materia de electricidad.

La electromovilidad, definida como el conjunto de sistemas de transporte terrestre, cuya propulsión y funcionamiento se basa de forma complementaria con la utilización de energía eléctrica, surge como una magnífica alternativa que sin duda contribuirá en forma determinante en la citada reducción de CO₂, respaldada por un vertiginoso cambio tecnológico que ha permitido optimizar costos, incrementar la capacidad de almacenamiento de las baterías, así como el desarrollo de infraestructura de recarga con mayor potencia y eficacia.

Lo anterior ha sido clave para que la electrificación del transporte se desarrolle a nivel internacional; de acuerdo con la información de la International Energy Agency (IEA), la cantidad de autos eléctricos que circularon en el mundo se triplicó en tan sólo tres años, alcanzando una cifra en 2021 de alrededor de 16.5 millones. De igual forma, la infraestructura de recarga creció de forma importante, incluso durante la pandemia, ya que considerando equipos de recarga lenta y rápida en 2021 se alcanzaron cerca de un millón ochocientos puntos públicos de recarga en todo el mundo.

Esta tendencia global presenta sin duda un crecimiento exponencial, que si bien, es más acentuado en algunas regiones, no es excepción en países de Latinoamérica. En el caso de México, el desarrollo de proyectos para la electrificación del transporte público y la incorporación de una mayor oferta de autos particulares, han incidido en un ajuste incremental de las proyecciones de los próximos años. En este sentido, en el Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional



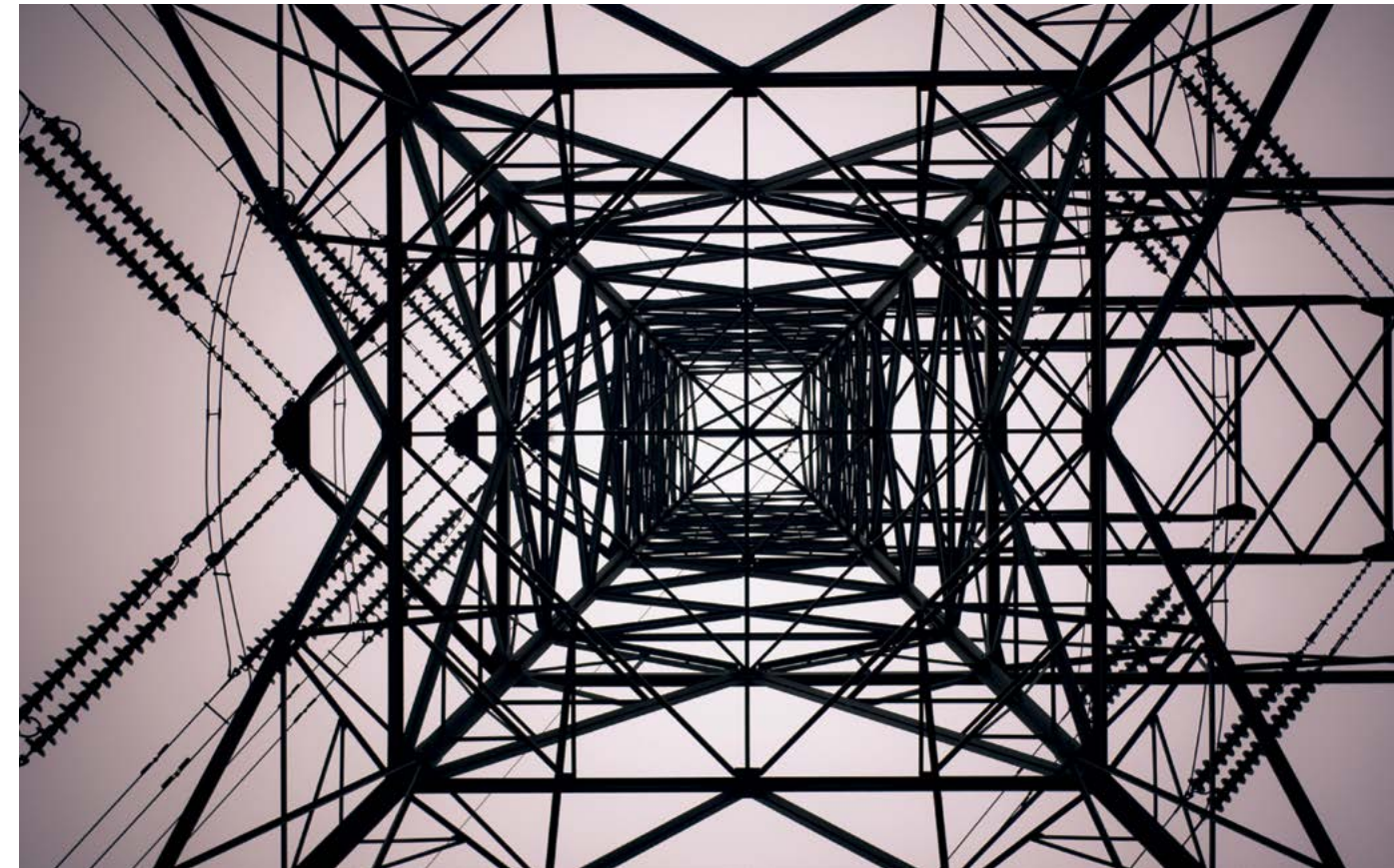
2022- 2036 (PRODESEN) se contempla que el consumo esperado de energía de autos eléctricos para 2036 sea de 13,283 GWh, lo que representaría un 2.8% del consumo total de energía del país.

Resultan evidentes las grandes oportunidades que representará el desarrollo de la electromovilidad, para lo cual la participación de las industrias clave relacionadas, como es el caso de las manufacturas eléctricas, es fundamental para potenciar los impactos en beneficio de México y toda su población.

Un primer aspecto que se deriva del fuerte incremento esperado respecto a la infraestructura de recarga de autos, es la clara necesidad de modernización del sistema eléctrico nacional, lo cual no se limita al incremento de capacidad de generación, transformación y transmisión, sino que demanda cambios cualitativos en los equipos eléctricos, para garantizar la operación óptima de las redes eléctricas incorporando recursos variables y distribuidos tanto de generación como de nuevos centros de recarga. De esta forma, el sector industrial de manufacturas eléctricas es un actor primordial en la innovación y desarrollo continuo de nuevos productos acordes a las necesidades de modernización del sistema eléctrico nacional. Por esto, las empresas del sector iniciaron desde tiempo atrás procesos importantes de cambio, caminando hacia la digitalización y automatización, logrando estar preparadas para hacer frente a este importante reto, contando con las capacidades productivas y tecnológicas para tal fin.

En segundo lugar, como ya lo mencionamos, la tendencia de los sistemas de recarga requiere a todas luces, equipos de mayor potencia y eficiencia, los cuales se interconectan a nivel de las redes de distribución y para este objetivo los centros de tecnología de cada fábrica de manufacturas eléctricas, y alianzas que han formado con centros de investigación y la misma academia, trabajan ya para ofrecer soluciones al respecto, fortaleciendo la cadena de valor de la proveeduría nacional. Será necesario para que se detone una demanda mayor, cubrir vacíos existentes en materia de regulación, normalización y estandarización, lo que permitirá, por un lado, garantizar la operación segura y eficiente de los equipos involucrados, y por el otro, fijar las reglas de operación de los nuevos modelos de negocio vinculados con la venta de energía con fines de recarga.

En tercer lugar, la electromovilidad implica cambios sustanciales para la cadena de valor tradicional de vehículos de combustión interna, ya que en los autos eléctricos gran parte de los componentes también son eléctricos, como es el caso de: baterías, arneses de conexión, cargadores internos, motores y generadores de



sistemas de freno regenerativo, que forman parte esencial de su funcionamiento. Esto abre un conjunto de oportunidades para el desarrollo local de esos nuevos componentes, que conlleva ampliación de capacidades, generación de empleos, desarrollo de ingeniería, entre otros, que se traducirán en mayor solidez a las empresas existentes, inversión nacional y extranjera con nuevas plantas productivas en México, las cuales puedan aprovechar la cercanía para participar del mercado de Norteamérica y fomentar la integración de una cadena de valor regional en torno a la electromovilidad, que permita obtener beneficios del Tratado Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá.

Finalmente es necesario recalcar que para el éxito y aprovechamiento de las oportunidades que el proceso de electrificación del transporte en el sector eléctrico sea una realidad, será primordial la innovación. La ciencia, la tecnología y la creatividad jugarán un papel clave y la aplicación del modelo de las cinco hélices unirá los grandes esfuerzos conjuntos de academia, gobierno, industria y sociedad, todos bajo la óptica de sostenibilidad y medio ambiente, buscando cada día contar con un sistema eléctrico robusto, confiable, seguro y eficiente. El futuro cercano se considera eléctrico y las empresas del sector de manufacturas eléctricas están listas para que así sea.

La Perspectiva Industrial de la Electrificación del Transporte

JOSÉ ZOZAYA

Presidente de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)

He contado con la gran oportunidad de participar en diversos foros en representación de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), en los cuales he expresado que la electromovilidad o transición hacia los vehículos cero emisiones es un hecho en el ámbito internacional que continuará avanzando con o sin México. En el caso de nuestro país, la participación de los vehículos híbridos y eléctricos en el mercado interno ha venido incrementándose gradualmente en los últimos seis años, pero aún se mantiene en volúmenes marginales, representando el 4.4% respecto del total de las ventas de vehículos ligeros, situación que refleja la necesidad de acelerar la electrificación de la flota vehicular en el país.

En este sentido, en fechas recientes hemos sido testigos de una serie de anuncios y estrategias en el gobierno federal que nos hacen ver con optimismo el camino hacia una industria automotriz mexicana que elimine gradualmente su huella de carbón. Por ejemplo, la Secretaría de Relaciones Exteriores junto con la Universidad de California – Alianza México, ha iniciado un estudio que le permita definir una hoja de ruta hacia la electromovilidad cuyos avances dará a conocer en el marco de la COP 27 a celebrarse en Egipto a principios de noviembre de 2022.

Esta hoja de ruta se basa en los cinco pilares que este documento presenta. Además, está basada en la experiencia del caso del estado de California por lo que contiene una visión más amplia e integral. Reconocemos la importancia de esta iniciativa en pro de la electromovilidad que atiende diferentes aspectos del amplio espectro de los múltiples factores involucrados en la transición hacia la electromovilidad y a los vehículos cero emisiones.

Sin embargo, consideramos que se requiere de una mayor coordinación intersecretarial y establecer un liderazgo transversal que facilite la interlocución con la industria automotriz, que dé certeza y guía para la atracción de nuevas inversiones. En este contexto la AMIA ha iniciado un estudio con el fin de poder determinar los elementos necesarios que nos permitan fundamentar nuestras recomendaciones al gobierno mexicano para lograr la implementación de una política pública integral que promueva ambos lados de la ecuación de la electromovilidad.



Por una parte, incentivar la demanda a través del uso y adquisición de vehículos electrificados para el desarrollo del mercado interno; por la otra, impulsar la oferta mediante la promoción de la fabricación de partes, componentes, baterías y vehículos que nos permita mantener la posición de liderazgo entre los países fabricantes de vehículos ligeros en el ámbito internacional y particularmente en la región de América del Norte para aprovechar las oportunidades que brinda el T-MEC.

No menos importante es la tarea de educar e informar al público en general acerca de los beneficios del uso de las nuevas tecnologías, así como identificar las nuevas capacidades y competencias que deberán tener los colaboradores a lo largo de la cadena productiva de esta industria. Un elemento adicional indispensable es el de asegurar el abasto de energía eléctrica de fuentes renovables, en cantidad suficiente y a costos competitivos tanto para la cadena de valor en su conjunto como para la recarga de las baterías de los vehículos. Si esta condición no se cumple, la permanencia de la industria automotriz en México estará en riesgo de desaparecer debido a que no podrá cumplir con el compromiso de la industria automotriz global de garantizar el uso de energías limpias y eliminar la huella de carbón en las próximas décadas.

Estamos convencidos de que la colaboración entre el gobierno e industria es indispensable para que se desarrollen e implementen políticas públicas que promuevan la transición acelerada hacia la electrificación del parque vehicular en México. Trabajando en conjunto lo lograremos. Desde la AMIA reiteramos nuestro compromiso de continuar trabajando en pro del bienestar y el progreso de nuestro país.

MIGUEL ELIZALDE

Presidente de la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT)

Cuando hablamos de electromovilidad pensamos que es algo reciente, pero en México en vehículos pesados iniciaron desde 1900 con los primeros tranvías eléctricos, pasaron 50 años en aprovechar la misma red de cableados para en 1951 tener el primer trolebús. Posteriormente en 2020 circula en México el primer autobús con baterías, meses después los primeros camiones pesados de carga eléctrica y recientemente los tractocamiones. Pero México al ser potencia productora y exportadora, inició desde 2018 la exportación de los primeros camiones de carga a Estados Unidos.

La Industria Automotriz de vehículos pesados es líder como primer exportador de tractocamiones, cuarto exportador y quinto productor de vehículos de carga, y octavo productor de autobuses en el mundo. Liderazgo que debemos mantener en un entorno retador, donde debemos incrementar el valor de contenido regional vehicular por el TMEC de 60% a 64% en 2024 y a 70% en 2027, a la vez de que estamos viviendo una reconfiguración de nuestras cadenas de proveeduría, con impactos ocasionados por fenómenos como el *nearshoring*. Ante esta realidad, vamos a ver una transición gradual a diferentes velocidades hacia vehículos cero emisiones donde veremos todavía convivir en México vehículos diésel de ultra bajo azufre, gas natural, eléctricos y próximamente de hidrógeno.

La electromovilidad ya es una realidad y precisamente por el liderazgo que tiene México a nivel mundial debemos de trabajar juntos Industria, Autoridades y Academia. El mejor ejemplo de esto es el trabajo que está promoviendo la Dirección General de Impulso Económico Global de la Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos en la Secretaría de Relaciones Exteriores. Donde en diferentes mesas de trabajo desde la infraestructura energética hasta el desarrollo de las cadenas de proveeduría, donde participa ANPACT, nos coordinamos para acelerar la implantación de tecnologías limpias.

Como exportadores el reto está en tener proveeduría que cumpla los requisitos del TMEC y para el mercado interno debemos impulsar la modernización del autotransporte a la par de nuestro principal socio comercial para no quedarnos atrás y fortalecernos como región ante otros bloques económicos globales. Solo así seguiremos con el liderazgo mundial que tiene la Industria Automotriz de Vehículos pesados para el Autotransporte, para seguir en el Camino Por México.







Director General de Impulso Económico Global

**IKER
JIMÉNEZ**

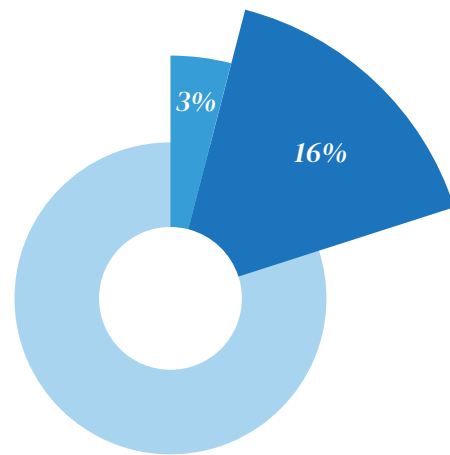
Introducción

En 1900 alrededor del 30% de los automóviles que circulaban en Estados Unidos eran eléctricos, pero cien años más tarde, tan sólo representan el 1%. La introducción del “Modelo T” de Henry Ford —aunado al descubrimiento de yacimientos de petróleo en Texas— apoyó a la reducción de precios del combustible, lo que a su vez dio como resultado la aceleración en la producción y adopción de vehículos a gasolina. Desde entonces la producción de este tipo de automóviles ha crecido exponencialmente (Department of Energy, 2014; Placek, 2022).

No obstante, la innovación, la tecnología y los avances electrónicos han replanteado el funcionamiento de la sociedad. Por ejemplo, los avances en la tecnología de semiconductores durante los últimos 50 años han hecho que los dispositivos electrónicos sean más pequeños, más rápidos y fiables. Hoy en día sería imposible imaginar el desarrollo de las comunicaciones, el internet de las cosas, la inteligencia artificial, los sistemas de salud, el transporte, las energías limpias y otras innumerables aplicaciones sin el impulso de los semiconductores.

A la par de estos avances tecnológicos, el mundo está experimentando una crisis ambiental sin precedentes. En esta coyuntura actual es donde se encuentra el sector automotriz. Por un lado, la industria tiene que seguir la vanguardia tecnológica y las tendencias de optimización. Por otro lado, el transporte, uno de los principales responsables de las emisiones CO² tiene que ser un aliado en la lucha contra el cambio climático. Según un reporte de *Greenpeace* (2018), en 2018 la huella de carbono de la industria automotriz representó el 9% del total de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Dicho esto, la única forma de hacer más sostenible el transporte y su consumo de energía es electrificando a través de fuentes renovables.

Actualmente en México circulan alrededor de 50 millones de automóviles de combustión. En este contexto, surgen preguntas como: ¿Qué tipo de infraestructura se necesitará en el futuro para impulsar la demanda interna de autos eléctricos? ¿Cuál será la reconfiguración de las redes carreteras, de las casas y departamentos que habitamos? ¿Qué tipo de capacitación y transferencia de habilidades necesitará el capital humano automotriz?



Sector Automotriz

- PIB Total
 - PIB manufacturero del país
- INEGI, 2021

\$5.400
MILLONES USD

en inversión extranjera directa

Suma recibida por la industria nacional automotriz y de autopartes

Statista, 2022

¿Qué visión se necesita hacia el futuro para lograr esta transición y no quedarnos atrás en una industria en la que hoy somos líderes?

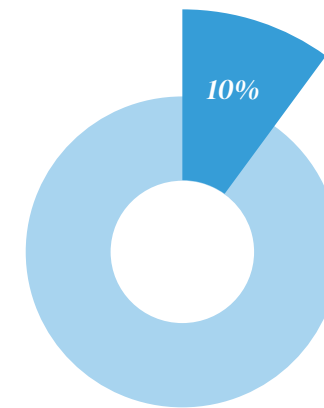
Este tipo de cuestionamientos se plantean y responden en esta recopilación de las sesiones del Grupo de Trabajo para Electrificación del Transporte.

1. LIDERAZGO DE MÉXICO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

La industria automotriz ha sido uno de los principales pilares del desarrollo económico de la región de Norteamérica y por supuesto de México, particularmente impulsado en la época de los 90s tras finalizar la negociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). El apartado del sector automotriz jugó un papel fundamental durante las negociaciones del TLCAN dado que representaba para los tres países el sector con más intercambio económico. Sin lugar a duda con la firma del TLCAN dio pie a la desregulación gradual del sector, creando oportunidades de negocios para empresas extranjeras, y con esto obligando a los fabricantes de autopartes instalados en México a aumentar la calidad y reducir los costos de producción (Miranda, 2007).

Dado lo anterior, el país se encuentra desde hace casi tres décadas entre las naciones líderes de este sector, pues actualmente es el cuarto exportador y el séptimo productor de autos en el mundo (OICA, 2021). Esta industria representa el 3.0% del producto interior bruto (PIB) total y el 16.0% del PIB manufacturero del país (INEGI, 2021). Además, el año pasado la industria nacional automotriz y de autopartes recibió alrededor de 5,400 millones de dólares de inversión extranjera directa (Statista, 2022).

La mano de obra calificada, la ubicación geográfica del país y la red de acuerdos de libre comercio han hecho del sector automotriz una importante plataforma de exportación para México, al igual que han promovido la integración económica regional en esta industria.



de ventas de coches son eléctricos

siendo China el país que representa la mitad de ese crecimiento

IEA, 2022a

2035
COMO META

fijado por la Comisión Europea

como el fin de la venta de vehículos de combustión y diversos países están ofreciendo incentivos

IEA, 2022

Sin embargo, el panorama en 2022 no ha sido del todo alentador: según datos del INEGI, las ventas de automóviles registradas en los primeros meses del año fueron las más bajas en una década. Entre los aspectos que han propiciado el bajo desempeño de la industria —y que sin duda seguirán afectando sus resultados—, al menos el primer trimestre de 2023, se encuentran: i) la escasez de semiconductores y la caída en la producción de automóviles; ii) la reciente regularización de autos usados provenientes del extranjero; y iii) la volatilidad en el precio de componentes automotrices, como el acero y el aluminio (Deloitte, 2022a).

2. PERSPECTIVA GLOBAL DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El sector automotriz se encuentra en un momento disruptivo: la transición hacia la electromovilidad. Esto, como anteriormente expuesto, es consecuencia de los cambios que la sociedad está experimentando debido a la pandemia y otros factores, así como de la necesidad de combatir el cambio climático con medios de transporte más sustentables y eficientes. Según el Global EV Outlook, publicado este año por la Agencia Internacional de Energía, en el mejor escenario, se estima que para 2030 aproximadamente el 30% de los vehículos nuevos que se vendan en el mundo serán eléctricos. Además, se prevé que el valor del mercado a nivel mundial de esta nueva industria alcance los 190,000 millones de dólares para ese año (IEA, 2022a).

Para poner en perspectiva este rápido crecimiento, dejemos esta comparación: en 2012 se vendieron alrededor de 120,000 vehículos eléctricos. Para 2021, en cambio, esa misma suma representó la venta de coches eléctricos vendidos semanalmente. Hoy en día, casi el 10% de las ventas de coches son eléctricos, con China como el país representante de la mitad de ese crecimiento (IEA, 2022a). En Estados Unidos, que también es un mercado clave para los vehículos eléctricos, el gobierno federal anunció sus primeros objetivos, que incluyen un 50% de ventas de vehículos eléctricos para 2030

y la instalación de 500,000 cargadores públicos. La Comisión Europea fijó para 2035 el fin de la venta de vehículos de combustión y diversos países están ofreciendo incentivos para incrementar la demanda de autos eléctricos (IEA, 2022).

Por otro lado, el crecimiento económico y las oportunidades de esta nueva industria no han sido del todo equitativas, ya que los países en vías de desarrollo siguen estando rezagados en la fabricación y venta de vehículos eléctricos, donde hay pocos modelos disponibles o siguen siendo inasequibles.

3. GRUPO DE TRABAJO MÉXICO – ESTADOS UNIDOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

La Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) de México, desde sus atribuciones de promoción económica y atracción de inversión, entiende que el país necesita acelerar la transición hacia la fabricación de autos eléctricos y así mantener un sector que se mantenga en crecimiento sostenido. Por ello, la SRE, en colaboración con la Alianza México de la Universidad de California, ha creado el Grupo de Trabajo México-Estados Unidos para la Electrificación del Transporte. Esta iniciativa es una pieza angular a nivel mundial al ofrecer una perspectiva integral de alto nivel y de triple hélice (academia-gobierno-industria), con el objetivo fortalecer la integración económica binacional en el sector automotriz a través de un mapa de ruta. Un primer avance de esta iniciativa se presentó durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 27) y que verá su versión final en 2023.

Por parte de México, diferentes secretarías y órganos gubernamentales han participado activamente en el proyecto, entre los cuales destacan las actuaciones de la Secretaría de Educación Pública; la Secretaría de Economía; la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). A nivel estatal, el grupo de trabajo contó con la activa participación de distintos estados —como Nuevo León, Puebla, Yucatán y Querétaro—, así como con la representación colectiva a través de la Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Económico. Asimismo, cinco organismos empresariales nacionales, quince empresas del sector automotriz, seis universidades y varias organizaciones de la sociedad civil han sido actores clave en el trabajo de la iniciativa.

El Gobierno de Estados Unidos también participó en el desarrollo de este documento a través de la Embajada de ese país en México, el Departamento de Estado, el Departamento de Transporte y el Departamento de Energía, así como funcionarios del estado de California.



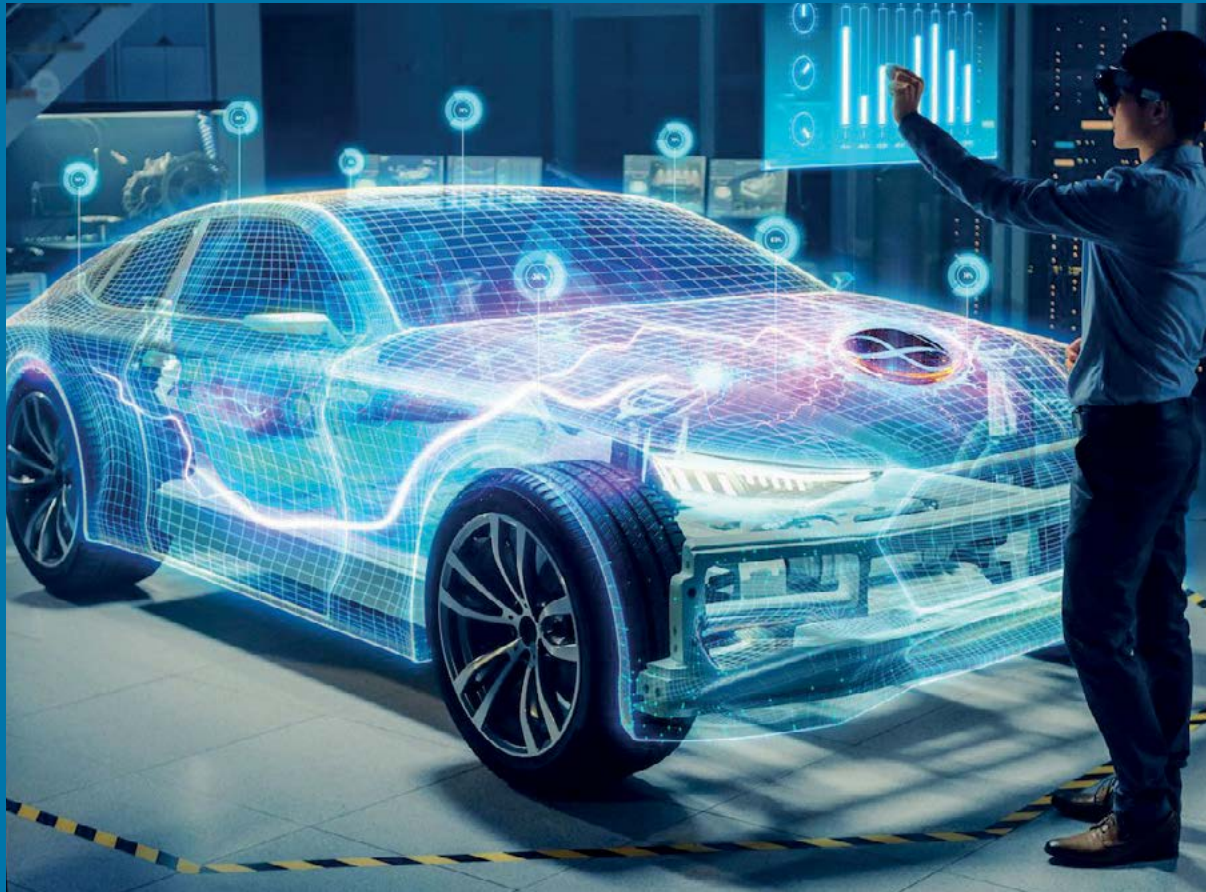
La recopilación de las sesiones de estos grupos de trabajo consta de dos partes: la primera ofrece un diagnóstico de los obstáculos y retos que presenta esta transición a nivel nacional. Mientras tanto, la segunda parte proporciona recomendaciones basadas en el análisis realizado en la primera fase.

Los resultados del proyecto se han dado a través de un diálogo abierto y seguro con los actores previamente mencionados. Para lograr la identificación de retos y oportunidades, el proyecto se ha guiado por diferentes sesiones de trabajo bajo cinco ejes temáticos, los cuales están plasmados en los capítulos de este documento: 1. Capital humano, 2. Innovación, 3. Desarrollo de proveedores, 4. Infraestructura y 5. Gobernanza.

Finalmente, a modo de conclusión, el documento ofrece una sección denominada “áreas de oportunidad”, la cual ofrece al lector una reflexión sobre los retos y brechas a las que se enfrentó este proyecto con el fin de avanzar sus hallazgos y mejorar su análisis en el tiempo.

El trabajo de la SRE está enfocado en lograr resultados que detonen el bienestar económico y social de México. Este documento sienta las bases, arroja las preguntas necesarias e impulsa el análisis crítico que se tiene que hacer la industria, el gobierno y la academia para replantear el futuro económico y productivo a nivel mundial. El país tiene todas las herramientas para demostrar una vez más su liderazgo en esta industria, y a su vez, responder a la demanda social por un mundo más justo y sustentable, así como a la complejidad de retos que nos presenta la era tecnológica. Avancemos.

La Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) de México, desde sus atribuciones de promoción económica y atracción de inversión, entiende que el país necesita acelerar la transición hacia la fabricación de autos eléctricos y así mantener un sector que se mantenga en crecimiento sostenido.



Inno- vación

Introducción

La innovación tecnológica siempre ha sido pieza clave en la evolución de la industria automotriz. Desde su inicio, la producción de vehículos transformó la industria manufacturera con avances tecnológicos, tales como el desarrollo de nuevos materiales y diseños, al igual que nuevas formas de gestión, como la línea de producción. A lo largo de décadas, la innovación en la industria automotriz ha permitido diseñar vehículos cada vez más seguros, rápidos, eficientes y menos contaminantes. En el contexto actual, la exigencia de la transición hacia la electromovilidad presenta una serie de desafíos que tienen, una vez más, el potencial de detonar la capacidad de innovación del sector.

A su vez, más allá de su aportación en la industria, la innovación en sí misma se considera esencial para alcanzar el desarrollo de nuestra sociedad, así como para sostener el crecimiento económico en un mundo de recursos limitados (Freeman, 1992). En ese sentido, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS) plasman esta meta en el Objetivo 9; “Industria, innovación e infraestructura”:

Meta 9.b. Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación en los países en desarrollo, garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos.

Se tiende a pensar en innovación en sentidos tecnológicos específicos y, en el caso de vehículos eléctricos, se relaciona con conceptos como la inteligencia artificial, la robótica y con tecnologías de vanguardia en general que expanden las fronteras de las capacidades industriales. Sin embargo, la innovación también puede ser entendida como el proceso de adopción y puesta al día con los avances tecnológicos desarrollados en otros países a través de la transferencia tecnológica, así como de la inversión productiva en el país y de la aplicación de las tecnologías importadas. Estas formas de innovación son relevantes más allá del producto específico en el que se emplean, ya que tienen la capacidad de desarrollar aplicaciones en otras industrias y en derivaciones tecnológicas novedosas.

\$4.5 MIL MILLONES

**de dolares en inversión privada
para vehículos autónomos en 2020**

La interrelación de diversos factores son clave para fomentar el desarrollo de la innovación, tales como el capital humano capacitado, la regulación que promueva ambientes de emprendedurismo, la infraestructura idónea para fortalecer las cadenas de valor y los sistemas financieros. En este sentido, el eje temático de innovación elaborado en este apartado hace referencia y se interrelaciona con los distintos ejes temáticos establecidos en el proyecto.

En este capítulo se analizan distintas áreas identificadas a partir de una investigación primaria con participantes de la industria, gobierno y academia, la cual se complementa con investigación secundaria, con lo que se obtiene como resultado un diagnóstico de los principales obstáculos y soluciones en esta materia. Lo anterior, derivó en la construcción de recomendaciones o primeros pasos en materia de innovación para el desarrollo de la industria automotriz eléctrica en México.

DIAGNÓSTICO

Con el objetivo de entender las problemáticas más importantes que enfrenta esta industria en la transición a la electromovilidad, en esta sección se analizan los obstáculos identificados para promover la innovación en la producción de vehículos eléctricos en México. Esto se hace en relación con las nuevas formas de producción y las capacidades necesarias para llevarlas a cabo, así como al desarrollo y la adopción de tecnologías emergentes.

Estos obstáculos se categorizaron en tres subejos temáticos, los cuales agrupan a su vez una serie de retos identificados que reflejan las principales discusiones en materia de innovación de vehículos eléctricos alrededor del mundo, que son: 1) innovación y desarrollo en el sector automotriz eléctrico; 2) innovación en economías circulares, reciclaje y disposición de baterías, y 3) innovación y recursos humanos especializados.



1. Innovación y desarrollo en el sector automotriz eléctrico

Año con año, alrededor del mundo se observan importantes avances tecnológicos en la fabricación de vehículos limpios, particularmente en los eléctricos, con una notable evolución en la tecnología de sus baterías. Los automóviles eléctricos tienen cada vez más componentes digitales y funcionalidades

de interconexión que los hacen más seguros e inteligentes, lo que les permite a las empresas mejorar sus servicios constantemente. En cuanto a las baterías, se observan mejoras constantes en su velocidad de carga, capacidad y reducción de peso, resultado tanto de tecnologías consolidadas, como es el caso de las baterías de iones de litio, así como de tecnologías emergentes, lo cual refleja la rápida y constante innovación en materia de almacenamiento de energía y sus aplicaciones en la movilidad.

Por ello, el sector de la electromovilidad utiliza, invierte y contribuye a desarrollar las principales tecnologías de vanguardia. En inteligencia artificial, por ejemplo, en 2020, los vehículos autónomos fueron la segunda área con mayor inversión privada (después de ciertos medicamentos), a la cual se le destinaron 4.5 mil millones de dólares (Stanford University Human Centered Artificial Intelligence, 2021).

La innovación se observa no solo en la tecnología de los autos eléctricos como una alternativa viable para la movilidad, sino también en la forma en que estos se producen. Para entender los retos en materia de innovación en la industria para la fabricación de autos eléctricos, los participantes del grupo de trabajo explicaron las similitudes y diferencias con la fabricación de vehículos de combustión interna. En este sentido, señalaron que las etapas de fabricación de automóviles eléctricos —al igual que para autos de combustión interna— se pueden conceptualizar en cuatro fases: estampado, soldado, pintado y ensamblado. De acuerdo con los participantes, en las primeras tres etapas, la intervención humana directa es mínima, pues se trata de producción altamente robotizada y automatizada. Es precisamente en la última etapa —en el ensamblado— donde se encuentran las mayores diferencias en la producción. Los vehículos eléctricos están conformados por muchas menos piezas a ensamblar, por lo que necesitan un menor grado de participación de trabajadores en su producción.

Asimismo, los participantes señalaron que, en la fabricación moderna de automóviles, las piezas están diseñadas para ser modulares, y generalmente todo se fabrica bajo las modalidades *just-in-time*¹ y *just-in-sequence*.²

¹ Se refiere a la estrategia de entrega de piezas o materiales a los fabricantes en el momento o cerca del momento en que se necesitan para el montaje.

² Se refiere a la estrategia que garantiza que las piezas se entreguen a la hora programada y en el orden exacto necesario para el montaje.



Puntualizaron que la producción de vehículos en México ya está adaptada en gran medida a estas condiciones, pues compite a nivel mundial en materia de manufacturas avanzadas en el sector automotriz. La industria 4.0 —también conocida como la “cuarta Revolución Industrial”— está caracterizada por la automatización e intercambio de datos, por lo que en este sentido ya es una realidad de este sector. No obstante, precisaron que no todas las plantas tienen el mismo nivel de automatización, particularmente en plantas de empresas más pequeñas, en las que este nivel generalmente es menor. La automatización involucra desde la logística, los métodos de fabricación robotizada y el diseño modular hasta la integración de la información de la planta.

Este nuevo tipo de producción requiere cada vez más de la adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0, particularmente en materia de digitalización y la implementación de la red 5G (ver capítulo de Infraestructura). Lo anterior, no es sólo para optimizar todo el proceso de manufactura, así como para mejorar la trazabilidad del automóvil en toda su cadena de producción para garantizar y monitorear la calidad del producto a lo largo de esta, sino también con relación a los servicios de venta y posventa de los autos eléctricos.

Respecto a este aspecto, los participantes mencionaron que actualmente los procesos productivos en fábricas requieren enfrentar la creciente demanda global y la competencia de manera más eficiente, por lo que no adoptar estas tecnologías en México hace al país menos competitivo en el escenario internacional. A su vez, señalaron que esto representará un obstáculo en el mediano y largo plazo, ya que cada vez será más difícil cumplir con los requisitos y estándares tecnológicos que requerirán las armadoras Tier 1 de la industria. Las empresas Tier 1 son el eslabón en una cadena de suministro que provee componentes directamente a los OEM (*original equipment manufacturers*, o fabricantes de equipos originales en español).

Por otra parte, los participantes destacaron la falta de infraestructura e inversión en laboratorios y pistas de prueba que permiten probar y avalar la tecnología e innovación desarrollada en México, por ejemplo, el *software* embebido para componentes de vehículos eléctricos.

En este sentido, y a modo de resumen, los participantes consideraron que el obstáculo principal para el desarrollo de la innovación en la planta productiva y en la producción de insumos específicos es la ausencia de un ecosistema de políticas públicas integrales y la falta de infraestructura adecuada para apoyar a la transición de la industria automotriz en todos sus eslabones: Tier 3 (materias primas), Tier 2 (piezas), Tier 1 (componentes) y OEM.



2. Innovación en economías circulares, reciclaje y disposición de baterías

Uno de los temas destacados a lo largo de las sesiones en los diversos ejes temáticos del proyecto, y en particular en materia de innovación, fue la importancia de la economía circular en la vida útil de las baterías, modelo que contempla la reutilización de productos y partes, incluyendo el reciclaje de

componentes y el manejo adecuado de los residuos finales. Los participantes consideraron que actualmente no existen proveedores —o al menos no los suficientes— de este tipo de servicios. En ese sentido, los obstáculos que identificaron fueron la falta de información de empresas que puedan transitar a proveer servicios de economía circular, así como la ausencia de incentivos para promover este tipo de industrias.

Para ello, señalaron la necesidad de acelerar la implementación de una regulación adecuada para el manejo de residuos que proteja al medio ambiente y la salud de las personas. La literatura reciente sobre barreras y soluciones en materia de economías circulares y reciclaje de baterías de vehículos eléctricos coincide con lo identificado por los participantes y señala como principales barreras la falta de estándares de seguridad y políticas públicas, así como los altos costos del reciclaje (Sopha et al., 2022).



3. Innovación y recursos humanos especializados

La creación o adopción de nuevas tecnologías conlleva la necesidad de contar con capacidades humanas acordes. Durante la primera sesión de trabajo en esta área, los participantes coincidieron que, en esta nueva industria, los procesos sustantivos de la producción se basarán en el trabajo de otras profesiones. Estas nuevas especialidades serán diferentes a las profesiones tradicionales de la industria, por lo que otro tipo de áreas —como análisis de datos, telemática, mecatrónica, electrónica, *software*, ciberseguridad, inteligencia artificial, entre otras— cobrarán relevancia.

La mayoría de los entrevistados coincidieron en que la falta de desarrollo de capital humano constituye un obstáculo a la innovación en todos los eslabones productivos, así como en las dimensiones de servicios de esta cambiante industria (ver capítulo de Capital Humano).

Al respecto, los actores de la industria mencionaron la dificultad que representa contratar a personas con dichas capacidades, por lo que argumentaron que es más común desarrollar estas habilidades dentro de sus empresas. Señalaron que, en el caso de empresas medianas y pequeñas, la capacitación se lleva a cabo de forma local a través de consultores, mientras que las grandes empresas prefieren enviar a parte de su personal a capacitarse en el extranjero, con la idea de que, al regresar, estos puedan a su vez capacitar a otros.

Entre los participantes se mencionó que desarrollar estrategias de capacitación a nivel empresa resulta una medida ineficiente, ya que esta estrategia no cuenta con los alcances para generar los recursos humanos necesarios a nivel industria en una región. En segundo lugar, describieron como un obstáculo que, aun en el caso de desarrollar tales capacidades en la empresa y en el país, al ser capacidades altamente demandadas, las empresas normalmente enfrentan la “fuga de talentos” hacia otras compañías e incluso hacia otros países.



RECOMENDACIONES PARA LA INNOVACIÓN

En la siguiente sección se presentan una serie de recomendaciones, generales y específicas, las cuales fueron desarrolladas a partir de las aportaciones hechas en la segunda sesión bajo este eje temático del proyecto con participantes de gobierno, industria, y academia de México y Estados Unidos, en respuesta a los obstáculos y retos identificados previamente en materia de innovación.

I. RECOMENDACIONES GENERALES EN POLÍTICA DE INNOVACIÓN

Recomendación 1: Celebrar foros parlamentarios para la expedición de Ley General de Ciencia, Tecnología, e Innovación, así como otras reformas necesarias para el fomento de la innovación en México

Entre las recomendaciones generales para atender a los obstáculos antes mencionados los participantes destacaron la necesidad de hacer una revisión sistemática de la normativa vigente con el fin de involucrar a actores clave en la innovación en México. Referente a esto, propusieron llevar a cabo mesas de innovación regulatoria en materia de política de *research and development* (R&D), con la finalidad de identificar las necesidades principales para detonar el desarrollo de la innovación en el país de manera colaborativa entre gobierno, academia e industria.

En este sentido, un foro idóneo para tales mesas de innovación regulatoria sería el Congreso de la Unión. Por ello, la primera recomendación consistiría en que legisladores federales organicen y convoquen a un foro parlamentario a través de la figura del Parlamento Abierto en el que participen los diversos actores relevantes del Gobierno Federal, autoridades de las entidades federativas, distintas industrias en materia de tecnología e innovación (y entre ellas la industria automotriz eléctrica), academia y sociedad civil. Este foro tendrá como principal objetivo desarrollar participativamente una iniciativa de Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como revisar otras normas que impactan en materia de innovación.

La finalidad es construir una agenda amplia en innovación que tome en cuenta la opinión de diferentes actores de la sociedad y alinee intereses para fomentar la investigación y desarrollo en México. Además, a través de este espacio, se buscaría establecer las bases para la implementación de diversas políticas señaladas en este capítulo. Cabe mencionar que resulta relevante hacer una revisión minuciosa acerca de cómo la regulación de actividades industriales y empresariales crea o no incentivos para la innovación en México, pues existe evidencia de cómo ciertos estándares regulatorios afectan a la innovación (Aghion et al., 2021).

A partir de la reforma constitucional publicada en el *DOF* el 15 de mayo de 2019, en el artículo 73 fracción XXIX-F, se dotó al Congreso de la Unión de la competencia para legislar en materia de ciencia, tecnología e innovación, para establecer las bases generales para la coordinación con los estados y municipios, así como la participación de sectores social y privado para la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación.

XXIX-F. *Para expedir leyes tendientes a la promoción de la inversión mexicana, la regulación de la inversión extranjera, la transferencia de tecnología y la generación, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos que requiere el desarrollo nacional. Asimismo, para legislar en materia de ciencia, tecnología e innovación, estableciendo bases generales de coordinación entre la Federación, las entidades federativas, los Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, en el ámbito de sus respectivas competencias, así como la participación de los sectores social y privado, con el objeto de consolidar el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.*

Si bien la actual Ley Federal de Ciencia y Tecnología ha sido reformada en un par de ocasiones desde la reforma constitucional de 2019 y ha recogido algunos elementos relevantes, la ley actual es limitativa en las formas de coordinación y la participación que pueden tener las entidades y los municipios, a partir sólo de convenios. Sin embargo, siguiendo el texto constitucional, se podrían establecer bases de coordinación entre las entidades federativas, municipios y las demarcaciones de Ciudad de México que sean más amplias y dinámicas para implementar políticas de innovación en todos los órdenes de gobierno y de manera coordinada.

También existe la oportunidad de adoptar mejores prácticas para el fomento de la innovación y el desarrollo; por ejemplo, con el otorgamiento de incentivos fiscales y/o no fiscales específicos al desarrollo de innovación.



Así se puede incentivar la promoción de programas de migración especializada y la inversión en capacitación en *STEMS* (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés), así como facilitar el financiamiento a la investigación y desarrollo en este ámbito.³ Por último, en esta ley, u otras que se revisen, se podrán plasmar a nivel legislativo algunas de las recomendaciones que se hacen más adelante en este capítulo.

RECOMENDACIÓN 1

Celebrar foros parlamentarios para la expedición de Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como otras reformas necesarias para el fomento de la innovación en México.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Congreso de la Unión, Gobierno Federal, autoridades estatales y municipales, industria, academia, sociedad civil.

³ Ver por ejemplo Bloom et al., 2019.

Recomendación 2: Mesas de trabajo para el desarrollo de centros tecnológicos sectoriales para la innovación, así como el desarrollo del sector automotriz eléctrico

En las sesiones del grupo de trabajo en materia de innovación se planteó la necesidad de diseñar y desarrollar uno o más *hubs* tecnológicos en el país (tanto para la industria de vehículos eléctricos como para la industria en general). A partir de las ideas expresadas en estas sesiones relativas a las características que podría tener un *hub* tecnológico, los participantes del grupo de trabajo identificaron un instrumento que la literatura y organizaciones internacionales denominan como Centros Tecnológicos o Centros Tecnológicos Sectoriales (CT o CTS). En este sentido, los CTS pueden verse como el mecanismo para lograr el desarrollo de un *hub*, mismo cuya definición conceptual es la aglomeración de empresas de tecnología. Expertos del BID nos compartieron que:

Según la OCDE (2013), los dos argumentos que justifican los CT son: (a) Generación de conocimiento que se considera bien público, corrigiendo las fallas de mercado relacionadas con la baja apropiabilidad privada del conocimiento generado. (b) La atención de fallas sistémicas que afectan el desarrollo de interacciones entre instituciones y agentes privados involucradas en I+D y la innovación (Crespi, s.f).

Este tipo de centros pueden tener una diversidad de características y formas de intervención, tanto pública como privada, pero en general cumplen con las siguientes tres funciones básicas: i) generación de conocimiento específico del sector, ii) aceleración de la difusión de tecnología y iii) fortalecimiento de la coordinación entre la oferta y la demanda (Crespi, s.f.).

Adicionalmente, la finalidad de los *hubs* es ver cómo concentrar esfuerzos enfocados al desarrollo tecnológico no solo para acelerar este mismo, sino también para fomentar la cooperación y la creación conjunta entre diferentes sectores. En general, los *hubs* de innovación pueden ser conceptualizados como espacios donde se reducen las barreras para la co-creación de soluciones y donde se fomenta la colaboración y la creatividad (Toivonen et al., 2015). Los *hubs* de innovación pueden ser también espacios para la experiencia participativa en el desarrollo de habilidades tecnológicas y alfabetismo digital (Gathege et al., 2013, citados en Sambuli et al., 2017). Los actores del proyecto señalaron que contar con instituciones y espacios para el desarrollo de capital humano —a través de la capacitación en esquemas en el que participen las industrias, la academia y el gobierno— podría incluirse como componente potencial en un *hub* de esta naturaleza.

Los *hubs* de innovación tecnológica pueden incluir desde incubadoras y aceleradoras hasta laboratorios y espacios de trabajo colaborativos (Sambuli et al., 2017). Al respecto, los participantes de la industria señalaron en específico la necesidad de promover la inversión y esquemas para desarrollar la infraestructura de pruebas, tales como pistas y laboratorios, los cuales podrían imaginarse como parte de un CTS.



Existen diversos ejemplos de *hubs* de innovación para pruebas de vehículos: uno de ellos, mencionado por un participante, es “el poblado autónomo” de Millbrook en Reino Unido, un centro construido para promover el desarrollo de vehículos conectados y autónomos, con la finalidad de brindar apoyo mecánico, integración y desarrollo de *software* para vehículos de transporte privado y público (Millbrook, s.f.).⁴ Millbrook no es el único espacio de pruebas de su tipo, este fue inspirado por las instalaciones de prueba de Milford, Michigan creadas por General Motors en 1924, las primeras en esta índole y la cuales hoy continúan siendo unas de las instalaciones de prueba automotriz más grandes e integrales en la industria (General Motors, s.f.).

Por otra parte, en entrevistas subsecuentes con el BID, especialistas en materia de competitividad, tecnología e innovación compartieron diversos ejemplos de CTS que se han implementado en la región de Latinoamérica. Explicaron que estos modelos sirven para identificar mejores prácticas, tipos de intervenciones y estrategias de colaboración entre gobierno e industria para fomentar la innovación sectorial. Citaron el ejemplo de Colombia, que, aunque corresponde a un sector diverso, ilustra uno de los modelos posibles para crear un CTS: el “Fondo de Fomento Palmero”, el cual opera con recursos fiscales que provienen de un impuesto específico que alimenta un fondo sectorial con cuyos recursos se financian centros nacionales de investigación, los cuales son instituciones de ciencia y tecnología para el mejoramiento genético de la palma y el desarrollo de aceite de palma.⁵

Por otra parte, en Chile a través de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) ha creado una serie de programas para el desarrollo de centros tecnológicos, así como para la atracción de centros internacionales de excelencia, mismos que tienen por objetivo realizar actividades de I+D, promover transferencia tecnológica y comercializar resultados. Estos se implementan con la participación de un socio local que puede ser una universidad, instituto tecnológico o una empresa de base tecnológica.⁶ Hasta ahora el programa ha logrado instalar centros provenientes de Alemania (Gesellschaft), Australia (Csiro), Francia (Inria) y Holanda (Wageningen).⁷ Este es un modelo que también podría ser explorado en México para el fomento de la innovación y la transferencia tecnológica.

Un tercer ejemplo latinoamericano son los EMBRAPII⁸ en Brasil —o empresa brasileña de investigación e innovación industrial, por sus siglas en portugués—, las cuales son empresas públicas que, con cofinanciación de la industria privada, desarrollan centros de excelencia en I+D, que a su vez permiten el desarrollo de competencias técnicas y habilidades en instala-

⁴ Ver IET (2020).

⁵ Ver Fedepalma, s.f.

⁶ Se refiere a empresas que basan su modelo de negocios en el desarrollo y aplicación de nuevos descubrimientos científicos o tecnológicos para la generación de nuevos productos, procesos o servicios.

⁷ Ver ANID, s.f.

⁸ Ver EMBRAPII, s.f.

ciones modernas enfocadas en la promoción de la industria con enfoque tecnológico. Existen 42 unidades EMBRAPII alrededor del territorio brasileño dedicadas a diversas áreas que incluyen tecnologías de la información, materiales químicos, biotecnologías, manufacturas mecánicas y tecnologías aplicadas. Algunas de las actividades desarrolladas por estos centros incluyen el desarrollo de sistemas inteligentes, *software* y sistemas cibernéticos, comunicaciones digitales, sistemas embebidos y sistemas automotrices inteligentes, entre muchos otros. Los EMBRAPII cuentan con un modelo de financiamiento tripartito (EMBRAPII, 2020).

De acuerdo con diversos participantes del proyecto, para lograr el desarrollo de *hubs* de innovación con algunos de los elementos aquí señalados (como espacios de formación de capacidades, con infraestructura especializada para pruebas, laboratorios y otros), se requiere de la participación y el liderazgo del gobierno. Debido a que existen numerosos modelos posibles —así como que el tipo de *hub* a implementar debe responder a las necesidades de los actores relevantes y que se deben alcanzar consensos entre las diversidad de intereses dentro de la propia industria, el sector público, y la academia—, la recomendación que se hace es que se lleven a cabo mesas de trabajo para definir objetivos, intereses y los mecanismos de intervención para implementar CTS o *hubs* en México para el sector automotriz eléctrico.

De esta forma, la recomendación de los participantes consiste en proponer que se lleven a cabo mesas de trabajo entre actores de gobierno, academia e industria para que, de manera conjunta, planteen el desarrollo de CTS o *hubs* de innovación para vehículos eléctricos. Entre los puntos centrales en el diseño de este tipo de espacios destaca la importancia de asegurar la gobernabilidad de los centros tecnológicos mediante la representación significativa del sector privado y mecanismos de cofinanciamiento privado que además garanticen permanencia y sustentabilidad en el tiempo (Crespi, s.f.).

RECOMENDACIÓN 2

Mesas de trabajo entre gobierno, industria y academia; Industria para el desarrollo de Centros Tecnológicos Sectoriales para la industria automotriz eléctrica.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Economía, Banco Interamericano de Desarrollo, industria, academia.

II. RECOMENDACIONES EN MATERIA DE ECONOMÍAS CIRCULARES, RECICLAJE, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE BATERÍAS

La importancia de esta normativa para la industria de vehículos eléctricos es anticipar y evitar a futuro potenciales problemas medioambientales derivados del final de la vida útil y reciclado de baterías. Para lograr esto, se necesita generar una política integral con protocolos sobre reciclaje, transporte, manejo y disposición de materiales contaminantes peligrosos contenidos en las baterías. Además, se necesita establecer obligaciones y responsabilidades, para que industria, usuarios y autoridades en conjunto contribuyan a mitigar riesgos y generar oportunidades de negocio novedosas.

Existen diversas estrategias clave a considerar como parte de la revisión general de la normativa para economías circulares, a través de la cual se pueden instrumentar estrategias simultáneas para este propósito, incluyendo el fomento de modelos de negocio innovadores, incentivos económicos, estándares para baterías de vehículos eléctricos, responsabilidades ambientales y certificaciones.⁹

Recomendación 3: Revisión de normas y programas de manejo adecuado y disposición de baterías de vehículos eléctricos

Esta recomendación se refiere al desarrollo de un diagnóstico de la regulación existente que impacta en las economías circulares de baterías, su reciclaje y disposición adecuada, a partir de lo cual se podrán hacer reformas específicas que aseguren el mejor manejo e inocuidad de los desechos. Entre la regulación que debe revisarse se encuentran las normas y planes de gestión integral de residuos, entre otra normatividad aplicable.

En las sesiones de soluciones de este proyecto se hicieron una serie de propuestas concretas para anticipar y abordar de forma oportuna los retos que plantean el uso y disposición de baterías eléctricas, considerando que entre las principales barreras normalmente se encuentran las políticas públicas ineficientes, la falta de estándares de seguridad y los altos costos de reciclaje (Sopha et al., 2022).

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), a la Federación le corresponde formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos, así como elaborar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR) y el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial (PNPGIRME), con base en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR) (SEMARNAT, 2020).

Como instrumentos de la Política de Prevención y Gestión Integral de Residuos, dichos programas se basan primordialmente en la información contenida en un diagnóstico básico, en donde se identifica la generación y el manejo

⁹ Ver Sopha et al., 2022.

de los residuos, la infraestructura existente, así como las necesidades y la problemática asociadas a todo el sistema de manejo integral de residuos. Los programas especiales—PNPGIR y PNPGIRME— establecen la política nacional de residuos mediante objetivos, estrategias y metas para prevenir la generación y mejorar la gestión de estos, así como las acciones, proyectos y medios de financiamiento, encaminados a conducir la acción del gobierno en esta materia.

A partir de estos instrumentos de política, los estados y municipios pueden conocer la situación actual que guarda la generación y el manejo de los residuos en su territorio, así como planear las acciones de su competencia bajo un enfoque integral que permita una transición orientada hacia la sustentabilidad en materia de residuos. Conforme al artículo 26 de la LGPGIR, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias y en coordinación con la Federación, deben elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con la LGPGIR, con el DBGIR y demás disposiciones aplicables.

Recomendación 4: Reforma a la NOM-052-SEMARNAT-205 en materia de residuos peligrosos

Ahora bien, mientras que la LGPGI define y categoriza de forma general los tipos de residuos y les asigna tratamientos diferenciados, la calificación en concreto de los tipos de residuos se delega a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que en este caso emite la SEMARNAT. En este sentido, la recomendación prioritaria identificada por los participantes de los grupos de trabajo consiste en reformar la norma en la que se contemplan los residuos de baterías, esto es la NOM-052-SEMARNAT-205, en donde actualmente las baterías de iones de litio están asignadas bajo la categoría de residuos de “manejo especial”. En este sentido, los participantes de los grupos de trabajo proponen cambiar dicha categoría para darle un tratamiento a este tipo de baterías como “residuos peligrosos”.

Resulta relevante actualizar esta clasificación en la regulación para diversos efectos, que incluyen su transporte, condiciones de seguridad en el lugar de trabajo, almacenamiento, protección al consumidor y al medio ambiente, así como para un mejor y más eficiente reciclaje. Darles a las baterías el tratamiento de “residuos peligrosos” encuentra sustento tanto en fuentes académicas y en la práctica de industria de manejo de residuos¹⁰ como en la regulación internacional y la experiencia comparada de otros países, donde los residuos de baterías de litio se consideran peligrosos y se establecen obligaciones concretas para su manejo, reciclaje y disposición.

A nivel internacional, por ejemplo, las *Recomendaciones para el Transporte de Bienes Peligrosos* de la ONU (2019) clasifican a las baterías de litio y sus residuos como “Clase 9”, la cual corresponde a sustancias y artículos misceláneos

¹⁰ Ver por ejemplo DSV, s.f.

peligrosos, incluyendo sustancias nocivas para el medio ambiente, en la que se les asignan nomenclaturas específicas a diversos tipos de componentes de baterías de litio para su tratamiento específico:

(UN 3090 — Baterías metálicas de litio (incluyendo baterías de aleaciones de litio), UN 3091 — baterías de litio contenidas en equipos, o baterías metálicas de litio empacadas con equipo (incluyendo baterías de aleaciones de litio), UN 3480 — baterías de iones de litio (incluyendo baterías de polímeros de iones de litio), UN 3481 — baterías de iones de litio contenidas en equipos, o empacadas en equipos (incluyendo baterías de polímeros de iones de litio), UN 3536 — baterías de litio instaladas en unidades de transporte de carga) (ONU, 2011).

En la experiencia comparada, la norma no. 1935 del Reino Unido establece obligaciones de recolección y reciclaje de baterías y acumuladores para prevenir que estos terminen incinerados o en tiraderos de basura. Igualmente, restringe determinadas sustancias utilizadas en baterías y acumuladores, por lo que establece responsabilidades generales y ambientales para los productores de baterías con la finalidad de que faciliten su reutilización, su reciclaje y la recuperación de materiales al final de la vida útil (Reino Unido, 2015).

En resumen, la recomendación consiste en revisar y actualizar la normativa relativa al tratamiento para disposición de baterías, de conformidad con las mejores prácticas internacionales, comenzando por reformar la NOM-052-SEMARNAT-205 vigente que califica diversas baterías incluidas las de iones de litio como “residuos de manejo especial”, a diferencia de las mejores prácticas internacionales, las cuales les dan un tratamiento de “residuo peligroso”.

Recomendación 5: Certificación y directorio de empresas de reciclaje, manejo y disposición

Por otra parte, durante la sesión de recomendaciones se planteó la necesidad de crear directorios de empresas certificadas dedicadas a la recolección y tratamiento de baterías de litio. Si bien SEMARNAT¹¹ ya cuenta actualmente con directorios de empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos, como se señaló anteriormente, las baterías de litio actualmente no son consideradas por la normativa como residuo peligroso, por lo que estos directorios no incluyen específicamente a las compañías que manejan este tipo de residuos.

Con la recalificación de las baterías como “residuos peligrosos”, una de las consecuencias será la necesidad de contar con dicha certificación, como parte del plan de manejo específico para baterías de vehículos eléctricos que incluya obligaciones para las empresas del sector, así como un directorio y una certificación de empresas que manejan baterías de vehículos eléctricos.

¹¹ Ver SEMARNAT, 2022.



En conclusión, el apartado recomienda a la SEMARNAT que, en el marco de sus competencias, desarrolle un plan de manejo específico para baterías de vehículos eléctricos (de iones de litio) en el que estas se categoricen como residuos peligrosos. Asimismo, fue sugerido por los participantes que este plan determine obligaciones e incluya un directorio y certificación de empresas que utilizan baterías para este tipo de autos. Lo anterior es de suma importancia debido al incremento que habrá en estos residuos, así como el tamaño y peso de las baterías.

RECOMENDACIÓN 3

Revisión de normas y programas de manejo adecuado de residuos, así como el diseño e implementación de planes para el manejo, reciclaje y disposición de baterías de iones de litio de vehículos eléctricos.

RECOMENDACIÓN 4

Reforma a la NOM-052-SEMARNAT-2005 en materia de calificación de residuos provenientes de baterías de litio.

RECOMENDACIÓN 5

Directorios y certificación de empresas autorizadas para el manejo, reciclaje y disposición de baterías de vehículos eléctricos de iones de litio.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores, Congreso de la Unión, SEMARNAT, academia, industria.

III. CAPITAL HUMANO E INNOVACIÓN

Finalmente, se señaló como un obstáculo a la innovación en México en materia de vehículos eléctricos, la falta de capital humano en ciertas disciplinas conocidas como *STEM* (siglas en inglés que refieren a ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) y de habilidades específicas como lenguajes

de programación, robótica y análisis de datos. Sin perjuicio de tratar en el siguiente capítulo con mayor detalle las necesidades de la industria en su conjunto y soluciones en materia de capital humano, este apartado se enfoca de manera específica en lo que refiere a innovación.

Recomendación 6: Mapeo de necesidades en materia de recursos humanos para la transición hacia la electromovilidad

Los participantes en las sesiones de identificación de obstáculos señalaron la necesidad de contar con programas de actualización de currículas y programas de desarrollo al igual que actualización o mejoramiento de habilidades tecnológicas en los profesionistas de la industria automotriz para la transición a la fabricación de autos eléctricos y servicios asociados a esta industria. Para ello, se propuso como primer paso identificar y aportar desde sus empresas y cámaras las necesidades de capital humano para la innovación con la finalidad de que estas puedan servir de insumo a las universidades y centros de capacitación para el desarrollo de currículas que respondan a la demanda de la industria automotriz eléctrica.

Recomendación 7: Plataforma digital para la Identificación de necesidades en materia de Capital Humano, actualización de Currículas universitarias y Programas de Capacitación Continua

Un segundo paso, discutido también en las sesiones, fue el de crear una plataforma digital que permita a las industrias, cámaras y empresas aportar la identificación de capacidades necesarias para sus sectores como insumo a modo de que las universidades y los centros de capacitación tengan conocimiento actualizado de las necesidades de la industria y puedan adaptar sus currículas para ofrecer una formación profesional que sea acorde a las necesidades del mercado laboral. Además, se planteó que, a través de este tipo de plataforma, se pueden organizar e impartir cursos y capacitaciones relevantes para la industria, al mismo tiempo que ésta constituya una bolsa de trabajo que sirva tanto a profesionistas como empresas.

Para ello se refirió como ejemplo a los programas con los que la Unión Europea cuenta para el desarrollo de capacidades. Uno de ellos se enfoca en el desarrollo de capacidades de *software* denominado Alianza Europea de Habilidades de Software o *European Software Skills Alliance* (ESSA). Por otra parte, en la Unión Europea también existe otro programa y plataforma enfocado en desarrollo de habilidades emergentes en manufacturas avanzadas llamado *Skillman* o *Sector Skills Alliance Project*.

La ESSA recibe financiamiento del programa Erasmus de la Unión Europea al igual que de veintiséis socios de la industria y la academia. Su objetivo es impartir capacitación, actualizar o ampliar la misma a los trabajadores con la finalidad de abordar las necesidades futuras de la sociedad (Essa, s.f.). La ESSA, por ejemplo, cuenta con un proyecto para desarrollar

una estrategia europea para la capacitación en materia de *software* y diseñar una currícula de Educación Vocacional y Capacitación (abreviado en inglés VET por *Vocational Education and Training*).

Por otra parte, *Skillman* es un proyecto lanzado en 2014 por una red de proveedores de educación vocacional y capacitación de VET, la industria aeronáutica y automotriz, centros de investigación y otras organizaciones de diversos países. El proyecto comenzó a recibir apoyo de la Comisión Europea en 2015 para actividades de educación y capacitación, con lo que se convirtió en la red multilateral más grande de la región en este campo. *Skillman* combina conocimiento de las necesidades requeridas y el tipo de entrenamiento necesario a partir de la organización y sistematización de un sistema de información relacionado con el sector (*Skillman*, s.f.).

Al respecto, la recomendación para México es que, con base en los ejemplos de la Unión Europea y otros (ver capítulo de Capital Humano), se desarrolle una plataforma en conjunto entre industria, academia y gobierno, en donde las empresas puedan señalar sus necesidades de capital humano y, con esta información, colaboren con las instituciones de educación superior y técnica del país para actualizar las currículas académicas. Asimismo, puede servir como una plataforma de reclutamiento de trabajadores y fungir como un espacio para impartir diversas formas de capacitación y certificación. Durante las sesiones de innovación del proyecto, por parte de la Universidad de California se planteó que esta institución tiene disposición y capacidad para apoyar a universidades mexicanas y poner en marcha estas medidas. Si bien este tipo de plataforma puede contar con recursos públicos, se considera que la industria debe jugar un rol preponderante en financiar mecanismos para el desarrollo de capital humano a través de este tipo de iniciativas en instituciones educativas mexicanas.

Por último, cabe plantear la posibilidad de que este tipo de plataformas y esquemas de colaboración entre industria y universidades mexicanas e internacionales tenga como base los *hubs* de innovación tecnológicos abordados anteriormente. [A](#)

RECOMENDACIÓN 6

Mapeo de necesidades en materia de recursos humanos para la transición a la electromovilidad que sirva de insumo para la actualización de currículas universitarias y capacitación técnica en México.

RECOMENDACIÓN 7

Desarrollo de una plataforma digital para la identificación de necesidades en materia de capital humano, actualización de currículas universitarias y programas de capacitación continua y reclutamiento.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Economía, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Educación Pública, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, industria, academia nacional, Universidad de California.



Capital Humano

Introducción

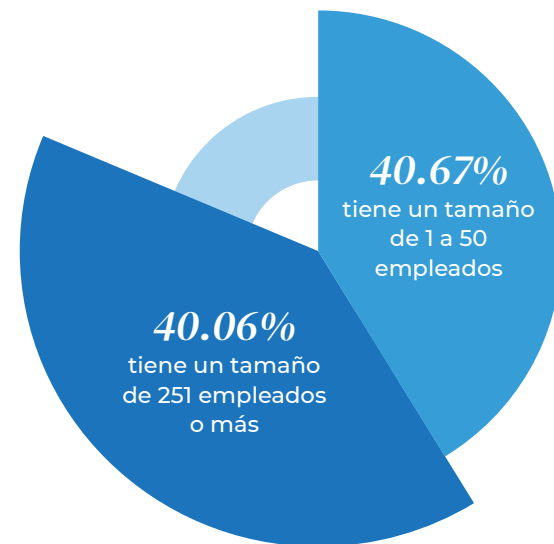
El capital humano es el factor fundamental de toda industria: son las y los trabajadores quienes en cada etapa de los procesos hacen posible la producción. Es por ello que su rol es fundamental en la transición hacia la electromovilidad.

El presente documento tiene un enfoque de transición industrial, por lo que utiliza principalmente el concepto *capital humano* como factor de la producción (aunque utilizará conceptos, como el de *recursos humanos*, que tiene un enfoque administrativo, u otros como *oferta laboral*) para referirse al conjunto de personas que cuentan con habilidades y conocimientos necesarios para el desenvolvimiento del sector y no solo aquellas empleadas o capacitadas específicamente para este.

Es necesaria una redefinición del papel del capital humano para adaptarlo a las grandes tendencias en el sector manufacturero de la automatización de procesos y la implementación de avances tecnológicos en la producción. Lo anterior es importante para poder aumentar el nivel de la capacitación del personal y así operar y dar mantenimiento a maquinaria digitalizada e interpretar los resultados de los sistemas de información. De esta forma se podrá hacer frente a los grandes desafíos que una industria cada vez más global e integrada plantea a las cadenas de valor internacionales, a los requerimientos de innovación tecnológica y de aumento de la productividad y entonces contar con la flexibilidad para adaptarse a nuevos patrones de consumo y regulaciones.

En México, la industria automotriz y de autopartes emplea a aproximadamente a 824 mil personas (INEGI, 2018) y ha seguido una tendencia a la alza prácticamente ininterrumpida desde la apertura al libre comercio con Norteamérica en 1994. Esto ha permitido aumentar las exportaciones de vehículos terminados e integrar a las cadenas de valor de la región plenamente al sector. El gran impacto de la integración regional del sector automotriz ha llevado a que esta se convierta en una de las industrias manufactureras más dinámicas y exitosas en el país.

de
2,135
UNIDADES
ECONÓMICAS
de fabricación de partes
para vehículos automotores



Es importante destacar que existen elementos que caracterizan la estructura del capital humano de la industria automotriz en México, en la que nueve de cada diez personas ocupadas son obreros (INEGI, 2018). En la actualidad, de las 73 unidades económicas de fabricación de automóviles y camiones registradas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el 38% tiene un tamaño de 1 a 50 empleados, mientras que el 48% tiene un tamaño de 251 empleados o más (INEGI, 2022b). De igual manera, las 2,132 unidades económicas de fabricación de partes para vehículos automotores registradas en el DENUE, el 40.67% tiene un tamaño de 1 a 50 empleados, mientras que el 40.06% tiene un tamaño de 251 empleados o más.

En ambos casos se observa que existe una participación activa de los establecimientos con 50 empleados o menos, con porcentajes comparables a los grandes establecimientos de más de 251 empleados, por lo que en toda estrategia de capital humano implementada se tiene que considerar la diversidad en el tamaño de las unidades económicas, así como la composición actual y requerida para la transición a la electromovilidad. Esto es relevante, pues hay que tener como objetivo favorecer el fortalecimiento de una importante oferta de proveedores de autopartes y unidades económicas de fabricación de automóviles y camiones.

Es claro que hablar acerca del capital humano es un tema toral en la transición hacia la electromovilidad. Por ello, en las siguientes páginas se detalla el diagnóstico sobre este eje temático, mismo que se basa en las opiniones de los expertos del sector público, industria y academia involucrados en el grupo de trabajo, así como derivadas del resultado de entrevistas individuales adicionales y de una investigación complementaria que corrobora la relevancia de los obstáculos analizados.

DIAGNÓSTICO

En esta sección se analizan los obstáculos identificados en este eje temático, con el objetivo de entender las problemáticas más importantes a las que la industria automotriz eléctrica se enfrenta respecto al personal que integra sus procesos productivos. La metodología utilizada para la identificación de estos obstáculos consistió en el análisis de los resultados de la sesión de capital humano celebrada el 27 de junio de 2022, así como de entrevistas posteriores a representantes de la industria, el sector público y la academia que se realizaron entre el 4 y 8 de julio del mismo año.

Estos obstáculos se categorizaron en cuatro subejos que agrupan una serie de necesidades identificadas, en los que se subraya la importancia de aspectos específicos de cada uno: 1) oferta laboral especializada; 2) condiciones laborales e inclusión en la industria; 3) colaboración internacional, y 4) políticas públicas, gobernanza y legislación.



1. Oferta laboral especializada

Como resultado de ese análisis, se identificó la necesidad de un mayor número y disponibilidad de personal especializado para la oferta laboral de la industria de la electromovilidad, lo cual implica incidir en tres fuentes de generación de capacidades: 1) una mayor oferta educativa enfocada en disciplinas académicas STEMs: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; 2) carreras técnicas con conocimientos especializados, y 3) actualización de currículas en funciones en la industria.

Uno de los principales retos identificados fue el requerimiento de personal con formación técnica que responda a las necesidades actuales de la industria. Asimismo, otra inquietud percibida fue la necesidad de tener claridad en los perfiles que son requeridos y las competencias para las diferentes posiciones en la industria —tanto en personal técnico como profesional—, debido a estas aún no se terminan de definir ante la transición hacia la electromovilidad y los cambios que esta implica.

Sobre el punto de la capacitación, se destacó que existe oferta de carreras técnicas impartidas en instituciones de educación media superior, como es el caso del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP)



y otras instituciones especializadas. Sin embargo, los participantes de la industria identificaron que los programas educativos están alejados de las necesidades de su sector. Esta es una percepción común dentro del sector académico, mismo que señaló que es necesario revalorizar este tipo de educación y ajustarla a las necesidades del mercado laboral para hacerla más atractiva para las y los estudiantes.

La literatura académica destaca que actualmente los programas impartidos por las instituciones públicas no son una fuente principal de personal capacitado para las empresas mexicanas de autopartes, ya que tienen alcances muy limitados debido al bajo número de personas egresadas y el desfase que existe entre la formación recibida en estas instituciones y las necesidades existentes en el sector industrial. Debido a ello, solo las empresas grandes han aprovechado este personal en empleos especializados, mientras que las empresas pequeñas los contratan para el mantenimiento de maquinaria (Sancak, 2022).

Los requerimientos de personal especializado en todas las fases de la fabricación y el mantenimiento de los vehículos eléctricos se contrastan con las dinámicas identificadas por investigaciones en la industria automotriz, quienes señalan que la tendencia está orientada hacia la demanda de mano de obra menos calificada, con el descenso de salarios que acompaña a este tipo de trabajos (Calderón-Villarreal, 2017), por lo que es muy necesaria la definición de perfiles requeridos para la transición hacia la electromovilidad.

Sobre la formación de personal en disciplinas académicas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), se refirió a la necesidad de una transición acelerada hacia este tipo de profesiones y capacidades. Esto coincide con análisis académicos que han segmentado la nueva cadena de valor de la electromovilidad en procesos que van

desde la transformación de materias primas, manufactura, infraestructura de carga, servicios hasta actividades transversales, mismas que requieren una amplia gama de profesiones de tecnología, ciencia de datos, administración y gestión (Larios, 2022).

Por su parte, se señaló que la permanencia del personal actual de esta industria es necesaria ante un nuevo requerimiento de ocupaciones, por lo que los participantes del grupo de trabajo sugirieron crear una estrategia para reorientar los perfiles de este personal y así aminorar el impacto de la transición en la ocupación laboral. En los estudios consultados, se proyecta que —aunque no se cuente con previsiones cuantitativas exactas— los empleos creados en la cadena de valor en la demanda laboral en la industria de la electromovilidad en Europa serán muchos más que los que se pierdan en la manufactura automotriz de combustión interna, incluso en los peores escenarios (The European Association of Electrical Contractors, 2019). Sin embargo, aunque se proyecta una gran necesidad de personal en esta nueva etapa, no termina de aclararse el porcentaje de empleados actuales que puedan transicionar a la nueva estructura laboral sin apoyo de programas oficiales de capacitación para la reorientación laboral.



2. Condiciones laborales e inclusión en la industria

Como resultado de la sesión de trabajo y entrevistas subsecuentes, se señaló la necesidad de mejorar las condiciones laborales con medidas tales como: aumentar la flexibilidad laboral; disminuir la rotación de personal; desarrollar competencias, principalmente mediante la capacitación; la inclusión de/con perspectiva de género; desarrollar la infraestructura urbana y los servicios como parte de la mejora de las condiciones laborales.

En cuanto a las condiciones de trabajo en la industria automotriz, se identificó que el personal tiene una alta dependencia de su empleador tanto para el desarrollo de habilidades como para el empleo. Dentro de los factores que exacerban la dependencia de los empleados a los empleadores se incluyen las ubicaciones remotas de las plantas, la falta de oportunidades y alternativas para insertarse en el mercado laboral, la inaccesibilidad y el precio de los servicios de transporte en y entre las áreas en las que se encuentran las plantas y aquellas otras en las que los operadores residen. Estas condiciones, junto con sindicatos débiles dentro de las empresas, restringen el poder de negociación de los operadores en la industria, lo que impacta en los sueldos sustancialmente bajos en el sector (Sancak, 2022).

Asimismo, se observó que dentro de este subejeto, uno de los obstáculos más mencionados durante la primera sesión del grupo de trabajo fue la necesidad de desarrollar competencias y capacitación. A su vez, se presentó la necesidad de mejorar los sueldos de los trabajadores, así como las condiciones de trabajo en general en la industria automotriz mexicana, en particular en el contexto de la vinculación industrial en la región y el T-MEC que establece regulaciones en esta materia laboral.

Otro de los retos que se identificó en la práctica es que, si bien las estrategias de capacitación van de acuerdo con el régimen legal establecido por la Ley Federal del Trabajo (LFT), se ha manifestado en investigaciones que una práctica común es la utilización del periodo de prueba por hasta 180 días que prevé el artículo 39-A de la LFT. Esto reduce los costos para nuevas contrataciones, pues le permite a la empresa conocer a los empleados antes de ofrecerles una posición permanente y la posibilidad de poner fin a la relación laboral sin tener que seguir un costoso proceso de despido. Además, ofrece la oportunidad de darles una capacitación muy básica a muy bajo costo, lo cual implica que no cuenten con los derechos de un trabajador permanente durante en este periodo, incluyendo un salario menor y la posibilidad de despido sin compensación.

Por otro lado, en las sesiones se destacó la baja participación mujeres en el sector automotriz en México, como demuestra el Censo Económico *Los hombres y las mujeres en las actividades económicas* (INEGI, 2019), en el cual señala que, en el subsector “Fabricación de equipo de transporte”, los hombres representan el 63.5% del personal ocupado, mientras que las mujeres el 36.6%. A su vez, en el subsector “Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes”, el mismo censo determinó que el 72.3% de las personas ocupadas en este subsector eran hombres y solo el 27.7% mujeres.

A nivel global se han hecho estudios (Deloitte, 2022b) para conocer las causas de esta baja participación, así como las principales razones por las cuales a las mujeres les resulta poco atractivo desarrollarse en este ramo, destacando las siguientes: falta de diversidad e inclusión (64%); falta de equilibrio entre su vida personal y el trabajo (53%), y horario poco flexible (43%). Estos motivos coinciden con las inquietudes manifestadas en la primera sesión, pues representan obstáculos para incrementar la inclusión de/con perspectiva de género en el sector.

Respecto a la presencia de mujeres en puestos directivos en el sector a nivel global, de acuerdo con datos de la firma *Catalyst*, en 2018 solo había 16 mujeres (8%) en los equipos “top” de las 20 principales empresas del sector automotriz listadas en *Fortune Global 500*, lo que representa apenas un incremento del 1% respecto a las 14 mujeres que se incluyeron en 2014 en la misma lista (Deloitte, 2022b).



Respecto a la formación de capital humano regional especializado, el sector académico y la iniciativa privada plantearon que es necesario desarrollar programas binacionales en los que participen ambos sectores de México y Estados Unidos para orientarse hacia la formación de personal en apoyo a la transición hacia la electrificación del sector automotriz. Esto se considera junto con el acompañamiento de la creación de un centro de aprendizaje regional que consolide el desarrollo del capital humano en virtud de la naturaleza regional y global de esta industria.

Para lograr ese resultado, se recomendó estrechar la colaboración entre los *hubs* académicos y la industria, a fin de facilitar la vinculación regional y la coordinación de programas de estudio que detallen las necesidades del sector en ambos países. Como previamente mencionado en el capítulo de Innovación, se consideró de suma importancia incluir a las ingenierías ambientales para el manejo de baterías y economía circular.

Asimismo, se destacó la necesidad de tomar en cuenta la circularidad del personal en la región, es decir, la integración de los trabajadores en las cadenas regionales de valor tanto en México como en Estados Unidos. Por ello, la capacitación de los trabajadores ya presentes en las líneas de producción se señaló como prioritaria para poder continuar con la transición hacia la electromovilidad en América del Norte.

Respecto a las acciones para el cumplimiento de los ODS, se refirió a la necesidad de incentivar esfuerzos conjuntos entre la industria y el gobierno que estén alineados a dichos compromisos. Algunos ejemplos de acciones son el uso de energías limpias, la implementación de estrategias de economía circular, así como implementar medidas para promover y obtener la distinción de empresas socialmente responsables.

Esta afirmación se confirma con análisis realizados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en los que se concluyó que la concertación del diálogo entre gobierno, sociedad civil y sector privado es primordial para el cumplimiento del ODS 7 (energía asequible y no contaminante), particularmente para la transición hacia la electromovilidad, la generación de encadenamientos productivos locales y regionales, al igual que la diversificación productiva (CEPAL, 2019).



3. Colaboración internacional

La colaboración internacional dentro del capital humano es un factor clave a tomar en cuenta en la transición hacia la electromovilidad en México y Estados Unidos. Es debido a esto que se decidió desarrollar un subejeto específico para ello. En este tema, se observaron dos grandes necesidades: en primera instancia se encontró la necesidad de incentivar la formación de personal en instituciones tanto en México como en Estados Unidos, con el objetivo de consolidar un capital humano regional especializado. En segunda, está la necesidad de que existan acciones para el cumplimiento de los ODS.

Por otro lado, se destacó la necesidad de promover que más mujeres formen parte de las áreas STEM, particularmente promoviendo una mayor inclusión en puestos de ingeniería, y que tanto el gobierno como la industria realicen esfuerzos alineados al cumplimiento del ODS 5 (sobre la igualdad de género y empoderamiento de todas las mujeres y las niñas, y en general la protección y empoderamiento de todos los grupos vulnerables).

En ese sentido, en un escenario a diez años se estima que se podrán tener beneficios tangibles en materia de inclusión social, siempre que el aumento en el personal requerido para la operación y el mantenimiento de unidades eléctricas permita fomentar programas de inclusión que contemplen la participación de un mayor número de mujeres (Carrillo et al., 2020).



4. Políticas públicas, gobernanza y legislación

El cuarto subeje se integra de políticas públicas, gobernanza y legislación, en el cual se identificaron dos grandes necesidades. La primera se refiere a la actualización del marco regulatorio para la acreditación de competencias, flexibilidad laboral y desarrollo de la industria; el segundo lugar, a la vinculación con programas gubernamentales para la inclusión y desarrollo de personal, así como intercambios académicos e inversión en formación de capital humano especializado.

En cuanto a la primera necesidad, se identificó que es preciso que el sector público diseñe planes de capacitación como parte de las disposiciones de la Ley Federal de Trabajo, así como que incluya la certificación del desarrollo de competencias en las políticas y marco regulatorio en la materia. De igual manera, se sugirió que el poder legislativo aborde aspectos como la flexibilidad laboral. En ese sentido, con el fin de implementar la perspectiva de género en esta industria, se explicó la importancia de incluir en estas iniciativas una mejora en el equilibrio entre la vida personal, la profesional y la labor de cuidados y de impulsar el acceso a guarderías.

Por otro lado, en el segundo tema, se resaltó la necesidad de generar una mayor vinculación de las empresas con programas gubernamentales de inserción de capital humano en el sector productivo. Se incluyeron como ejemplos el padrón de egresados del programa “Jóvenes Construyendo el Futuro” —proyecto impulsado por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) a nivel técnico—, el cual apoya a la industria para encontrar capital humano disponible, y el Servicio Nacional de Empleo, el cual realiza ferias de empleo y becas de capacitación.

Sobre lo anterior, se expresó la necesidad de dar seguimiento a la Ley de Ciencia y Tecnología —que actualmente está siendo revisada en el Congreso mexicano—, pues se consideró que la vinculación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) es de suma relevancia para la transferencia de habilidades e intercambios académicos, particularmente con Estados Unidos, a fin de fortalecer la integración de la región en la industria automotriz eléctrica.

A manera de conclusión, ante el contexto nacional e internacional, el diagnóstico de las condiciones del capital humano en la industria automotriz en México nos dicta la necesidad de una estrategia integral de administración de personal de acuerdo con las nuevas características y condiciones del sector, que incluya la reestructuración de perfiles en la industria y redefiniciones de relaciones laborales.

Por la naturaleza de esta problemática, se propone que esta estrategia sea resultado de un esfuerzo coordinado entre iniciativa privada, organizaciones patronales y de trabajadores, oficinas especializadas de gobierno de distintos ámbitos jurisdiccionales, incluso internacionales, para cumplir con la normatividad y con los tratados internacionales y/o compromisos de México en la materia, entre ellos el T-MEC y los ODS.

RECOMENDACIONES PARA EL CAPITAL HUMANO

La segunda sesión de este eje temático, celebrada el 1º de agosto de 2022, tuvo por objetivo responder a los obstáculos previamente identificados con recomendaciones basadas en el *expertise* de los actores involucrados en el proyecto, así como de investigación y mejores prácticas complementarias. Derivado de esta sesión, se emitieron las siguientes recomendaciones que abarcan diversas propuestas de políticas públicas.

Algunas iniciativas surgidas entre los participantes de este evento cuentan con el respaldo de ser mejores prácticas en materia de capital humano en la industria manufacturera a nivel mundial. Entre ellas se encuentran las estrategias para la formación de personal con mecanismos de vinculación con otros actores, entre ellos gobiernos e instituciones académicas, para promover programas de estudio que se adapten a las necesidades de la industria (ver capítulo de Innovación). Otros temas que se han atendido en esas experiencias son la inclusión de personal femenino o de personas con discapacidad en estrategias de capacitación. En general, ofrecen una plataforma desde la cual la industria puede tomar el liderazgo y coordinarse tanto internamente como con las autoridades para atender estos temas tan importantes para el desarrollo industrial.

Como se abordó en el capítulo anterior bajo el eje de Innovación, una de las estrategias de política comparada se enfoca en el desarrollo de capacidades de *software* a través del esquema y la plataforma digital con participación público-privada, en el contexto europeo denominada Alianza Europea de Habilidades de Software (ESSA, por sus siglas en inglés). Asimismo, se abordó otro ejemplo de programa y plataforma en la Unión Europea enfocado en desarrollo de habilidades emergentes en manufacturas avanzadas llamado *Skillman* o *Sector Skills Alliance Project*, ambos programas destacan por ser respuestas modernas y flexibles hacia los nuevos requerimientos de personal capacitado en el sector.



De igual manera, existe un programa impulsado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que considera elementos adicionales, como la formulación de una estrategia con base en un autodiagnóstico, la creación de mapas de trayectorias laborales y la autodefinición de las estrategias de implementación. Este proyecto es de gran utilidad para la coordinación entre diversos actores para el desarrollo industrial, partiendo de un programa denominado *Industry Upgrade Strategy*, a través del cual se definieron los participantes mediante la definición de un *sector skills council* conformado por representantes del sector con el objetivo de diseñar un sistema de mejoramiento de la industria. En particular, se definieron los sectores, las metas, el escenario, las tendencias y las ventajas con las que cuenta cada uno. Posteriormente se definió un plan para alcanzar las metas planteadas por la estrategia. Por ello, es importante destacar que en el proyecto de Global Services Sector (GSS) implementado en Jamaica tiene como objetivo principal mejorar el sistema de desarrollo de habilidades y proveer de personal capacitado al sector.

En ese sentido, hay que tomar en cuenta que parte de esta estrategia está basada en otra experiencia llevada a cabo en Singapur, en donde existe una iniciativa denominada *Skills Framework*. Este proyecto es considerado un componente integral de los *Industry Transformation Maps* y fue creado por empleadores, asociaciones industriales, instituciones educativas, sindicatos y gobierno para fortalecer al sector laboral de dicho país. Esta herramienta provee información clave del sector: trayectorias profesionales, ocupaciones y puestos, habilidades emergentes requeridas para las mismas, así como una lista de programas de capacitación para el mejoramiento de habilidades.

Una vez ya establecidos tanto el *sector skills council* como la *Industry Upgrade Strategy*, la metodología seguida por estas instituciones propone diseñar los *skill maps* y el *career pathways framework*. Lo anterior permite que la información acerca de las carreras disponibles en el sector, las perspectivas de crecimiento y mejor salario se haga pública para orientar las acciones en la búsqueda de perfiles. Uno de los principales logros de esta estrategia es la creación de una red de participantes y de consejos sectoriales de habilidades conformados por las direcciones de estrategia de las empresas, así como un mecanismo de captura de información en tiempo real, lo cual les permitió definir prioridades de una manera más eficiente y con información actualizada.

I. OFERTA LABORAL ESPECIALIZADA

Recomendación 8: Desarrollo de una estrategia para promover carreras especializadas en la industria

Como parte del diagnóstico realizado en el eje de capital humano, se identificó la necesidad de un mayor número y disponibilidad de personal especializado para la industria de la electromovilidad. En virtud de lo anterior, como primer paso se identificó preciso contar con un diagnóstico acerca de las características de calidad en la formación de recursos humanos por regiones en el país, con la finalidad de identificar áreas de oportunidad a través del diálogo y alianzas triple hélice.

En este sentido, los expertos del proyecto sugirieron considerar la estrategia propuesta de *Industry Upgrade Strategy* implementada por el BID, ya que en México ya existe una organización definida internamente en el sector automotriz mediante *clusters* y organizaciones industriales. El paso siguiente de la estrategia es identificar obstáculos y los perfiles específicos que requiere el sector. Teniendo esas variables en consideración, se deberá desarrollar el *career pathways framework*, mismo que funciona como mapas de posiciones laborales y trayectorias posibles para hacer pública la información que requieren los tomadores de decisiones o las personas que quieren estudiar una carrera técnica o universitaria, entre otros. Estos mapas tienen el potencial de brindar información acerca de las oportunidades de crecimiento profesional en diversos puestos, así como los sueldos y prestaciones que ofrecen.

Asimismo, mediante un proceso de toma de decisiones al interior de los consejos conjuntos de la industria, academia, autoridades e instituciones académicas, se podrían proponer acciones específicas para atender los obstáculos ya definidos. En algunos casos se han implementado incentivos para la capacitación de personal especializado, al igual que se han planteado oportunidades de reconversión de capacidades del personal que ya labora en el sector tanto en la difusión de la información con el *career pathways framework* como con acciones específicas de capacitación.

Se recomendó que este esfuerzo de definición, diseño e implementación de los perfiles requeridos en esta industria sea coordinado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) de manera conjunta con la industria,



la academia y el sector público con la asesoría del BID (actor clave del proyecto que ha mostrado el interés de colaborar en este tipo de iniciativas). De forma particular, se debe destacar el rol de la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico de la Secretaría de Educación Pública (SEP), institución encargada de actualizar programas de estudio y trabajar en la armonización e inclusión de estos con el Sistema Nacional de Competencias. Este esfuerzo coordinado puede identificar todos los conocimientos y habilidades que se requieren para ejercer dichas profesiones y plantear sus posibles trayectorias laborales a manera de mapas, como en las experiencias exitosas anteriormente referidas.

Respecto al sector académico, de manera colaborativa con las universidades, se recomendó reformar programas de estudio conforme a las necesidades de la industria. Por otra parte, la implementación de estos planes de estudio permitirá desarrollar perfiles más idóneos y una vinculación más estrecha con la industria automotriz con la cual podría incentivar el interés en estas carreras mediante programas de becas, prácticas profesionales y seguimiento de programas para la inserción laboral.

RECOMENDACIÓN 8

Desarrollo de una estrategia para promover carreras especializadas en la industria, y buscar la homologación de la capacitación en instituciones educativas con otras certificaciones nacionales e internacionales, en particular mediante el Sistema Nacional de Competencias.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Relaciones Exteriores, Banca de Desarrollo, Sistema Nacional de Competencias, industria, academia nacional, Universidad de California.

II. CONDICIONES LABORALES E INCLUSIÓN EN LA INDUSTRIA

Recomendación 9: Estrategia de mejora de oportunidades laborales e integración para mujeres y grupos vulnerables en la industria

Respecto a la inclusión y participación de mujeres y otros grupos poco representados en el sector automotriz, durante la segunda sesión del grupo de trabajo en el eje de capital humano, se presentó la propuesta de promover incentivos económicos con fondos públicos y público-privados para la capacitación de mujeres, minorías sexo-genéricas y personas con discapacidad.

Esta estrategia se podría alinear a la *Industry Upgrade Strategy* que, de acuerdo con las características que ofrece el *career pathways framework*, se puede dar visibilidad a las trayectorias profesionales y los requerimientos de personal más atractivos, lo cual incentivaría que las personas se capaciten y tengan una formación más adecuada a los requerimientos industriales y, por consecuencia, a mejores salarios y condiciones laborales que cumplan con los compromisos de México en materia de ODS con empleos bien remunerados y estables. De igual manera, este ejercicio permitiría que, con la información que proporcionan estos instrumentos, las personas seleccionen los perfiles y las trayectorias profesionales de acuerdo con sus necesidades e intereses, como que, por ejemplo, permitan una mayor flexibilidad de horarios para que las personas puedan dedicar tiempo a la labor de cuidados y una mayor adaptabilidad física de los espacios para fomentar la inclusión de personas que tienen estas necesidades por las discapacidades que puedan presentar y que restrinjan su movilidad.

Mediante la implementación de la *Industry Upgrade Strategy*, se han impulsado estrategias para fomentar la igualdad de género, en donde diferentes industrias han logrado atender la brecha en la participación laboral de las mujeres a través de la aplicación de incentivos mediante los “fondos competitivos”, los cuales, en otros proyectos de capacitación son financiados en un 50% por las contribuciones hechas por las empresas y el otro 50% por la banca internacional de desarrollo. Sin embargo, en algunos casos se ha logrado implementar incentivos para promover la inclusión de mujeres en proyectos de capacitación, con lo que ha aumentado la cobertura de la banca internacional de desarrollo hasta en 70%, lo que a su vez ha incrementado el interés de empresas de distintos sectores en promover la capacitación del personal femenino y de diversidad sexo-genérica.

En el caso de la inclusión de mujeres en la industria automotriz, se podría considerar un diagnóstico para conocer la línea base de la participación de ellas en las carreras técnicas relacionadas con la industria y las carreras universitarias de ciencia y tecnología, y a partir de ahí llevar a cabo diferentes estrategias, tales como:

1. Identificación de las necesidades técnicas y administrativas de los posibles empleadores dentro de la industria automotriz mediante una *industry upgrade strategy* para comunicarlas a universidades y estudiantes.

2. Diseño de mecanismos específicos que faciliten la inclusión de las mujeres en la industria, como incentivos económicos a través de fondos públicos y de la industria destinados a invertir en la capacitación y contratación de mujeres, considerando sus necesidades e intereses específicos.
3. Estrategia de comunicación para llevar el interés sobre profesiones técnicas a la audiencia de niñas y mujeres en edad escolar para permitir que conozcan las experiencias y oportunidades en este sector.

RECOMENDACIÓN 9

Diseño de estrategias de mejora de oportunidades laborales e integración para mujeres y grupos vulnerables en la industria, con enfoque en la inclusión y diversidad en la industria automotriz.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Relaciones Exteriores, Banca de Desarrollo, industria, academia nacional, organizaciones de la sociedad civil que trabajen temas de inclusión laboral, Universidad de California.

III. COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Recomendación 10: Programas educativos binacionales

La colaboración internacional en temas de capital humano es parte fundamental de este grupo de trabajo. Respecto a este tema, los participantes del proyecto determinaron que un paso importante en esta transición en México y Estados Unidos es el desarrollo de programas educativos binacionales tanto a nivel técnico, licenciatura, posgrado, así como cursos de capacitación en áreas como robótica, nuevas tecnologías, electromovilidad, uso de *software*, economía circular, infraestructura, entre otras.

Este tipo de programas educativos binacionales deben ser diseñados con el objetivo principal de contribuir al fortalecimiento de perfiles y acceso a empleos de calidad al contar con la participación de la industria para conocer de primera mano las habilidades y capacidades específicas que sean requeridas para esta transición. Por ello, los participantes del proyecto recomendaron fortalecer el trabajo colaborativo con las principales empresas automotrices y, de manera general, con las compañías interesadas en atraer capital humano especializado en esta materia.

Estos programas se pueden presentar en diversas modalidades, por ejemplo, a través de programas de capacitación e intercambios académicos de estudiantes, profesorado y posgrado entre México y Estados Unidos. Asimismo, se pueden orientar hacia el diseño de programas binacionales con materias

impartidas por académicos de universidades del otro país, donde la currícula se actualice de forma periódica con el apoyo académico en nivel técnico, medio-superior y superior.

En este sentido, los participantes sugirieron comenzar estos programas con instituciones educativas de nivel medio-superior y superior, así como cursos de actualización en las empresas localizadas dentro de los estados integrantes de *clusters* con vocación automotriz, entre ellos los estados del Bajío y la región norte de México. Esto se debe a que en el Bajío —específicamente en los estados de Guanajuato, Aguascalientes y San Luis Potosí— se produjeron el 43.57% de todos los vehículos ligeros en México durante la primera mitad del 2022 (Cluster Industrial, 2022). Por otro lado, durante el 2021, Coahuila (en el norte del país) recibió 1,768 millones de dólares en inversiones en el sector automotriz, el monto más alto en todo México en ese año, debido a veinte proyectos de los cuales nueve corresponden a la construcción de nuevas plantas automotrices o parques industriales, mientras que los once restantes corresponden a ampliaciones de plantas existentes (Cluster Industrial, 2022).

Respecto a la capacitación para el trabajo y actualización del personal que ya se encuentra laborando en esta industria, los participantes del grupo de trabajo recomendaron trabajar de la mano con la Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT) de la SEP, la cual cuenta con instituciones y programas como los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI), Institutos de Capacitación para el Trabajo (ICAT), Centros POETA que tienen la infraestructura para recibir a personas con discapacidad y el Instituto de Apoyo al Desarrollo Tecnológico a través de los Centros de Entrenamiento en Alta Tecnología (INADET-ICAT Chihuahua).

Una de las buenas prácticas que pueden ser replicadas de manera binacional con Estados Unidos es el convenio de colaboración que tiene México con el Reino Unido, denominado *Skills for Prosperity México* de la International Youth Foundation, el cual tiene como objetivo para promover el crecimiento económico inclusivo a través de la educación para el empleo.

Skills for Prosperity incorpora las denominadas *green skills* para apoyar a instituciones educativas en México, particularmente técnicas, a desarrollar capacidades y habilidades verdes, vinculadas a la industria de energías limpias y la sustentabilidad. Estas áreas son: i) eficiencia energética, ii) electromovilidad, iii) economía circular, iv) energía solar y sistemas de calentamiento de agua y v) inglés técnico especializado. Los cursos impartidos tienen una duración total que varía desde las 15 hasta las 32 horas.

Este tipo de iniciativas pueden ser replicadas en distintas regiones del país con la colaboración de universidades en México y Estados Unidos y ser lideradas por la SEP y con el acompañamiento de la industria automotriz. Al respecto, la DGCFT cuenta con iniciativas desarrolladas con el sector empresarial en las que realizan planes de estudio de acuerdo con las necesidades de capacitación de las empresas y en las que se busca incorporar al Programa

de Formación Dual (Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo, 2022). En ese sentido, se sugiere que en el marco del grupo de trabajo presentado en este documento, la SRE coordine la vinculación entre las empresas interesadas en el diseño de estos programas y la DGCFE.

Por otro lado, algunas universidades mexicanas ya cuentan con presencia en Estados Unidos, tales como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que cuenta con cuatro Centros de Estudios Mexicanos (CEM) en Boston, Tucson, Seattle y Los Ángeles, así como dos escuelas de extensión en San Antonio y Chicago (UNAM, 2019). En este ámbito, la Universidad de California cuenta con presencia en México a través de la Casa de la Universidad de California en México y el UC Institute for Mexico and the United States (UC MEXUS). Este instituto colabora en programas académicos e intercambios a través del Acuerdo UC-CONACYT de Cooperación en Educación Superior e Investigación, así como la UC-Mexico Initiative, la cual desarrolla alianzas entre la universidad y diversas instituciones mexicanas, como la Universidad Autónoma de Guadalajara, la Universidad Autónoma de Baja California y la UNAM (University of California, 2021).

Estas redes ya establecidas, así como otras instituciones que implementen este tipo de iniciativas, pueden ser aprovechadas para el desarrollo de programas educativos binacionales, los que se propone que se impartan tanto de manera presencial como híbrida y que fomenten el intercambio académico de México a Estados Unidos y viceversa.

Asimismo, se propone que la Universidad de California y demás universidades en Estados Unidos realicen capacitaciones enfocadas a las instituciones educativas mexicanas tanto a nivel medio-superior y superior para la mejora y actualización de sus planes de estudio, lo anterior, de la mano con la autoridad correspondiente dentro de la SEP.

La colaboración con la Alianza México de la Universidad de California se considera estratégica para el diseño, la promoción y la implementación de estos programas educativos binacionales, particularmente para educación superior, incluyendo posgrados. Esta universidad cuenta con programas que pueden ser un referente, tales como el Master of Engineering en UC Berkeley, cuyas áreas de concentración son Ciencias de Datos y Sistemas, Robótica y Software, al igual que Electrónica y Circuitos Integrados (Berkeley EECS, 2022). Igualmente, se encuentra el programa de Electrical and Computer Engineering en los campus de San Diego, UC Davis, Irvine, Los Ángeles, Riverside, Santa Bárbara y Santa Cruz.

De igual manera, se recomendó desarrollar programas que involucren o se incluyan dentro del Programa de Capacitación a Distancia para Trabajadores (PROCADIST) implementado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social que consiste en una plataforma educativa virtual cuyo fin es desarrollar habilidades e incrementar la productividad laboral, la empleabilidad y que cuenta con el respaldo y validez de esa secretaría (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2021).



RECOMENDACIÓN 10

Diseño e implementación de programas educativos binacionales de manera colaborativa entre industria automotriz, gobierno y academia.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Relaciones Exteriores, industria y academia en México y Estados Unidos.

IV. POLÍTICAS PÚBLICAS, GOBERNANZA Y LEGISLACIÓN

Recomendación 11: Bolsa de trabajo binacional

Como parte del diagnóstico sobre la vinculación con programas gubernamentales para la inclusión y desarrollo de personal, se presenta la recomendación de la implementación de una bolsa de trabajo binacional que esté conformada por los estudiantes, egresados, investigadores y docentes de los programas educativos binacionales mencionados en la recomendación anterior, así como por los perfiles profesionales interesados en vacantes en esta área.

Los actores del proyecto recomendaron que esta bolsa de trabajo se realice de manera conjunta con la STPS, con el fin de contar con su experiencia, buenas prácticas y respaldo. De igual manera, esta iniciativa puede integrarse y actualizarse con las bases de datos existentes de esa dependencia. Esto facilitará que el personal pueda encontrar oportunidades de empleo verificadas y seguras tanto en México como en Estados Unidos dentro de esta industria.



Además, una de las funciones de esta plataforma sería permitir que las empresas tengan más fácil acceso a la búsqueda de recursos humanos que cumplan con el perfil necesario de las vacantes disponibles. En este sentido, dentro del registro de las vacantes, se recomendó incluir con claridad el nombre de la posición, locación, salario, prestaciones y actividades a realizar.

La forma de acceder a esta bolsa de trabajo deberá ser tanto virtual como presencial. La primera forma de acceso es con el fin de facilitar y agilizar tanto el registro de posiciones vacantes como de los perfiles profesionales al ser accesible desde dispositivos móviles. Asimismo, este método de registro y acceso podría realizarse también de manera presencial a través de las oficinas centrales y estatales del Servicio Nacional de Empleo (SNE), las cuales ya cuentan con infraestructura y medios establecidos para este fin.

Esta bolsa se puede fortalecer a través de las diferentes funciones del SNE que, desde 1978, atiende a la población que busca empleo, así como a empleadores que necesitan personal (Servicio Nacional de Empleo, s.f.). Entre los programas ya existentes y que se pueden incorporar a esta iniciativa se encuentra el Mecanismo de Movilidad Laboral en el que el SNE, en colaboración con las oficinas estatales de la STPS, realizan alianzas mundiales para ofrecer opciones de empleo en el extranjero.

De esta manera, este servicio ha de vincular al personal de manera legal, ordenada y segura con empleadores, lo que permite el respeto de derechos laborales. Estas alianzas pueden formarse como resultado de las redes de trabajo consolidadas dentro del proyecto del grupo de trabajo. Asimismo, la difusión de esta bolsa se puede vincular también con el *Periódico Digital de Empleo* del SNE, el cual es de acceso gratuito y se actualiza quincenalmente con información detallada de los puestos de trabajo.

Por otro lado, esta propuesta se puede fortalecer a través de la vinculación laboral, asesoría y orientación ocupacional que ofrece la Coordinación General del SNE. Particularmente, esta recomendación incluye también la organización de ferias de empleo binacionales realizadas bajo la coordinación de la STPS tanto de manera presencial como virtual.

Asimismo, sería deseable que tales ferias de empleo cuenten con oficinas de recursos humanos de empresas del sector automotriz con sede en México y Estados Unidos. Estas ferias presenciales podrían reunir a personas en búsqueda de empleo en donde reciban atención por parte de los representantes de las empresas, lo cual permitiría un acercamiento directo con el potencial empleador y dar a conocer competencias y habilidades laborales, con el fin de concretar oportunidades de empleo (Ferias del Empleo, s.f.). Por otro lado, las ferias virtuales permitirían consultar ofertas de empleo directamente con los representantes de recursos humanos de las empresas sin la necesidad de trasladarse físicamente y contando de igual manera con el respaldo de la STPS. [A](#)

RECOMENDACIÓN 11

Organización y publicación de bolsas de trabajo y ferias de empleo binacionales.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Relaciones Exteriores, industria, academia nacional y la Universidad de California.



Desarrollo de Provee- dores

Introducción

A partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) en 1994, la industria automotriz en México ha crecido de manera exponencial hasta representar el 3.04% del PIB nacional en 2020 (Statista, 2022), con lo que se consolidó al país como un competidor global en materia de manufactura de vehículos y autopartes. Entre 2010 y 2017, en términos reales, la industria creció 12 puntos porcentuales en comparación con el crecimiento del PIB nacional del 3% y del PIB de industrias manufactureras, que fue del 3.4%. En este sentido, el sector automotriz ha tenido un desempeño sobresaliente que solo se ha visto interrumpido durante las crisis económicas del 1995 y 2008 (INEGI, 2018), así como en 2020 por la pandemia por *covid-19*.

La integración económica en la región en esta industria, primero con el TLCAN y ahora con el T-MEC, es tal, que en promedio ocho de cada diez vehículos ligeros ensamblados en México son exportados a Norteamérica, por lo que el sector ha llegado a representar el 31% de todas las exportaciones manufactureras del país (INEGI, 2018).

A lo largo de casi tres décadas, México ha fortalecido sus cadenas de suministro para la fabricación de autos de combustión interna, con lo que logró convertirse en el séptimo país con mayor producción y cuarto país con mayor exportación de vehículos ligeros, de carga y pasaje en 2022 (INA, 2022). Sin embargo, la transición hacia la electromovilidad cambia radicalmente los componentes en este tipo de vehículos, por lo que habrá que reconfigurar en gran medida las cadenas de proveeduría de esta industria.

El panorama de proveeduría en la industria automotriz transita por un momento importante no solo derivado de los cambios tecnológicos, sino también impulsado por las metas ambientales y, en los últimos años, por las diversas disrupciones a las cadenas de suministro consecuencia de fenómenos como la pandemia por *covid-19*, las actuales tensiones geopolíticas —particularmente entre Estados Unidos y China— y la guerra en Ucrania en 2022. Estos acontecimientos han tenido consecuencias humanitarias, han contribuido a la inflación, al igual que han llevado a reajustes de estrategias energéticas alrededor del mundo.



Todo lo anterior ha generado importantes desafíos para las cadenas globales de suministro, lo que ha afectado a la industria de autos eléctricos. En este contexto, por ejemplo, Estados Unidos promulgó una ley de reducción de la inflación 2022 (*Inflation Reduction Act*, IRA), la cual contiene un capítulo para incentivar la compra de vehículos limpios en ese país a través de la oferta de subsidios para que la manufactura, los componentes y las materias primas progresivamente provengan de la región de Norteamérica (IRA, 2022).

Esta ley, junto con lo dispuesto en el T-MEC en materia de exenciones tarifarias por reglas de origen para vehículos, es un incentivo relevante para el establecimiento y desarrollo de proveedores de vehículos eléctricos. Asimismo, la IRA también establece subsidios a las manufacturas avanzadas, en los cuales incluye que los componentes de las baterías de estos automóviles sean fabricados o ensamblados de forma escalonada en Estados Unidos, lo cual impone retos importantes para México.

Por otra parte, en el contexto doméstico, resulta importante destacar que México ha emitido normas para la nacionalización de las cadenas de producción de litio, una de las principales materias primas para fabricar baterías para vehículos eléctricos. Las baterías de iones de litio, como se ha mencionado anteriormente, son el componente de mayor valor en los autos eléctricos y, en el marco del T-MEC, están sujetas a reglas de origen conforme al artículo 10 del tratado, así como a reglas particulares referentes a partes esenciales tanto de vehículos ligeros como de camiones pesados (ver Tablas A.1 y E del artículo 10 del TMEC).

Estos factores necesariamente llevan a México a replantear y buscar las cadenas de suministro más resilientes para la fabricación de vehículos eléctricos, a fin de continuar siendo un jugador relevante en la industria automovilística. Para ello, este capítulo se enfoca en los puntos frágiles u obstáculos identificados en las sesiones de trabajo y entrevistas bajo este y otros ejes temáticos con actores de gobierno, industria y academia involucrados en el proyecto.

A partir de las participaciones de los invitados en las primeras rondas de conversaciones temáticas, se hizo un listado de temas y obstáculos que destacan por su relevancia en materia de proveeduría. Con base en esta

identificación de retos, se desarrolló una lista de preguntas que sirvieron para guiar las entrevistas a mayor profundidad con actores de la industria, quienes fueron particularmente vocales en la primera parte del proceso de investigación y en la sesión de soluciones sostenida más adelante.

Entre los temas mencionados, resaltan los obstáculos de falta de cercanía de los nuevos proveedores a los centros para manufactura de vehículos y su integración a la cadena productiva; la disponibilidad de algunos elementos específicos cruciales para los automóviles eléctricos, como la baterías, así como la llamada “crisis de semiconductores” que causó que la industria automotriz registrara pérdidas estimadas de 210 mil millones de dólares tan solo en 2021 (Deloitte, 2022c), y finalmente la falta de alineación de la política pública nacional.

DIAGNÓSTICO



1. Cercanía con proveedores y distancia respecto de los centros de producción en la integración de la cadena productiva

El primer punto que se destacó en materia de proveeduría fue la necesidad de acercar la producción de componentes a los centros de producción de vehículos. En ese sentido, los participantes del proyecto consideraron que la distancia entre la industria y los proveedores se constituye como un obstáculo. Las altas proyecciones de crecimiento de la industria de vehículos eléctricos ponen en manifiesto la necesidad de que las empresas aceleren el ritmo de creación de una cadena de suministro que les ayude a alcanzar sus objetivos. Para lograr esto, será necesario que tanto los proveedores tradicionales como los nuevos participantes definan su papel en las nuevas cadenas de proveeduría (Robbins y Sullivan, 2021).

Lo anterior se ve reflejado de distintas maneras para fabricantes consolidados y empresas nuevas de vehículos eléctricos. Por un lado, los grandes fabricantes buscarán equilibrar la producción simultánea de autos de combustión interna con eléctricos. Para ello, es necesario desarrollar socios proveedores de baterías y otros componentes específicos para este nuevo sector, al tiempo que se sigan fomentando las relaciones con los actuales proveedores de la industria automotriz tradicional. Por otro lado, los nuevos fabricantes deben construir desde cero nuevas cadenas de suministro—algo que los gigantes automotrices han tardado décadas en construir—y poner en marcha la estructura para gestionar el rendimiento y la calidad de los proveedores (Robbins y Sullivan, 2021).

Los participantes también destacaron la importancia de considerar a las PyMES en los distintos eslabones productivos, particularmente las pertenecientes al Tier 2 (fabricantes de piezas) y Tier 3 (proveedores de materias primas), ya que estas serán las que encontrarán mayores dificultades financieras para transformar su producción para servir al nuevo mercado.

En el contexto geopolítico actual y dadas las interrupciones a las cadenas de suministro que han tenido lugar en el contexto de la pandemia por *covid-19* —como puertos saturados y canales bloqueados—, se mostró que la globalización llevó a cabo una concentración excesiva de centros de producción de ciertos productos y componentes en regiones específicas del mundo. En el caso particular del sector automotriz, esto se evidenció en la producción de semiconductores, materiales cuya producción se concentra 60% en el este de Asia (Deloitte, 2022c). A su vez, sucede algo similar en materia de fabricación de baterías y sus componentes, como se verá en el próximo apartado.

Lo anterior mostró la necesidad de diversificar y descentralizar la fabricación extremadamente localizada de componentes específicos, a fin de evitar dependencia, interrupciones y, con ello, la falta de resiliencia. Se señaló que debido a ello, actualmente las empresas que utilizan semiconductores rediseñan sus estrategias de producción a largo plazo. Algunas, por ejemplo, podrían pasar de un modelo de pedidos *just-in-time* (justo a tiempo, en español), lo que ayuda a minimizar los costos de inventario, a otro en el que soliciten los semiconductores con mucha antelación (Aboagye et al., 2022).

En cuanto a los conceptos de *distancia* y *cercanía*, los participantes destacaron que estos tienen diversas acepciones dependiendo de la subindustria de vehículos que se trate, específicamente diferenciando entre vehículos ligeros y pesados. En este sentido, argumentaron que la diferencia central entre ambos radica en la escala de fabricación, pues el volumen de producción de vehículos pesados es generalmente mucho más pequeño y no siempre justifica la instalación de proveedores en la proximidad. Por su parte, señalaron que para los fabricantes de mayor escala, como los de vehículos ligeros, la cercanía de proveedores es ideal cuando se encuentra en el mismo estado o municipio, pero que es quizás más importante que se encuentre en la misma región. La diferencia entre vehículos ligeros y pesados también se hace relevante en la manera en que unos y otros están contruidos; con componentes de la propia marca, o bien, como en el caso de los camiones, es común que utilicen componentes de diferentes compañías.

En este contexto, los participantes destacaron conceptos utilizados cada vez con más frecuencia, como el *nearshoring* y el *allyshoring*. *Nearshoring* se refiere a la estrategia de externalización en la que una empresa transfiere parte de su producción a terceros que, a pesar de ubicarse en otros países, están localizados en destinos cercanos y con una zona horaria semejante. Estas prácticas surgen como respuesta al *offshoring*, el cual tiene el objetivo de reducir los costos al buscar proveedores en otros destinos, por lo general, en Asia (Thomson Reuters México, 2020). De la misma forma, el *allyshoring* consiste en reubicar procesos industriales en países que coinciden en aspectos fundamentales, por ejemplo, en términos de alianzas comerciales y política internacional (Mendoza, 2021). En este contexto, se mencionó que México tiene un gran potencial para recibir empresas de todo el mundo, ya que coincide con las políticas de *nearshoring* y *allyshoring* por su cercanía y tratados con el resto de Norteamérica.



2. Desarrollo de proveedores de baterías

¿Por qué desarrollar baterías en México? Esta fue una de las preguntas más recurrentes a lo largo de las reuniones y entrevistas del grupo de trabajo. Entre las razones más importantes para considerar el desarrollo de baterías en México como parte del desarrollo general de la industria y proveeduría de vehículos eléctricos, se encontró un amplio consenso entre los participantes acerca de la idoneidad (logística y económica) de fabricar estos insumos en la cercanía de los proveedores de materias primas. Se destacó que, debido a que la batería en su conjunto es uno de los componentes más pesados en los vehículos eléctricos, transportarlas resulta en altos costos económicos y ambientales.

Además del peso, las baterías son una de las partes más costosas de los vehículos eléctricos, pues constituyen entre el 30% y el 40% del valor del automóvil (IEA, 2022). Ante esto, diversos participantes mencionaron que las empresas que las produzcan estarán generando uno de los componentes con mayor valor agregado y, con ello, el mayor margen de ganancia en la cadena productiva en este nuevo sector.

En este sentido, se señaló que la cercanía con fuentes de materias primas es crucial porque aproximadamente el 56% del valor de las baterías se encuentra en sus componentes químicos utilizados para los ánodos, cátodos y electrolitos, mientras que las celdas, empaque y manufactura constituyen el 25% del valor de la batería, y solo el 19% corresponde a otros componentes (APCUK, 2019). Para los participantes, el hecho de que en el territorio nacional existan yacimientos de litio y de otros minerales utilizados en la fabricación de baterías, constituye una ventaja comparativa en materia de proveeduría de baterías.

700%
DE AUMENTO

en el precio del litio

Obstáculo al que se enfrenta la industria es la escasez y altos precios.

IEA, 2022b

200%
DE AUMENTO

en el precio del cobalto

Obstáculo al que se enfrenta la industria es la escasez y altos precios.

IEA, 2022b

En las entrevistas subsecuentes a la primera fase de este eje temático, se reiteró la importancia de desarrollar baterías en México y se destacó la relevancia que este negocio implicaría en materia de exportación, ya que alrededor del 80% de la producción de vehículos en México está destinada a Estados Unidos (Department of Commerce, 2021b). Se comentó que fabricarlas en el país tendrá un impacto muy relevante en el cumplimiento de las reglas de Contenido de Valor Regional (CVR) establecido en el T-MEC, el cual define a las baterías como una “parte esencial” o *core part*. Por otro lado, en materia laboral, se obliga a que al menos 40% del valor del automóvil provenga de trabajo remunerado en la región, con sueldos de al menos 16 dólares por hora (Modesto, 2020).

En opinión de una de las personas entrevistadas, pese a las barreras de entrada para competir contra fabricantes consolidados alrededor del mundo —como se explicará más adelante en este documento—, se debe analizar la posibilidad de producir las baterías en México en consideración con las reglas de origen, pues en ciertos escenarios, cumplir con CVR podría llegar a compensar determinados costos arancelarios, ambientales y de transporte en los que se incurre al importarlas desde otras regiones.

En términos de obstáculos, la industria considera que tener a proveedores lejos no solo es más costoso en términos logísticos e impide ser resiliente ante disrupciones de la cadena de suministro, sino que también puede afectar a las reglas y facilidades que otorga el T-MEC. Por otro lado, se identificaron una serie de obstáculos generales (a nivel mundial) y particulares (en México) para el desarrollo y fabricación de baterías de iones de litio. Entre los obstáculos generales más relevantes destacan la escasez y el precio del litio y otros minerales clave, mientras que en los particulares se encuentran la incertidumbre regulatoria de materias primas en esta industria y la dificultad de desarrollar innovación y negocios que compitan en un mercado altamente desarrollado en otros países.

El obstáculo general al que se enfrenta la industria en su conjunto es la escasez y los altos precios del litio y otros minerales: entre el inicio del 2021 y mayo 2022, el precio del litio ha aumentado más de 700%, el del cobalto ha aumentado a más de 200% y el del níquel casi se ha duplicado (IEA, 2022b). De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (2022b), estos incrementos sin precedente se derivan de una combinación de factores que incluyen un enorme crecimiento en la demanda, por ejemplo, tan solo en 2021 se duplicó la demanda de baterías para vehículos eléctricos. Además, destaca la creciente presión en las cadenas de suministro y las preocupaciones por la contracción de la oferta, las cuales a su vez fueron causadas por la pandemia por *covid-19*, el conflicto en Ucrania (ya que el níquel [Clase 1] proviene de Rusia) y finalmente por la desinversión en nuevas capacidades de suministro durante los tres años previos a 2021, cuando los precios eran relativamente bajos.

Asimismo, cabe señalar que la mayor parte de los minerales esenciales para la fabricación de baterías de vehículos eléctricos provienen principalmente de Australia, Chile y la República Democrática del Congo, los cuales son administrados principalmente por unas cuantas empresas multinacionales (IEA, 2022b).

En cuanto a los retos particulares a los que se enfrenta México, se consideró como un obstáculo la incertidumbre relativa a la participación de la iniciativa privada en la extracción, el enriquecimiento, la transformación y la comercialización del litio. El territorio mexicano cuenta con yacimientos de litio y, ante la creciente demanda a nivel global y el limitado número de países proveedores de este mineral, en 2022 el Gobierno Federal tomó la decisión de nacionalizar la industria del litio a través una reforma a Ley Minera al declararlo “de utilidad pública”, bajo la premisa de ser un recurso estratégico de seguridad energética para el país, atribuyendo al Estado la facultad de exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de este mineral (Ley Minera, 2022). A su vez, se estableció que las cadenas de valor de este mineral serán administradas y controladas por el Estado mediante un organismo denominado en posterior decreto reglamentario como Litio para México o LitioMx. En materia de minería del litio, la ley establece textualmente que “no se otorgarán concesiones, licencias, contratos, permisos o autorizaciones en la materia” (Ley Minera, 2022).

Por último, en la primera sesión de este eje, se señaló como un importante obstáculo el rezago y la dificultad para México para competir en este mercado altamente desarrollado y consolidado a nivel global, lo que representa una barrera de entrada considerable para innovar y desarrollar baterías de iones de litio en el país. Actualmente, la mayoría de las baterías para vehículos eléctricos se fabrican en Asia (APCUK, 2019). Por ejemplo, tan solo China produce tres cuartas partes de todas las baterías de iones de litio, tiene el 70% de la capacidad de producción de cátodos y el 85% de la capacidad de producción de ánodos (componentes esenciales de todas las baterías). Además, este país cuenta con más de la mitad de la capacidad de procesamiento y refinación de litio, cobalto y grafito (IEA, 2022b). Europa, en contraste,



aunque es responsable de una cuarta parte del ensamblado de vehículos eléctricos, tiene una intervención mínima en las cadenas de suministro de baterías, salvo por el procesamiento del 20% del cobalto, mineral extraído principalmente en la República Democrática del Congo (IEA, 2022b).

Adicionalmente, los participantes mencionaron que México también presenta un rezago a nivel regional, pues aunque Norteamérica presenta rezagos frente a otras regiones, tanto Canadá como Estados Unidos ya están desarrollando estrategias en minería de litio y desarrollo de baterías en sus territorios. Estados Unidos, por ejemplo, produce el 10% de los vehículos eléctricos a nivel global y el 7% de la producción de baterías (IEA, 2022b).



3. Baja disponibilidad de componentes digitales y tecnológicos, incluidos los electrónicos, semiconductores y software

Con relación a los vehículos eléctricos, los semiconductores son necesarios tanto en la planta de producción como en el funcionamiento de los vehículos, el desarrollo de infraestructura y un sinnúmero de servicios asociados que les permiten operar en toda su potencialidad. En este sentido, los semiconductores se hacen especialmente críticos para la implementación de infraestructura de la red 5G, así como de los servicios que funcionan a través de esta, pues permiten transmitir señales radioeléctricas conectando a los dispositivos y fungiendo como columna vertebral a través de la cual se transmiten e intercambian datos (SIA, 2020).

En la transición hacia la digitalización, la industria de semiconductores incrementará de forma exponencial, con un crecimiento estimado de 50% para finales de 2023 con respecto al año 2020 (Deloitte, 2022c). Parte de este crecimiento tendrá lugar en donde se encuentren los fabricantes mejor consolidados, como es el caso de Taiwán y Corea del Sur, pero se ha visto y se espera que participantes como Estados Unidos, China, Japón, Singapur y Europa inviertan recursos privados y públicos en relocalizar la producción de chips para acercar y hacer más resilientes sus cadenas de suministro



4. Falta de alineación de políticas públicas

(Deloitte, 2022c). En este sentido y para acelerar esta transición, por ejemplo, el Congreso de Estados Unidos en julio de 2022 aprobó un paquete de apoyo para la industria de semiconductores por 52 mil millones de dólares (Foran and Barrett, 2022). Al respecto, los participantes sugirieron que México transite del simple discurso de atraer inversiones en esta materia hacia la práctica mediante acciones concretas de política pública.

Los participantes señalaron una serie de acciones y omisiones gubernamentales que consideran que afectan las cadenas de suministro de la industria de vehículos eléctricos. En este apartado se incluye la ausencia de una alineación clara entre las políticas públicas de los diferentes órdenes de gobierno y los intereses de esta industria (temas que en distinta medida se abordan también en el capítulo de Gobernanza).

Diversos participantes señalaron que, de forma general, existe una percepción de falta de certeza jurídica en el país. Explicaron que esto deriva en parte de acciones del gobierno que se interpretan como contrarias a derecho, las cuales impactan negativamente en la atracción de inversión y proveedores. En particular, expresaron su preocupación de que, en el caso de no respetarse permisos, contratos, leyes, acuerdos y tratados internacionales vigentes, se genere un clima de incertidumbre que represente riesgos para la inversión.

En este sentido, los participantes destacaron ciertas preocupaciones relativas a acciones tomadas en el sector energético. Señalaron que, si la energía eléctrica es uno de los insumos más importantes para toda industria, esta cobra especial relevancia para la electromovilidad, particularmente que provenga de fuentes renovables para hacer de esta una verdadera solución de movilidad sostenible. En este contexto, mencionaron el impacto que las decisiones del gobierno han tenido en materia de energías limpias y, de manera puntual, destacaron la falta de claridad sobre las nuevas reglas relativas a los certificados de energías limpias (CEL). Este tema fue particularmente sensible para los participantes de la industria automotriz, quienes destacaron que las principales empresas multinacionales demandan que la energía limpia sea parte de sus procesos productivos.

En un tema diverso, los participantes señalaron la falta de incentivos —o bien, de incentivos claros— para la atracción de inversiones como obstáculo para el desarrollo de proveedores. Señalaron también que las políticas existentes de incentivos, como la que ha sido decretada alrededor del corredor del Corredor Interoceánico, no necesariamente se alinean con las necesidades y los centros de producción existentes de vehículos eléctricos y autopartes en el norte del país (sobre este tema se ahonda más en el capítulo de Gobernanza).



Asimismo, señalaron como un obstáculo a la optimización de las cadenas de suministro, al igual que la ausencia de instrumentos aduanales, fiscales y ambientales que busquen facilitar e incentivar la importación de insumos y transporte en México como parte de la política de fomento comercial y de manufactura en el país.

En este sentido, el programa que más se destacó entre los participantes fue el Depósito Fiscal Automotriz (DFA) a partir de cambios recientes que impusieron contar con una carta porte. El Depósito Fiscal es un beneficio que otorga el Servicio de Administración Tributaria y que se puede otorgar en automático a los fabricantes de vehículos que reúnan los criterios establecidos en el “Decreto Automotriz” (DOF, 30 de noviembre 2009). El DFA le permite a las armadoras autorizadas importar autopartes o maquinaria temporal para el proceso de armado de los vehículos, que integre partes mexicanas en un porcentaje cercano al 20%, sin que las autopartes importadas paguen IVA, bajo la condición de que estas sean exportadas nuevamente. Este trato fiscal se diseñó para evitar la doble tributación y también para evitar tener que pagar IVA y luego solicitar una devolución al momento de la exportación. Esta figura está contemplada en la legislación fiscal y aduanera.

A partir del 1º de enero de 2022, se volvió exigible contar con una carta porte, medida que busca identificar a detalle las mercancías para tener la certeza de qué contenidos se transportan, conocer las rutas que estos siguen, así como el origen y destino de las mercancías, para los casos de verificación aleatorios que permitan anticiparse a los riesgos o amenazas en el traslado, y así brindar información para establecer estrategias que garanticen la seguridad de tránsito en las distintas rutas, entre otras (SAT, 2021). Al respecto, los participantes argumentaron que esta nueva exigencia generó una enorme carga administrativa para las autoridades aduanales y elevó los costos en tiempo y dinero para las empresas, pues estiman que, lo que anteriormente podía hacerse en días, ahora toma semanas.

A mayor detalle, los participantes consideraron que este requisito genera enormes costos para el traslado de mercancías entre plantas (y no solo en las aduanas) por el hecho de tener que contar con un registro detallado de las piezas que se transportan, el valor de la mercancía, números de serie, entre otros datos, lo cual a su vez podría generar ventanas de oportunidad para la arbitrariedad y corrupción.

Finalmente, los participantes identificaron programas que, a pesar de ser benéficos para la industria, en la práctica tienen ciertas deficiencias operativas que deben ser revisadas. Algunos ejemplos son el Programa de la de Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación (IMMEX), que se percibe como poco accesible; el Programa de Promoción Sectorial (PROSEC), que en general funciona de manera idónea, y por último el programa Transporte Limpio, que en su consideración requiere ser revisado y ajustado para su correcto funcionamiento operacional, así como un mecanismo de incentivos.

RECOMENDACIONES

La siguiente sección resume una serie de recomendaciones desarrolladas en conjunto a partir de la aportaciones, opiniones y acciones sugeridas en la segunda sesión del eje temático de desarrollo de proveedores, celebrada el 29 de agosto de 2022. En esta se contó con la participación de actores de la industria, gobierno y academia de México y Estados Unidos. A su vez, el contenido de las recomendaciones fue corroborada con evidencia académica, mejores prácticas y entrevistas subsecuentes con los actores del proyecto.

I. CERCANÍA CON PROVEEDORES E INTEGRACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA

Recomendación 12: Censo de proveedores existentes y desarrollo de un directorio nacional de proveedores de la industria automotriz eléctrica

Entre los obstáculos identificados en la sección anterior, el primero es relativo a contar con proveeduría y cadenas productivas integradas a nivel regional y en todo México. Para ello, en la sesión de soluciones bajo este eje temático se les preguntó a los participantes qué estrategias se podrían implementar en conjunto entre gobierno, sector académico y privado para incentivar el desarrollo de la proveeduría regional cerca de los centros de producción. Si bien la mayoría de los proveedores de la industria actualmente pueden proveer insumos tanto para la fabricación de vehículos de combustión interna como eléctricos, en muchos casos tendrán que transitar gradualmente hacia la manufactura de componentes específicos para estos nuevos autos.

En respuesta a la pregunta mencionada, diversos participantes coincidieron en que un primer paso necesario para solucionar este obstáculo es contar con una identificación o censo a nivel nacional de todos los proveedores existentes en la industria automotriz para poder entender qué procesos existen actualmente, así como su ubicación. El producto de esta recomendación es, por un lado, contar con información más completa para la toma de decisiones y, por otro, la creación de un directorio nacional de proveedores a disposición del sector.

Este tipo de censo y directorio puede ser desarrollado en conjunto entre gobierno, cámaras industriales, *original equipment manufacturers* (OEM) y proveedores Tier 1 (desarrollo de equipos y autopartes suministrados a las OEM), Tier 2 (piezas) y Tier 3 (materias primas), así como contar con apoyo de la academia. Esto permitirá a las empresas obtener información fuera de sus *clusters* en otros estados del país y, con ello, integrar entidades federativas en este campo industrial. En el corto plazo, esto también posibilitaría aprovechar las capacidades que México tiene, por ejemplo, en manufactura eléctrica,

mientras que en el mediano plazo, ajustaría la producción de aquellos componentes que serán cada vez más demandados por los OEM.

Dicho esto, los participantes recomendaron elaborar un catálogo electrónico con insumos de la industria que consista de una lista de bienes y servicios relacionados a la industria automotriz eléctrica, el cual podría ser administrado y actualizado por la Secretaría de Economía.

RECOMENDACIÓN 12

Elaboración de censo y directorio de proveedores existentes con información provista por la industria para identificar la oferta actual y las áreas de oportunidad de atracción de nuevas industrias. Esto facilitará que otros actores de la industria localicen a los proveedores para incrementar el mercado interno de los mismos.

ACTORES RELEVANTES

Industria, Secretaría de Economía, Secretaría de Relaciones Exteriores.

Recomendación 13: Identificación de necesidades de proveeduría, conversión de industria existente para la transición y requerimientos para la atracción de nuevos proveedores

La segunda recomendación consiste en un análisis detallado derivado del mapeo y catálogo de proveedores existentes, mencionado en la sección anterior. Al contar con una base de datos actualizada sobre la cadena de proveeduría que actualmente existe en el país, la industria y la academia sugirieron realizar un análisis que identifique los componentes —principalmente provenientes de Asia— que aún deben ser importados a México para fortalecer la cadena de proveeduría regional para la manufactura de vehículos eléctricos.

Este análisis permitirá definir qué proveedores deben desarrollarse localmente para buscar la resiliencia de la cadena de suministro, al igual que identificar qué proveedores existentes podrían desarrollar los componentes que aún no se ofrecen a la industria automotriz. La reconfiguración y transición de las empresas es un proceso en el que participa la Secretaría de Economía, a través de la que se ha identificado qué proveedores cumplen con los requisitos que exige la transición a la electromovilidad, así como las herramientas y el apoyo que necesitan para lograrlo de manera exitosa. El ejemplo de un caso similar se llevó a cabo en Estados Unidos, a partir de la orden ejecutiva del presidente Biden para analizar seis cadenas productivas de la industria manufacturera que dependen de importaciones. A raíz de dicha revisión, se elaboró un informe que incluye diagnósticos y estrategias para fortalecer las industrias analizadas, incluyendo la de semiconductores. Aunado a ello, se realizó un panel y un grupo de trabajo específico para cada sector analizado (White House, 2021a).



Para el desarrollo de la proveeduría mexicana, principalmente de micro, pequeñas y medianas empresas, se enfatizó la necesidad de contar con una mayor disponibilidad y flexibilidad de créditos de la banca de desarrollo y comercial, de modo que dichas empresas puedan invertir en desarrollo tecnológico y crecimiento para lograr adaptarse a las necesidades de la industria de la electromovilidad.

En ese sentido, también se mencionó que es todavía más deseable contar con nuevos mecanismos que faciliten la inversión hacia los proveedores mexicanos Tier 2, por ejemplo, con la creación de mecanismos de inversión similar a los FIBRA (fideicomisos de inversión en bienes raíces). Estos fideicomisos se encargan de invertir, administrar y operar inmuebles de gran escala y alta calidad; pueden pertenecer a diversos sectores de la economía, como el industrial, de oficinas, plazas comerciales, hoteles, energía y telecomunicaciones, entre otros (BMV, 2021). En la recomendación, se comentó que el mecanismo podría partir de mejores prácticas derivadas de estos fideicomisos y, a partir de ello, orientarse hacia la industria automotriz.

RECOMENDACIÓN 13

A partir del censo de proveedores en México (de la primera recomendación), se aconseja identificar el potencial para la reconversión y transición de la proveeduría actual hacia la industria automotriz eléctrica. A su vez, promover mecanismos, incentivos y financiamiento para la inversión.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Economía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores, Comisión Nacional Bancaria y de Valores, Banca de Desarrollo, Banca Comercial, industria y academia.

II. DESARROLLO DE MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BATERÍAS

Recomendación 14: Mesas de participación en las que se escuche a los actores clave para la expedición de programas estratégicos, políticas y lineamientos

A pesar de que este obstáculo fue identificado antes de la publicación en el *Diario Oficial de la Federación* del decreto por el que se creó el organismo público LitioMx, con fecha 23 de agosto de 2022, posterior a la expedición de esta norma, aún continúa existiendo un grado relevante de incertidumbre relativo a los mecanismos y formas de participación del sector privado en esta industria.

Por un lado, el decreto establece que LitioMx podrá asociarse con el sector privado para la producción, transformación y distribución de productos derivados del litio (artículo 6 fracción VII). En lo que interesa a este capítulo, el órgano tendrá la atribución de “[i]nvestigar y desarrollar la tecnología requerida en la industria relacionada con la utilización del litio”, como se menciona en el artículo 6 fracción II (DOF, 2022). No obstante, la incertidumbre sigue siendo un obstáculo identificado por los actores, ya que la expedición del estatuto orgánico de este órgano paraestatal sigue pendiente. Entre sus funciones, este tendrá el de desarrollar programas estratégicos, políticas, lineamientos y visión, así como la determinación del presupuesto con el que operará y los criterios bajo los cuales se asociará.

De esta forma, durante las entrevistas subsecuentes, los participantes reiteraron que la exigua regulación existente no da claridad suficiente de los alcances y formas en que el sector privado podría participar en las cadenas de suministro de baterías y, con ello, en la atracción de proveedores. Por ende, la necesidad de atracción de inversiones sigue siendo necesaria, no solo para la exploración, extracción y refinación del litio en México, sino también para el desarrollo de un ecosistema en el país (además de baterías, por ejemplo, en la fabricación de aleaciones o en la industria farmacéutica).

Como se señaló en el apartado de obstáculos (y en otros capítulos de este documento), la fabricación de baterías es sumamente estratégica para la industria de vehículos eléctricos. La existencia de yacimientos de litio en el país, al igual que la intención expresada por el presidente López Obrador de utilizar el litio nacional para la industria automotriz (Gobierno de México, 2022b), dan señales de que se está trabajando en la dirección correcta, explotando la ventaja comparativa potencial de México en materia de baterías.

En ese sentido, la recomendación no solo consiste en llamar a que el marco regulatorio pendiente se emita a la brevedad, sino que, en el proceso de creación del mismo, se escuchen a distintas voces de los actores clave en el sector industrial, social y ambiental. Contar con normas y planes que recojan

diversos puntos de vista permitirá diseñar formas de participación que respondan a distintos intereses que permitan atraer inversión, tecnología y modelos de negocio innovadores que faciliten la inserción de México en las cadenas de proveeduría de baterías.

Por ello, los actores del proyecto recomendaron convocar un foro participativo que informe de la manera más completa el marco normativo pendiente en materia de litio, que asegure los mayores beneficios para México, sus habitantes e industrias, y que evalúe la tecnología que será necesaria para la extracción y procesamiento del mineral, de acuerdo con las características específicas de los yacimientos mexicanos.

Como resultado de dicho foro, se busca tener mayor claridad en el marco normativo, tomando en cuenta las distintas opiniones y requisitos para extraer y procesar el mineral de forma eficiente. Para ello, se sugiere seguir el ejemplo chileno, en donde se construye una hoja de ruta para establecer líneas de trabajo, de investigación y desarrollo tanto a mediano como a largo plazo (Alta Ley, 2022). Esto facilitará la atracción de empresas desarrolladoras de baterías que cuentan con el *know-how* para el desarrollo de estos componentes. Además, promoverá convenios de colaboración y transferencia de conocimientos para que México desarrolle este tipo de tecnología en el país.

Por último, los participantes destacaron que es prudente no solo enfocar la atención en el litio, sino en otras materias primas, por lo cual recomendaron llevar a cabo mesas de trabajo enfocadas en otros componentes estratégicos para la elaboración de baterías e incluso para otras partes importantes para los autos eléctricos. Igualmente se consideró importante no centrar todos los esfuerzos únicamente en la fabricación de baterías, sino considerar un enfoque holístico de toda la cadena de valor del sector.

RECOMENDACIÓN 14

Elaborar mesas de trabajo enfocadas en determinar componentes estratégicos para la fabricación de baterías y otros componentes esenciales para la industria de vehículos eléctricos. De la misma forma, implementar mesas de participación en las que LitioMx, a través de su órgano de representación, escuche a los actores clave en materia de litio, incluyendo a la academia, la industria y las instancias públicas no representadas en el órgano de gobierno para trazar una hoja de ruta e incluir estas recomendaciones al momento de expedir los programas estratégicos, las políticas, los lineamientos y la visión.

ACTORES RELEVANTES

LitioMx, Secretaría de Energía, Secretaría de Economía, Servicio Geológico Nacional, Secretaría de Relaciones Exteriores, industria, academia.



III. DISPONIBILIDAD DE COMPONENTES TECNOLÓGICOS DIGITALES

Recomendación 15: Elaboración de un mapa de ruta industrial y de mecanismos de financiamiento para proveedores mexicanos

La escasez de semiconductores, como se mencionó a inicios de este capítulo, es una gran preocupación del sector automotriz a nivel global. Una de las recomendaciones mencionadas para afrontar este reto es buscar atraer a México empresas enfocadas en la manufactura de semiconductores.

Para ello, en la sesión de recomendaciones de este eje temático, se mencionó que la Secretaría de Economía trabaja activamente con empresas de semiconductores —como Intel y Vishay Intertechnology, por ejemplo— para acelerar la instalación y producción de sus plantas en México (Morales, 2022). Con ello, se busca que la dependencia a la importación de dichos componentes a nivel regional disminuya para que así México avance como polo de innovación en la región fortaleciendo las complejas cadenas de suministro de semiconductores en el mundo.

Un ejemplo de esta visión es el Centro de Diseño Intel en Guadalajara, al igual que la firma de un convenio de colaboración celebrado entre esta empresa y la Secretaría de Economía en abril de 2022 con el objetivo de fortalecer la transferencia de recursos de innovación y la capacitación a largo plazo del talento mexicano altamente especializado en materia de tecnología (Secretaría de Economía, 2022).

En este sentido, los participantes del proyecto recomendaron que las iniciativas que la Secretaría de Economía lleva a cabo para la instalación de desarrollos en tecnología digital deben continuar, escalarse y atraer a más compañías e inversión en desarrollo de proveeduría de tecnología digital para la manufactura de semiconductores, que son elemento básico para cada vez más industrias.

Lo anterior, se traduce en la recomendación de desarrollar un mapa de ruta enfocado en la política industrial que vincule a proveedores y a desarrolladores, con el fin de incrementar el contenido de valor mexicano

(y norteamericano) en vehículos eléctricos en el mediano plazo. Además, los participantes sugirieron que este mapa se centre principalmente en las micro, pequeñas y medianas empresas, las cuales se verán beneficiadas por el incremento de demanda para procesos de manufactura impulsados por la tendencia de *nearshoring* y *allyshoring*, así como por el T-MEC, específicamente por el valor de contenido regional.

Para que los proveedores mexicanos puedan aumentar su capacidad y aprovechar la nueva demanda mencionada, también deben contar con facilidades de financiamiento y atracción de inversiones, por lo que es importante brindarles las herramientas necesarias para la adaptación a la nueva era de electromovilidad.

RECOMENDACIÓN 15

Desarrollar un mapa de ruta industrial que vincule a proveedores y desarrolladores, que establezca objetivos concretos, así como los pasos para su implementación en un periodo que se determine en la hoja de ruta para lograr un 100% de valor de contenido regional. Diseñar mecanismos para la inversión y una propuesta de financiación público-privada para el apoyo y fomento de la expansión industrial.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Economía, Secretaría de Relaciones Exteriores, Banco Nacional de Comercio Exterior, Departamento de Estado de Estados Unidos, Departamento de Comercio de Estados Unidos, gobiernos locales, industrias de tecnología y semiconductores, academia.

IV. ALINEACIÓN DE POLÍTICAS

Los participantes mencionaron múltiples obstáculos que pueden englobarse dentro de una “falta de alineación de políticas públicas”, cuyo tema se abordará más a profundidad en el capítulo de Gobernanza. Sin embargo, se considera importante mencionar algunas recomendaciones que abordan tanto el desarrollo de proveedores como la política pública.

Recomendación 16: Organizar grupos de trabajo con actores involucrados para incluir su perspectiva y experiencia en la elaboración de una política pública que incentive el desarrollo de proveedores

Para comenzar, los participantes identificaron que existe la percepción de una falta de certeza jurídica en diversas áreas que impactan tanto a la inversión como la atracción de proveedores. Aludieron de manera particular a la provisión de energía eléctrica y a la política que sigue la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en particular en relación a energías renovables, las cuales son fundamentales para la transición de esta industria. En este rubro, también se mencionó que existe la percepción de que no hay un proyecto unificado del Gobierno Federal trabajando en una política de electromovilidad coordinada.

Debido a lo anterior, la propuesta es llevar a cabo un grupo de trabajo con participación intersecretarial que permita escuchar e incorporar las visiones de cada una de las agencias, los actores de la industria y academia, a modo de desarrollar una política pública unificada y coherente que fomente el desarrollo de proveedores en el sector de la electromovilidad. Estos insumos deben ser incluidos en el mapa de ruta mencionado en la recomendación anterior para poder generar un documento integral que incluya la perspectiva de los actores mencionados.

RECOMENDACIÓN 16
Involucrar en el desarrollo del mapa de ruta industrial a las distintas secretarías y organismos relevantes, escuchando las voces de los actores de industria y academia, para evaluar los mecanismos más idóneos para la atracción de inversiones en el sector.
ACTORES RELEVANTES
Secretaría de Economía, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Federal de Electricidad.

Recomendación 17: Mesas de innovación regulatoria para revisar junto con expertos de la industria áreas críticas de incidencia para mejorar instrumentos aduaneros y fiscales

Por otro lado, los participantes del grupo de trabajo estimaron que la forma en la que los incentivos y esquemas aduaneros existentes operan no es eficiente, por lo que se recomendó a las instancias pertinentes realizar una revisión exhaustiva de los mismos con el objetivo de identificar medidas que puedan mejorar la operatividad de los instrumentos. Se sugiere que esto se lleve a cabo sin dejar de perseguir las finalidades legítimas de control y fiscalización para las que fueron pensadas, como, por ejemplo, la prevención del contrabando de mercancías.

Asimismo, por una parte se mencionó hacer más accesible el esquema IMMEX y, por otra, mejorar el denominado depósito fiscal automotriz. Para ello, es importante contar con foros participativos en donde se escuchen las propuestas y preocupaciones de los participantes de la industria a fin de alinear puntos de incidencia críticos.

Los participantes argumentaron que, a grandes rasgos, la implementación de las reformas que buscan evitar delitos fiscales han ocasionado que la industria tenga que pagar provisionalmente IVA y posteriormente esperar meses a recibir devoluciones, lo que impacta en la liquidez de las empresas y redundante en la ya problemática falta de financiamiento para invertir en las exigencias de los nuevos mercados automotrices. Además, los actores de la industria consideran que las revisiones y el conteo de mercancías también generan un alto costo en tiempo para las autoridades.

Por otra parte, también señalaron que el Decreto Automotriz (Decreto para el Apoyo de la Competitividad de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles publicado en 2003 y reformado en 2009) no contempla a los vehículos eléctricos, por lo que existe una oportunidad de emitir un nuevo decreto que sí los incluya para así apoyar a la industria en su transición hacia la electromovilidad.

Asimismo, los participantes recomendaron hacer una revisión de las políticas de condonación de impuestos a la importación de vehículos eléctricos para transporte público, ya que la importación de autopartes para la fabricación nacional de dichos vehículos actualmente no está exenta de impuestos.

Sugirieron que todas estas revisiones deben hacerse con la participación de expertos en materia fiscal de la industria, gobierno y academia, con el objetivo de apoyar e igualar las condiciones para los proveedores nacionales del sector automotriz. [A](#)

RECOMENDACIÓN 17
Mesa de trabajo enfocada en la innovación de políticas públicas que cuente con la participación de expertos técnicos y cuyo objetivo sea la identificación de fallas y soluciones en cuestiones críticas que inciden en la importación de suministros para la manufactura automotriz en la normativa aduanera y fiscal. Promulgación de un nuevo decreto automotriz que incorpore beneficios para autos eléctricos y en el que se atiendan los puntos críticos identificados por la industria.
ACTORES RELEVANTES
Secretaría de Economía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores, Servicio de Administración Tributaria, aduanas, industria, academia.



Desarrollo de Infraestructura

Introducción

Para comenzar este capítulo, es importante definir a qué tipo de infraestructura se refiere el documento, tomando en cuenta el contexto del sector automotriz eléctrico. Para ello, se propone dividir el tema en dos áreas diferentes: la infraestructura de recarga y la infraestructura de red. La primera hace alusión a los tipos de cargadores y al despliegue de estaciones de recarga que serán necesarios para el funcionamiento de los autos eléctricos. La segunda tiene dos aristas, en primera instancia, la red de telecomunicaciones que será clave en los procesos de eficiencia del sector, seguido por la red y matriz eléctrica que proporcionará energía a las estaciones.

Según las previsiones de la empresa IHS Markit sobre la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, el despliegue mundial de estas estaciones aumentará con una tasa de crecimiento anual del 31% hasta alcanzar más de 66 millones de unidades en 2030. Las preferencias por el tipo y la ubicación de la infraestructura de recarga varían en las principales regiones promotoras del sector, en el que China será el país que representará más del 60% del crecimiento en las estaciones de recarga públicas desplegadas en todo el mundo para ese año (IHS Markit, 2021).

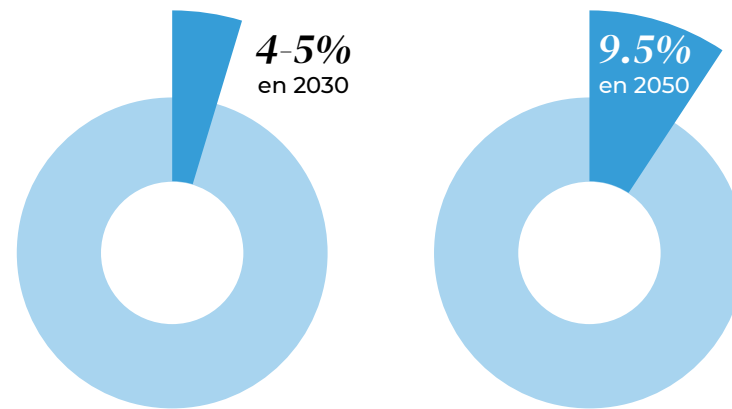
En el caso de Estados Unidos, el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés) elaboró un estudio en el que se plantea un escenario en el que, en estados promotores del sector (como California), la venta total de vehículos sea de eléctricos para 2035, mientras que para el resto de la nación sería 2040. Partiendo de este escenario, el informe estima que Estados Unidos necesitará instalar 2.4 millones de cargadores públicos (no domésticos) para 2030, lo que representa once veces más de los 216,000 cargadores instalados y registrados a finales de 2020 (Bauer et al., 2021).

Por otro lado, en Europa se estima que el despliegue acumulado de estaciones de recarga de vehículos eléctricos aumentará en un 24% durante el periodo 2020-2030. Para 2030, se espera que alrededor de 20 millones de casas en este continente estarán equipadas con estaciones de recarga, mientras que las estaciones públicas serán ocho veces mayores a las instaladas en el año 2020 (IHS Markit, 2021).

porcentaje del consumo total de energía

procedente de los vehículos eléctricos en la Unión Europea

EEA, 2021



El aumento en la demanda de vehículos eléctricos, acompañado de la instalación de estaciones de recarga, generará cambios sustanciales en el consumo y generación de energía. Por ejemplo, en la Unión Europea se espera que el porcentaje del consumo total de energía procedente de los vehículos eléctricos pase de aproximadamente el 0.03% en 2014 a alrededor del 4-5% en 2030 y al 9.5% en 2050 (EEA, 2021).

Dados los compromisos internacionales para hacerle frente al cambio climático, se puede esperar que la energía adicional necesaria para satisfacer el incremento de la demanda de la sociedad en general provenga de fuentes renovables. No obstante, se necesitarán planes integrales para cambiar la estructura de la red, ya que actualmente la mayoría de los autos eléctricos se recargan con energía proveniente de combustibles fósiles. Para poner lo anterior en perspectiva, la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, por sus siglas en inglés) explica que, si hoy todos los autos ligeros en Estados Unidos fueran eléctricos, representarían el 24% de la demanda total de electricidad de ese país. Dado que la cantidad total de electricidad producida a partir de energías renovables en Estados Unidos oscila entre el 18 y 22%, la demanda de energía de todos los vehículos ligeros no podría, ni siquiera teóricamente, satisfacerse con energía limpia (IRENA, 2019).

Asimismo, los cambios de infraestructura deberán ser acompañados de la digitalización, particularmente por la adopción de la red 5G. La interconectividad y digitalización le ofrecen distintas ventajas al sector. Por ejemplo, pueden ayudarle al usuario a determinar con precisión la autonomía disponible (batería) de su vehículo hasta las estaciones de carga más cercanas. O bien, la recopilación de datos en los diferentes lugares de recarga puede apoyar a los distribuidores a planificar la expansión de las redes para garantizar que se disponga de suficiente capacidad para satisfacer la creciente demanda de vehículos eléctricos (Muttaqi et al., 2019).

En la mayoría de los mercados, la infraestructura de recarga es incipiente, difícil de gestionar, geográficamente limitada y costosa. Los propietarios de flotas que organizan la recarga en masa deben pagar costosas actualizaciones de la red y sufrir largos tiempos de inactividad. La recarga estándar tiene sus dificultades, a las que las nuevas tecnologías están intentando superar. Además, existe un debate recurrente en cuanto a la instalación de infraestructura de recarga, pues se discute acerca de cuál entidad debe ser la que invierta en el desarrollo de esta. Existen múltiples alternativas; por ejemplo, que los principales inversionistas sean el gobierno, los fabricantes de vehículos o asociaciones entre ambas partes que funjan por medio de licitaciones y subsidios. Mediante análisis de las cadenas de suministro, se ha encontrado que lo más recomendable para aumentar la demanda de vehículos eléctricos es la inversión gubernamental acompañada de subsidios a los usuarios, así como la construcción de infraestructura por los fabricantes de vehículos que cuenten con apoyos gubernamentales que promuevan su uso (Kumar et al., 2021).

Es claro que la infraestructura es un tema toral en la transición hacia la electromovilidad. En las siguientes páginas se detalla el diagnóstico, mismo que se basa en las opiniones de los expertos involucrados en el grupo de trabajo para la electrificación en este eje temático, de entrevistas individuales adicionales y de investigación que corrobora la relevancia de los obstáculos analizados.

DIAGNÓSTICO



1. Estaciones de recarga

Uno de los principales temas mencionados durante la primera sesión del grupo de trabajo de este eje temático fue la necesidad de instalar infraestructura de recarga para vehículos eléctricos ligeros y pesados tanto en hogares como en ubicaciones de acceso público y carreteras.

Los participantes mencionaron que uno de los obstáculos principales es la falta de homologación de los cargadores, ya que existen diferentes tipos para uso doméstico, que utilizan la red eléctrica residencial, así como estaciones que pueden operar niveles de voltaje y corriente más altos, en los que se necesitaría un menor tiempo para recargar un vehículo. A estas estaciones se les conoce comúnmente como “electrolineras” (Sánchez Vega et al., 2020).



Los diferentes tipos de cargadores han sido regulados en diversos países para facilitar su instalación y su uso. Sin embargo, no existe un consenso global sobre qué tipo de cargadores se deben utilizar. Debido a ello, existen tres distintos tipos para corriente alterna (CA), así como tres más para corriente continua (CC). En Estados Unidos y Canadá se utiliza el tipo 1, en Europa el tipo 2 y, en China, el GB/T para corriente alterna (Hove y Sandalow, 2019; Mobility Insider, 2021). En la sesión de obstáculos se mencionó que, dado que Estados Unidos es el principal socio comercial de México y debido a la proximidad con ese país, una buena opción sería regular la adopción de los cargadores a tipo 1.

Asimismo, la instalación de infraestructura para vehículos eléctricos se destacó como un reto para la transición hacia la electromovilidad. Esto conlleva, a su vez, varias aristas que es importante mencionar en este capítulo. La primera es la falta de un estudio confiable que muestre la oferta actual de cargadores, para poder geolocalizar, de acuerdo con la demanda, las zonas que requieren priorizarse para instalar infraestructura de recarga. Actualmente se cuenta con un estudio de la CFE que señala que existen 2,090 cargadores en México (RENAEL, 2021). Sin embargo, los expertos señalaron que la información no ha sido actualizada ni incluye los cargadores privados existentes.

Como un paso adicional al obstáculo mencionado, se visibilizó el tema técnico de adecuación de voltaje para el correcto funcionamiento de los cargadores, especialmente cuando el volumen de vehículos a cargar se vuelva considerable. Para ello, los participantes del grupo de trabajo destacaron la necesidad de desarrollar un plan de implementación de infraestructura que tome en cuenta las proyecciones de demanda y los niveles de carga estimados. Existen distintos niveles de carga; el nivel 1 puede utilizarse en una corriente normal, con el cual toma muchas horas cargar un vehículo y normalmente se utiliza durante toda la noche. La carga del nivel 2

es considerablemente más rápida, pero requiere la instalación de una estación de recarga, también conocida como equipo de suministro para vehículos eléctricos (EVSE). Por otro lado, la carga rápida con CC es la más veloz y requiere una instalación adicional en las electrolineras (California Clean Vehicle Rebate Project, 2020).

Asimismo, se estimó necesario tomar en cuenta distintos factores para regular una instalación exitosa de la infraestructura, pues se debe considerar, por ejemplo, cómo será el acceso a las estaciones de recarga, qué lineamientos se deben cumplir para asegurar su correcto funcionamiento, qué características debe tener la ubicación en donde se instale, así como los esquemas de negocio y de cobro para proveedores y usuarios tanto en ciudades como en carreteras. Para ello, se pueden analizar las mejores prácticas internacionales de los mercados más avanzados —como lo son China, Europa y Estados Unidos—, aunque se deben considerar las características y contexto del país y adaptar las recomendaciones de acuerdo con las necesidades específicas del mercado. Algunas de estas prácticas son la modificación a códigos de construcción de edificios, vivienda y estacionamientos, el Open Charge Point Protocol (OCPP) y la implementación de incentivos y subsidios (Hull y Lutsey, 2020).

Finalmente, los actores del proyecto externaron la importancia de priorizar la atracción de inversiones para la implementación y el despliegue de la infraestructura, donde destacaron que tanto la industria como el gobierno deberán proveer recursos para lograr este desarrollo, idealmente, a través de la modernización, innovación y energías *eco-friendly* que apoyen el cumplimiento de México con los objetivos internacionales de emisiones contaminantes. En entrevistas subsecuentes, los participantes mencionaron un caso de estudio de la CFE, en el que, a través de convenios con comercios y actores de la industria automotriz, se instalaron cargadores en estacionamientos, con lo que se consiguió una operación ganar-ganar.



2. Ciudades vs. carreteras

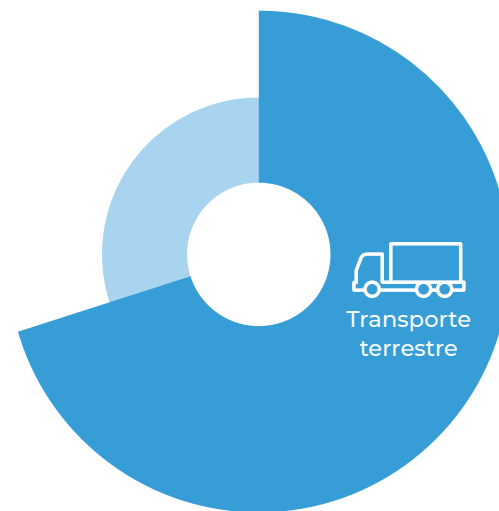
En esta misma temática, durante la sesión de trabajo citada se abrió un debate relativo al orden de prioridades del despliegue de la infraestructura de recarga en ciudades y carreteras. En primera instancia, se señaló que la electromovilidad es un fenómeno inicialmente urbano, por lo que se sugirió que el desarrollo de infraestructura empiece en ciudades, particularmente en sitios públicos, como estacionamientos y centros comerciales.

Por otro lado, se argumentó que, si bien la electromovilidad emerge en las ciudades, la mayoría de los autos eléctricos podrán recargarse en zonas habitacionales, lo que les dará una autonomía suficiente para poder circular. Dicho esto, mencionaron que el mayor obstáculo radica en la reconfiguración y adaptación eléctrica habitacional. A su vez, se señaló que uno de los principales retos del automóvil eléctrico es la capacidad para trasladarse de una ciudad o estado a otro, por lo que se recomendó iniciar con el despliegue de redes electrolineras en carreteras. Para reforzar este punto, durante las entrevistas individuales

*más del
70%*

**COMERCIO ENTRE
MÉXICO Y E.U.A**

**se realiza por vía terrestre, por lo
que se debe priorizar la instalación
de centrales de recarga**



posteriores a la sesión mencionada, actores del gobierno e industria explicaron que más del 70% del comercio entre México y Estados Unidos se realiza por la vía terrestre y que, dada la adopción y promoción de camiones eléctricos en la administración del presidente Biden, aunado a la transición de flotillas de empresas multinacionales, se debería priorizar la instalación de centrales de recarga en zonas fronterizas.

Alrededor del mundo, distintos países están implementando estrategias para el despliegue de estaciones de recarga. Si bien estas estrategias contemplan el desarrollo de infraestructura en ciudades y carreteras, los métodos de priorización o incentivos para desarrollar esta infraestructura suelen ser distintos. Por ejemplo, en 2021 Chile lanzó su estrategia nacional de electromovilidad donde detalló que la ubicación de puntos de recarga se basará en criterios basados en los flujos vehiculares y la disponibilidad de la red eléctrica, por lo que, hasta la fecha, el gobierno chileno ha desarrollado más la parte de infraestructura urbana (Gobierno de Chile, 2021).

Por otro lado, y a manera de contraste, el desarrollo de infraestructura desde un punto de vista regional prioriza la instalación en carreteras, como el caso de la estrategia European Green Deal de la Unión Europea, la cual presenta un reglamento para el despliegue de recarga eléctrica con el objetivo de instalar una estación cada 60 kilómetros (alrededor de 4 millones de puntos de recarga para 2030) a lo largo de las principales vías de comunicación entre los países de la zona (Comisión Europea, 2021). Lo anterior nos da a entender que la planificación en estaciones de recarga dependerá de la posición geográfica, la integración regional, el tamaño de población, la situación económica y la demanda de autos eléctricos de cada país.

57 MILLONES

**de personas, en 2015,
eran usuarios de internet**

IFT, INEGI

88 MILLONES

**de personas, en 2020,
eran usuarios de internet**

IFT, INEGI



3. Redes de telecomunicaciones

Según datos del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) y el INEGI, en el 2015 alrededor del 60% de la población en México —el equivalente a 57 millones de personas— eran usuarios de internet. Cinco años más tarde, el número de usuarios aumentó a 88 millones. Esto implica que hoy en día el 78% de la población urbana y el 50% de zonas rurales cuentan con cobertura a internet. Por otro lado, este medio es el principal para la conexión de los celulares inteligentes, con un 96% (IFT, 2020b; INEGI, 2021).

La evolución tecnológica, la caída de precios, la implementación de reformas y la competencia del sector han apoyado a la rápida digitalización de México y de diversos países en la última década. Debido a lo anterior, el sector de telecomunicaciones ha dado pasos cada vez más grandes en el ecosistema de la movilidad. Por ejemplo, el desarrollo de vehículos autónomos y los servicios interconectados dependen de las redes digitales. La red 5G, por ejemplo, permitirá conectar cien veces más dispositivos, lo cual podrá habilitar el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) masivo, lo que supone un millón de objetos conectados por kilómetro cuadrado. De esta manera, en la medida que el vehículo eléctrico sea “más inteligente”, la interrelación entre estas dos industrias será incluso mayor (ITU, 2018).

Es por ello que uno de los temas más relevantes discutidos durante la sesión de trabajo fue la necesidad de acelerar la digitalización en el sector automotriz, en particular la adopción de la red 5G para mejorar la experiencia del usuario y para hacer que los procesos de manufactura y automatización sean más eficientes. En este sentido, a través de las entrevistas intermedias con expertos del sector de telecomunicaciones en México, se identificaron dos obstáculos para la adopción de la red 5G en el país: el despliegue de infraestructura y el costo del espectro.

Sobre el primer obstáculo, se mencionó que —a diferencia de los sistemas 4G— la red 5G incluye mayor capacidad de transmisión de datos, mayor ancho de banda y menor tiempo de espera o latencia (IFT, 2020c). Dado que las ondas

de alta frecuencia tienen más dificultad para viajar a distancia y a través de los objetos, los sistemas 5G se construirán con tecnología de células pequeñas con antenas separadas y en mayor proximidad unas de otras, por lo que el número de antenas de estaciones base aumentará considerablemente (ITU, 2021). Esto necesitará de la coordinación de distintos niveles de gobierno, así como de la toma de decisiones y planificación urbano-territorial en municipios para agilizar la instalación y despliegue de este tipo de red en el país.

En segundo lugar, se enfatizó la necesidad de reducir el costo del espectro. Según datos de diversos organismos y consultoras internacionales, el costo del espectro en México es el más elevado en América Latina, pues este representa el 12% de los ingresos anuales de la industria de telecomunicaciones; casi el doble que en países como Alemania y Estados Unidos (BName-ricas, 2021; GSMA, 2020). El aumento de la capacidad y las velocidades de datos que permite la red 5G requerirá más espectro, por lo que su elevado costo puede representar una barrera para el desarrollo de esta red digital en el país en el corto y mediano plazo.



4. Red eléctrica

Como se mencionó al inicio de este capítulo, la infraestructura de la red eléctrica fue identificada como un obstáculo prioritario en el despliegue de las estaciones de recarga. Lo anterior se debe a la necesidad de contar con infraestructura que pueda soportar el aumento en la demanda energética para la recarga de vehículos eléctricos —tanto ligeros como pesados— que sea confiable y que idealmente provenga de energías limpias.

En este aspecto se mencionaron principalmente dos factores importantes: la generación de energía eléctrica y la infraestructura de transmisión y distribución. La generación eléctrica, cuya planeación queda fuera del alcance de este proyecto, juega un papel esencial para el cumplimiento de los objetivos ambientales de actores internacionales de la industria automotriz. Por ejemplo, durante la COP26, trece fabricantes de automóviles se comprometieron a alcanzar el 100% de ventas de vehículos nuevos, con una meta de cero emisiones en los principales mercados para 2035 (Gobierno del Reino Unido, 2022).

Además, de acuerdo con el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), para satisfacer el aumento de demanda en energía eléctrica destinada a la electromovilidad, se utilizarán 10,926 GWh para 2035, lo cual representa 2.3% del consumo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (CENACE, 2021). La generación adicional de energía, de acuerdo con lo expresado en los grupos de trabajo, idealmente debe considerar los compromisos internacionales de México en términos de emisiones contaminantes. Algunas soluciones mencionadas fueron las microrredes y la generación para el autoconsumo.

La transmisión y distribución eléctrica, por otro lado, son una preocupación que se expresó en varias ocasiones durante la mencionada sesión. En México, el SEN se compone de 53 regiones de transmisión que están conectadas



entre sí mediante redes eléctricas de alta tensión (corredores), conocidas como redes nacionales de transmisión (RNT), que permiten el intercambio de energía eléctrica entre ellas. A su vez, dentro de cada región de transmisión existen redes de distribución, las cuales conectan todas y cada una de las subestaciones entre sí (Chacón et al., 2021). Este sistema debe estar en óptimo funcionamiento; de lo contrario, corre el riesgo de colapsar. Asimismo, la red debe ser capaz de responder frente a las nuevas condiciones operativas de manera eficaz y segura y, al mismo tiempo, garantizar el acceso a la energía (WRI México, 2021).

Por otro lado, se enfatizó que uno de los desafíos principales a los que se enfrenta el país en materia de seguridad energética es la red de transmisión, ya que no ha recibido las inversiones necesarias para su mantenimiento. Además, se señaló que existen retos de interconectividad, por ejemplo, en los sistemas aislados de Baja California y Baja California Sur o en la península de Yucatán (Ocampo, 2022). En este sentido, la carga de vehículos puede agravar los problemas persistentes en la red eléctrica si no existe una coordinación entre los actores, ya que, al aumentar los picos de oferta y demanda, se generará una mayor presión sobre la red.

Además, los expertos identificaron el reto que representará el despliegue de cargadores rápidos dada la presión que ejercen sobre la red. Esto coincide con diversos estudios, que detallan que este tipo de cargadores pueden presentar efectos adversos relacionados al perfil de tensión o voltaje, así como pérdidas de energía y potencia en los transformadores (Hall y Lutsey, 2020; Shariff et al., 2022).

De la misma forma, es necesario identificar los puntos críticos de la red para buscar soluciones de manera proactiva. Para ello, se requerirán inversiones en infraestructura, tecnología e innovación, las cuales fueron señaladas como un obstáculo adicional por los expertos del grupo. Existen nuevas soluciones, como la conocida como *vehicle to grid*, con las cuales se facilita el control y la gestión de la energía de acuerdo con la demanda en determinado momento del día. Con el tiempo, tanto el desarrollo como el despliegue de este tipo de tecnologías permitirá que los vehículos se conecten a cargadores inteligentes para contribuir al equilibrio del sistema (IEA, 2022c). Al respecto, se señaló la necesidad de definir un camino para atraer inversiones, acompañado de un marco regulatorio que permita un uso eficiente de la red.



I. RECOMENDACIONES GENERALES PARA INFRAESTRUCTURA

En la siguiente sección se presentan una serie de recomendaciones que fueron desarrolladas a partir de las aportaciones hechas en la segunda sesión de este eje temático del proyecto, celebrada el 2 de septiembre de 2022, con participantes de la industria, gobierno y academia de México y Estados Unidos. A su vez, dichas soluciones y pasos a seguir fueron corroborados con evidencia, mejores prácticas y entrevistas subsecuentes con los actores del proyecto.

I. ESTACIONES DE RECARGA

Recomendación 18: Elaboración de un censo que identifique la oferta actual de cargadores y el estatus de su funcionamiento

Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los principales retos identificados para el éxito de la instalación de la infraestructura de recarga en México es la ausencia de un estudio fiable que muestre la oferta actual de cargadores. Los participantes señalaron que, a pesar de la existencia de algunas bases de datos y aproximaciones realizadas por la industria y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), no existe un censo único confiable elaborado por una autoridad que incluya el número de cargadores privados.

Además, comentaron que actualmente no es posible conocer el estatus del funcionamiento de los cargadores instalados, por lo que su primera recomendación fue elaborar una base de datos actualizada de cargadores. En segunda instancia, sugirieron analizar las opciones de tecnología existentes para identificar el estatus de funcionamiento de los cargadores, destacando la importancia de desarrollar una estrategia de mantenimiento de estos.

Al respecto, existen diversas alternativas para monitorear el funcionamiento de los cargadores a través de soluciones de telecomunicaciones. No obstante, su debida implementación requerirá del análisis de la infraestructura

existente. La importancia de esa información radica en que, utilizando dichos datos como línea de base, los pronósticos de cuántos cargadores se requerirán en un futuro serán más exactos. Con ello, se tendrá también mayor claridad en la demanda de energía eléctrica necesaria (Gartner, 2021).

Asimismo, conocer la ubicación de cargadores públicos facilita el uso de vehículos eléctricos y, por lo tanto, acelera la adopción de estos. De acuerdo con el Centro para Energía Sustentable, una base de datos de infraestructura de recarga ayuda tanto a las empresas de servicios públicos, a los estados y a los empresarios a maximizar el rendimiento de las inversiones en infraestructura y a evitar los activos infrautilizados (Gartner, 2021).

En resumen, la recomendación identificada en la segunda sesión gira en torno a la elaboración de una base de datos sólida a través de un censo de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos que incluya la información y geolocalización de los cargadores tanto de uso privado como público. Asimismo, se sugirió que esta base de datos sea actualizada periódicamente y que incluya información de infraestructura tanto para carga de vehículos ligeros como de transporte pesado.

RECOMENDACIÓN 18

Elaborar un censo de la infraestructura de recarga existente, tanto pública como particular, para contar con una línea base que permita establecer la futura demanda de cargadores, así como la zona de priorización a mediano plazo.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Comisión Federal de Electricidad; industria automotriz.

Recomendación 19: Crear una hoja de ruta para establecer un estándar común que permita una infraestructura de recarga unificada en toda la región de Norteamérica

El segundo obstáculo destacado en materia de infraestructura de recarga es la falta de homologación de los cargadores de vehículos eléctricos. Como se mencionó previamente, existen diversos tipos de cargadores que utilizan distintos enchufes y voltajes. Durante la sesión de recomendaciones, los representantes de la industria expresaron opiniones contrastadas. Sin embargo, la mayoría estuvo de acuerdo con la implementación de un estándar de cargadores alineado al de Estados Unidos y Canadá para asegurar la facilidad de tránsito de vehículos privados y comerciales en Norteamérica. Para ello, sugirieron compartir tanto lecciones aprendidas de la región como casos de estudio que puedan facilitar dicha estandarización.

A su vez, recomendaron la elaboración de un documento que detalle la ruta a seguir para la homologación de cargadores eléctricos en el país, buscando que el tipo elegido resulte beneficioso para la mayor cantidad de usuarios posibles. Los participantes señalaron que esto también facilitará la transición hacia la electromovilidad y generará un aumento en la demanda interna del país. Asimismo, mencionaron que la industria de fabricantes se verá beneficiada, ya que el número de componentes de importación y manufactura disminuirá una vez que exista una regulación para instalar y utilizar un único tipo de cargadores, pues esto disminuirá los costos y permitirá un mayor desarrollo comercial.

Por otro lado, destacaron que es recomendable que el mapa de ruta busque, además del tipo de cargador, una estandarización de *software* y de sistemas de pago, con el objetivo de que cualquier usuario pueda utilizar la oferta de cargadores públicos. Sobre esto, se señaló la importancia de regular cómo se cobraría el uso de dicha infraestructura pública.

Este concepto de homologación está estrechamente relacionado con la interoperatividad. Desde el punto de vista del consumidor, esta se refiere a la posibilidad de que los usuarios puedan utilizar cualquier punto de infraestructura de carga pública, con diferentes métodos de pago disponible, donde la electrolinera se encuentre habilitada con los conectores adecuados para la carga del vehículo. Además, políticas aplicadas en otros países recomiendan que las estaciones de carga públicas se comuniquen entre sí y con todo el ecosistema. La interoperabilidad no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también facilita la gestión de la infraestructura, minimiza los costos y aumenta la utilización de esta (Ministerio de Energía de Chile, 2021).

En cuanto a la estandarización de voltaje, los expertos concuerdan en que se debe seguir la regulación existente de voltaje para México. En este sentido, mencionaron que su adopción y homologación para cargadores de vehículos eléctricos evitaría la necesidad de realizar adecuaciones de voltaje,

una práctica común en la actualidad para instalar cargadores europeos o chinos que utilizan un estándar distinto. Estas adecuaciones resultan en costos adicionales y pueden ser problemáticas, ya que tienen una demanda más alta de energía.

Asimismo, se recomendó incluir en el mapa de ruta acciones para disminuir el aumento en la demanda debido a la instalación de infraestructura de recarga. Un caso que ha sido exitoso en otros países es implementar una tarifa preferencial para carga nocturna y, al mismo tiempo, aumentar la tarifa en horas de alta demanda durante el día. En ciertas regiones, esta alternativa depende de distintos operadores de la red eléctrica (EAFO, 2021), por lo que una ventaja para México es que únicamente tendría que ser coordinada por la CFE. Esta diferenciación de tarifas permitiría disminuir el estrés en la red eléctrica y, a su vez, mapear las zonas en las que será necesario fortalecer la red en conjunto con la CFE.

En Canadá y Estados Unidos, el 30% de las causas del pico de consumo de energía eléctrica se atribuye al sector residencial. La carga residencial de vehículos eléctricos contribuirá a los períodos de alto consumo si se lleva a cabo dentro de los periodos críticos de la red. Para mitigar la sobrecarga de la red, se están diseñando planes de programación conocidos como estrategias de desplazamiento de la carga, las cuales buscan trasladar la demanda máxima a los periodos en los que la demanda de carga es menor. Sin embargo, estas estrategias requieren una cantidad importante de información (por ejemplo, comportamiento de los clientes) para atender de forma óptima las necesidades energéticas de los usuarios y de la red eléctrica (Cárdenas et al., 2021).

Cabe mencionar que esta recomendación tiene que ser ejecutada en colaboración con la Secretaría de Economía, dependencia que debe revisar el entramado legal relativo a las estandarizaciones de tipo de cargador y estrategias de desplazamiento de carga previamente mencionadas, así como darle un seguimiento puntual con otras instancias federales involucradas para asegurar la correcta implementación de una nueva NOM.

RECOMENDACIÓN 19

Desarrollar una hoja de ruta enfocada en buscar la estandarización de la recarga en cuanto al tipo de cargadores, voltaje necesario, sistemas operativos y formas de pago para facilitar el uso de dicha infraestructura a nivel regional, así como para acelerar la adopción nacional de los sistemas de electromovilidad.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Comisión Federal de Electricidad; Secretaría de Economía (Dirección General de Normas); Departamento de Estado de los Estados Unidos, academia, industria.

II. CIUDADES Y CARRETERAS

Recomendación 20: *Elaborar un estudio a través del cual se obtenga información que determine el orden de prioridad para instalar electrolineras en carreteras*

Los actores del proyecto estuvieron de acuerdo por consenso en que la priorización del despliegue de infraestructura de electrolineras comience por las carreteras. Al respecto, argumentaron que el primer elemento a favor de dicha priorización se basa en que la recarga del auto eléctrico en ciudades se hará primordialmente en residencias y que este tipo de vehículos aún no cuenta con la autonomía suficiente para recorrer largas distancias. A su vez, se mencionó que las flotillas de vehículos pesados en México y Estados Unidos se encuentran transitando hacia la electrificación para mover sus mercancías al interior y exterior, lo cual es de suma relevancia, ya que el comercio entre ambos países se realiza en su mayoría por la vía terrestre.

Sin embargo, antes de abordar los primeros pasos para elaborar esta recomendación, los participantes precisaron que existen distintos componentes que se tienen que tomar en consideración en la instalación de electrolineras, tanto en carreteras como en ciudades. Por ejemplo, destacaron que el reto en zonas habitacionales radica en la remodelación de la vivienda vertical, particularmente en la adecuación de la capacidad eléctrica y la disponibilidad de espacios de recarga que se necesitarán. Además, recomendaron que los nuevos permisos para desarrollar oficinas y vivienda vertical cuenten con la infraestructura de capacidad energética adicional para garantizar la futura demanda eléctrica y que tengan como requisito establecer un mínimo de cajones exclusivos de estacionamiento para recarga de vehículos.

Respecto a las carreteras, explicaron que más del 50% de los vehículos pesados en México pertenecen a micro y pequeñas empresas (SICT, 2021), por lo que cargar sus flotillas y adecuar el tiempo de recarga eléctrica en comparación al diésel representará un reto para estas.

Como primer paso para priorizar el despliegue de infraestructura de recarga en carreteras, se recomendó elaborar un estudio que permita obtener información de calidad que apoye en la toma de decisiones en esta materia. Se sugirió que este estudio contemple la demanda prospectiva y la capacidad actual de la CFE. A su vez, que considere la instalación de antenas de telecomunicaciones 4 y 5G a lo largo de carreteras que permitan interconectar al vehículo con los distintos puntos de recarga y así mejorar la experiencia y seguridad del usuario. En este sentido, se señaló que la interconectividad ayudará a la recopilación de datos que permitan dar mantenimiento y monitoreo tanto a la red eléctrica como a las electrolineras.

Al respecto, diversas ciudades en Estados Unidos están aprovechando el uso de la tecnología en carreteras con el objetivo de aumentar la seguridad, reducir el tráfico y mejorar las operaciones e interconectividad vial. Por ejemplo,

50% DE LOS VEHÍCULOS

pesados en México

pertenecen a micro y pequeñas empresas.

SICT, 2021

el gobierno del estado de Georgia, en colaboración con el Departamento de Transporte del estado, desarrolló un corredor inteligente en la carretera ubicada en la Avenida Norte en la ciudad de Atlanta. El corredor cuenta con cobertura de internet, equipos instalados enfocados en sistemas de tiempo de viaje y origen-destino por *bluetooth*, así como sensores para habilitar el IoT. Esta estrategia le ha permitido al estado recopilar y analizar datos que apoyen la planificación del transporte tanto en corto como en largo plazo (SNC Lavalin, 2018).

Por otro lado, se recomendó que el estudio propuesto considere los requisitos para agilizar la instalación de electrolineras con cargadores rápidos, destacando que estas contemplen el desarrollo de paraderos en donde el usuario se sienta seguro mientras espera la recarga de su automóvil. Finalmente, los participantes presentaron diversos mecanismos y proyectos existentes que pueden servir como punto de partida para desarrollar esta recomendación. Por ejemplo, se mencionó que la CFE elabora estudios de priorización a través de la información de tránsito que generan las casetas de cobro.

Asimismo, señalaron que el Instituto de Ingenierías de la UNAM cuenta con estudios origen-destino de la zona metropolitana del Valle de México a través de los cuales se han obtenido las características de los viajes tanto de personas como de transporte de carga (UNAM, 2017). La metodología utilizada en este tipo de ejercicios se puede implementar o replicar para el análisis de carreteras específicas.

RECOMENDACIÓN 20

Desarrollar un estudio que permita obtener información de calidad para priorizar la instalación de electrolineras en carreteras. Se recomienda que dicho estudio considere la instalación de paraderos seguros, así como de redes de internet confiables para mejorar la experiencia del usuario y garantizar el monitoreo de los puntos de recarga.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Comisión Federal de Electricidad; UNAM; concesionarios de carreteras; industria; sector Académico de Estados Unidos.



III. REDES DE TELECOMUNICACIONES

Recomendación 21: Revisar el marco normativo en materia de telecomunicaciones para agilizar la instalación de redes 5G. Crear guías de planeación urbano-territorial y promover incentivos para el despliegue de este tipo de redes

A modo de contexto, es importante señalar que el sector de telecomunicaciones es de competencia legislativa federal de conformidad con el artículo 73, fracción XVII de la Constitución. En ejercicio de esta facultad, el Congreso emitió la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR), la cual establece en su artículo 5 que todo lo que refiere a infraestructura de telecomunicaciones les compete a autoridades federales. Asimismo, establece que los tres órdenes de gobierno están obligados a colaborar para permitir su despliegue, con respeto a las disposiciones estatales y municipales (órdenes competentes en materia de desarrollo urbano e infraestructura de calles). No obstante, de acuerdo con el punto de vista de diversos participantes del proyecto, las facultades federales son distintas en la práctica, ya que los municipios y las alcaldías se constituyen como los entes que otorgan los permisos para instalar equipos para la transmisión de red 5G, desde la heterogeneidad normativa de las distintas entidades federativas y municipios en el país.

Por otro lado, antes de ahondar en las recomendaciones en este rubro, es importante explicar que la red 5G, al utilizar 3.5 GHz, pertenece a la banda C, que es la porción del espectro radioeléctrico asignado para transmisiones móviles en el rango de frecuencia entre 4 y 8 GHz. Al operar en una frecuencia media, esta banda tiene un rango de aproximadamente dos kilómetros, en comparación al que ofrecen otras redes, como la 3G y 4G, de entre diez y veinte kilómetros.

Dicho esto, la red 5G tendrá la necesidad de desplegar un número mucho más grande de sitios celulares (antenas) que las frecuencias celulares utilizadas cotidianamente. En comparación con otro tipo de redes, una ventaja de la red 5G es que, debido a que opera en una mayor frecuencia, utiliza una antena más pequeña, por lo que requiere menos espacio y energía para realizar sus funciones.

Dadas estas características, la instalación de esta nueva red en ciudades y parques industriales alrededor del mundo no debería presentar mayores retos, siempre y cuando se tengan estrategias claras para su despliegue.

En este sentido, los expertos en esta materia recomendaron como primer paso revisar y/o, en su caso, reformar el marco normativo para dar mayor

certeza regulatoria para hacer más eficiente el despliegue 5G, sin descartar las reglas homogéneas en las que el Gobierno Federal tenga mayor peso en la toma de decisiones para el despliegue a nivel local, lo que en consecuencia podrá hacer que este proceso sea menos burocrático y frágil ante posibles actos de corrupción. Asimismo, recomendaron la necesidad de que, desde la Federación, se establezcan procedimientos y guías para acelerar la instalación de la red 5G a nivel local.

Sobre este último tema, durante la sesión de recomendaciones de este eje temático, así como en reuniones subsecuentes, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) se mostró interesada en promover la elaboración de guías a través del Sistema Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, presidido por esa dependencia desde el 11 de octubre de 2022. Lo anterior es con el objetivo de fortalecer los planes urbano-territorial del despliegue de la red 5G en estados y municipios.

Para complementar las recomendaciones anteriores, los actores del proyecto sugirieron a su vez que el Gobierno Federal ofrezca incentivos (como, por ejemplo, más fondos para obras públicas) a través de un mecanismo transparente para los municipios que aceleren la instalación de infraestructura para telecomunicaciones. Al respecto, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) es la que, de acuerdo con el artículo 9 fracción XVII de la LFTR, debe promover la generación de inversión en infraestructura y servicios de telecomunicaciones, radiodifusión y satelital en el país (LFTR, 2021).

Finalmente, sugirieron adoptar mejores prácticas para la implementación de estas sugerencias, tales como las expuestas en el Plan 5G del Gobierno de Colombia publicado en diciembre de 2019. Este plan señala que en 2015 se modificó la normativa para agilizar el despliegue de telecomunicaciones en gobiernos locales:

El artículo 309 del PND 2018-2022 modificó el párrafo primero del artículo 193 de la Ley 1753, indicando que los alcaldes podrán promover las acciones necesarias para implementar la modificación de los planes de ordenamiento territorial y demás normas distritales o municipales que contengan barreras al despliegue de infraestructura para la prestación de servicios de telecomunicaciones (MinTIC, 2019a p.26).

En seguimiento a esta modificación, el Plan 5G propone que el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC) priorice el despliegue en aquellas entidades territoriales que hayan levantado tales barreras. A su vez, la estrategia recomienda que la Comisión de Regulación de

Comunicaciones (CRC) de este país actualice de forma periódica el código de buenas prácticas para el despliegue de redes de telecomunicación. La constante actualización de este código servirá a dicho país como una herramienta de apoyo y consulta para facilitar e incentivar el adecuado despliegue de la red 5G en gobiernos locales (MinTIC, 2019a).

RECOMENDACIÓN 21

Revisar el marco normativo para fortalecer la toma de decisiones del Gobierno Federal en la instalación y el despliegue de redes 5G en estados y municipios. Asimismo, que las secretarías de Estado elaboren guías en coordinación con estados y municipios para implementar planes urbano-territoriales que agilicen la instalación de este tipo de infraestructura. Finalmente, se sugiere promover incentivos a nivel federal para que los gobiernos locales aceleren la adopción de telecomunicaciones.

ACTORES RELEVANTES

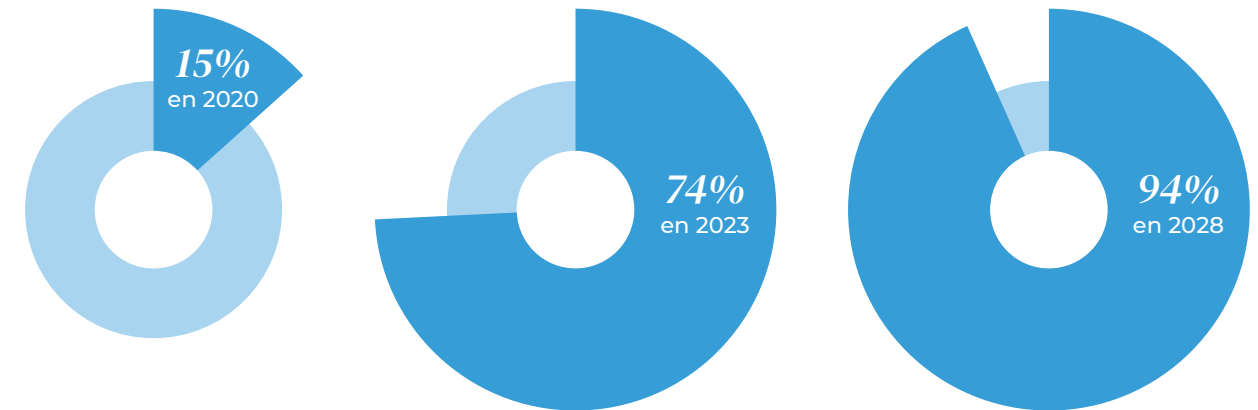
Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales; Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; gobiernos locales; industria de telecomunicaciones.

Recomendación 22: Reducir el costo del espectro e implementar el primer corredor 5G en México

En México las concesiones del espectro duran alrededor de veinte años, en las que se paga un valor inicial, conocido coloquialmente como “guante”, y posteriormente se erogan cantidades anuales que son propuestas por la autoridad hacendaria y ratificados por el Congreso en la Ley Federal de Derechos (IFT, 2020a). Si bien los pagos espaciados y el guante ofrecen incentivos a los operadores de telecomunicaciones, como se ha expuesto anteriormente, el país tiene uno de los costos más elevados a nivel mundial.

Además, el aumento del precio por el espectro no se ha alineado con la evolución del mercado móvil. Por ejemplo, en los últimos cinco años, los ingresos del sector han disminuido, mientras que los derechos anuales han aumentado y no siempre en relación con la inflación. A su vez, México es el único país en América Latina donde la cantidad de espectro asignado ha disminuido a pesar del crecimiento exponencial de la demanda de datos por usuario (GSMA, 2021).

En este sentido, los participantes argumentaron que el elevado precio se traduce en mayores costos para el usuario final y en una barrera de adopción de nuevas tecnologías en las comunidades más necesitadas. Es por esta razón que los participantes recomendaron transformar la óptica con la que el Estado ve al espectro —de un generador de ingresos— a un motor de desarrollo e inclusión social. De acuerdo con distintos estudios, en los últimos



Crecimiento de autos

conectados a un servicio 5G

Gartner, 2019

treinta años, cada dólar invertido por un país en tecnología digital ha ayudado a aumentar el PIB en veinte dólares, mientras que un dólar invertido en tecnología no digital ha aumentado el PIB en tan solo tres dólares (World Economic Forum, 2019).

Según un informe de la industria realizado por la consultora Gartner, en 2023 el sector automotriz representará el 53% del mercado global de puntos finales (*endpoints*¹² del IoT), herramienta cuya capacidad será expandida por la red 5G. A su vez, este estudio señala que esta nueva red promoverá el mercado de los autos conectados y abordará los principales retos de seguridad vial para dar paso a la próxima generación de los vehículos autónomos e inteligentes. Al respecto, el informe estima que la proporción de autos conectados a un servicio 5G crecerá del 15% en 2020 al 74% en 2023, alcanzando el 94% en 2028 (Gartner, 2019). Por otro lado, un estudio de ABI Research (2022) estima que, para 2030, la industria manufacturera a nivel mundial tendrá más de 49 millones de conexiones 5G dentro de sus instalaciones.

Para lograr la adopción de redes 5G en la industria automotriz, los participantes sugirieron reducir el costo del espectro, priorizar el despliegue en zonas desconectadas y que el Estado destine un porcentaje de la recaudación al sector de telecomunicaciones. Asimismo, recomendaron nuevamente seguir las prácticas implementadas por el gobierno de Colombia, particularmente haciendo alusión a la licitación realizada en 2019, donde se subastaron 700 MHz con un pago espaciado a diecisiete años, a cambio de que el operador priorizara, en los primeros cinco años de la concesión, el despliegue y cobertura en zonas rurales (MinTIC, 2019b).

Respecto a esto, el IFT ha emitido diversas recomendaciones: por ejemplo, el 26 de octubre de 2021, presentó una propuesta de reforma a la Ley Federal de Derechos en materia de espectro radioeléctrico. Una de las recomendaciones

¹² Dispositivo físico que realiza una función o tarea como parte de un producto o servicio conectado a internet.



fue incluir un esquema de acreditación de erogaciones en materia social contra el pago de derechos por el uso del espectro para llevar cobertura a localidades sin acceso a internet; es decir, reducir el costo del espectro a cambio de incentivar la inversión de concesionarios actuales de bandas de frecuencias en servicios de internet móvil en localidades desconectadas (IFT, 2021). No obstante, cabe señalar que, durante la elaboración de este documento, dichas sugerencias no han sido contempladas en una iniciativa de reforma de ley ni se encuentran dentro del paquete económico del ejercicio fiscal correspondiente.

Finalmente, los participantes recomendaron que parte del espectro concesionado sea utilizado para desarrollar el primer corredor industrial 5G en México, y que este empiece en la zona del Bajío. Sugirieron que el corredor se promueva en esta región dada su vocación industrial-automotriz y aconsejaron que el estado que lidere esta infraestructura sea Querétaro, ya que es uno de los *hubs* de centros de datos más relevantes de América Latina.

Para reforzar esta propuesta, mencionaron acciones similares implementadas en la región que pueden servir como punto de partida para la creación de políticas públicas. Por ejemplo, para fortalecer el PIB manufacturero, el cual es actualmente inferior al de México, el gobierno de Brasil ha priorizado que parte del espectro 5G concesionado sea utilizado por la industria, el sector agrícola y el minero para optimizar y hacer que sus procesos productivos sean más eficientes (International Finance, 2022).

RECOMENDACIÓN 22

Reformar la Ley Federal de Derechos para poder subastar el espectro a un precio más competitivo y que, a cambio de esta flexibilidad, los operadores prioricen la prestación de servicios en zonas rurales y desconectadas. Asimismo, se sugiere que el Estado invierta un porcentaje de la recaudación del espectro en el sector de telecomunicaciones. Finalmente, se recomienda que parte del espectro concesionado se destine para desarrollar el primer corredor industrial 5G en México.

ACTORES RELEVANTES

Poder Ejecutivo (Presidencia); Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Instituto Federal de Telecomunicaciones; Congreso de la Unión (Comisiones de Hacienda, Industria Automotriz y de Telecomunicaciones).

IV. RED ELÉCTRICA

Recomendación 23: Elaboración de una estrategia a corto y largo plazo para el fortalecimiento de las redes de transmisión y distribución

La adopción de autos eléctricos representará, a largo plazo, una demanda mayor a la capacidad eléctrica instalada actualmente. A pesar de tener algunas aproximaciones, se necesitarán las aportaciones de la industria para determinar el porcentaje de aumento esperado de la demanda. De acuerdo con los compromisos anunciados por distintos países, la demanda de energía global incrementará 4% en 2030 debido al crecimiento de la electromovilidad, lo que equivale al doble de la energía total utilizada en países como Brasil (IEA, 2022a).

Es por esto que una de las mayores preocupaciones de la industria es el impacto en la red eléctrica, considerando las etapas desde la generación, transmisión y distribución. La recomendación de los actores del proyecto para este obstáculo es desarrollar una estrategia integral enfocada en el fortalecimiento de las redes que tome en cuenta distintos factores que se explican a continuación.

Como primer paso, los participantes del proyecto recomendaron elaborar un estudio de mapa de calor que localice la demanda esperada y la capacidad instalada actual de la red. Con el objetivo de tener la información más certera posible, recomendaron que el estudio considere a las áreas de manufactura y los datos de pronósticos de venta de vehículos eléctricos a nivel nacional y regional, así como las flotillas eléctricas, los vehículos pesados y el transporte público. Se destacó que estos estudios facilitarán en un inicio la identificación de los nodos críticos de demanda tanto a corto como a largo plazo.

Señalaron la importancia de diferenciar la demanda eléctrica que se requerirá para vehículos particulares, ya que estos pueden utilizar un esquema de recarga en domicilios durante horarios nocturnos, minimizando el impacto en la red. Es el caso contrario, los vehículos de carga y de transporte público ocasionarán una mayor demanda de energía dado su tamaño y funcionamiento. Distintos estudios estiman que un vehículo de esta naturaleza requiere diez veces más energía que un vehículo particular (Moaz Uddin, 2021). Esta diferenciación permitirá identificar las prioridades en infraestructura en distintas zonas urbanas y conurbadas.

Como se mencionó anteriormente, se recomendó que la CFE analice la posibilidad de implementar tarifas diferenciadas por horarios para incentivar la carga nocturna de vehículos. Asimismo, se consideró como un gran acierto contar con medidores ex profesos para el uso de infraestructura de recarga, para la cual también se podrían brindar incentivos para su uso.

En ese sentido, se destacó la importancia de transmitir a los usuarios que los vehículos eléctricos no pueden ser comparados de una forma tan directa con los vehículos de combustión interna, ya que los últimos pueden ser recargados en minutos (con combustible), mientras que la electromovilidad debe implementarse con una estrategia distinta para su recarga. Dicho esto, resulta de suma relevancia para la presente recomendación que las estrategias para minimizar el impacto en la red eléctrica incluyan la socialización de dichas diferencias entre ambos tipos de vehículos.

Los actores involucrados recalcaron la necesidad de contar con sistemas de generación de energía limpia, que crezcan a la par de la demanda eléctrica ocasionada por la electromovilidad. Resaltaron también la importancia que esta tiene para minimizar el impacto en el medio ambiente y cumplir con los objetivos internacionales de reducción de emisiones en los que México se ha comprometido.

Finalmente, en entrevistas subsecuentes a las sesiones de trabajo, los expertos explicaron que la planificación e implementación necesaria para el fortalecimiento de la red eléctrica generalmente toma varios años, por lo que recomendaron la adopción de tecnologías a corto plazo que permitan incrementar la demanda de autos eléctricos utilizando la red existente. Por ejemplo, presentaron el caso de la tecnología *Flywheel Energy Storage System*, la cual permite la instalación de infraestructura de carga rápida sin incrementar el impacto en la red eléctrica.

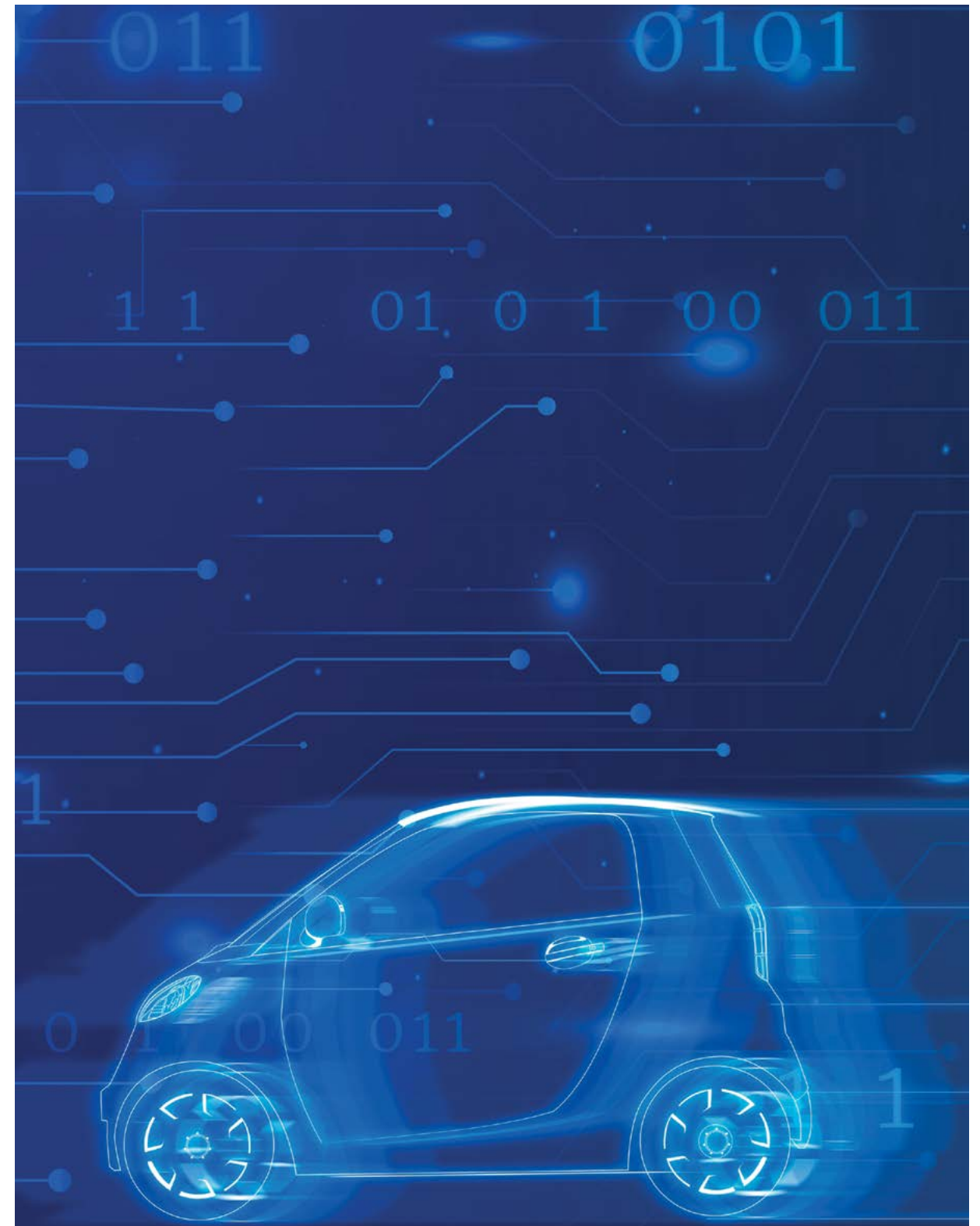
La tecnología utiliza un sistema de almacenamiento de energía en forma rotacional, debido a la inercia, conocido como *flywheels*, los cuales permiten utilizar la energía de la red en horarios de consumo bajos, como los nocturnos, y almacenarla como energía cinética hasta su utilización para la recarga rápida de vehículos eléctricos. Estos mecanismos cuentan con un sistema inteligente que permite el uso optimizado de la energía y pueden ser utilizados en sistemas de microrredes que utilicen energías limpias, lo cual disminuiría todavía más el impacto en la red eléctrica nacional (Gabbar y Othman, 2017). [A](#)

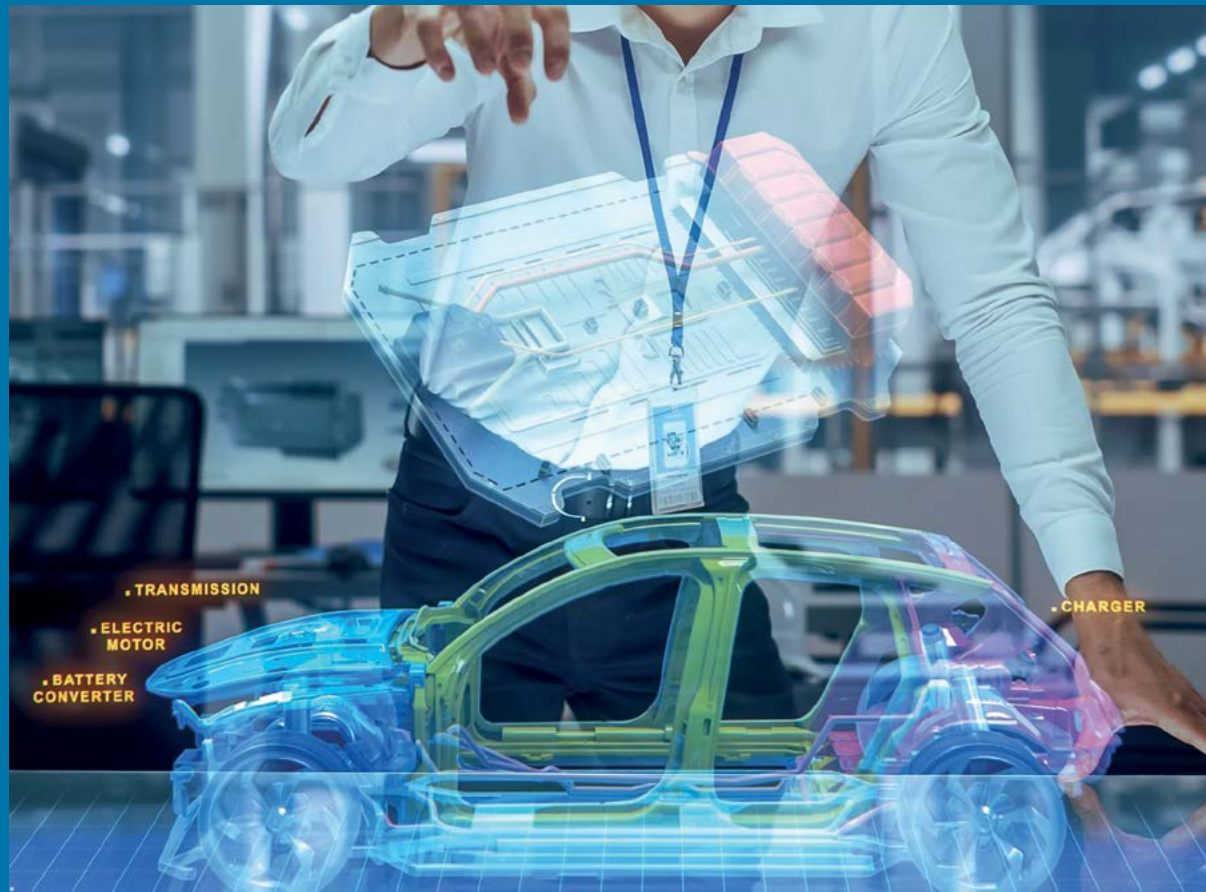
RECOMENDACIÓN 23

Elaborar una estrategia nacional para determinar las zonas prioritarias de atención a la red eléctrica, considerando la capacidad instalada actual y la demanda futura de energía, tomando en cuenta las aportaciones de la industria, la academia y el gobierno. Asimismo, implementar tecnología que —en el corto plazo y con la red eléctrica actual— permita acelerar la transición del sector automotriz.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores; Comisión Federal de Electricidad; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes; Secretaría de Energía; industria automotriz; sector académico.





Gobernanza

Introducción

Para los fines de este capítulo, *gobernanza* se define como todos los procesos de gobierno, instituciones, normas, regulaciones técnicas, procedimientos y prácticas mediante los cuales se deciden y regulan los asuntos que atañen al sector de la electromovilidad. Asimismo, este capítulo detalla los principales temas identificados en esta materia por los actores del proyecto y en investigación subsecuente, por lo que no abarca todo ni es completamente exhaustivo.

Como hemos visto a lo largo de este documento, la electrificación del transporte propone una transición hacia un nuevo paradigma industrial con nuevas aplicaciones y tecnologías, lo que representará una transformación radical en la infraestructura subyacente. Todo esto implica un cambio fundamental en la gobernanza y la cooperación de todos los actores involucrados (*stakeholders*). De forma particular, la política industrial requerirá una transformación en los modelos de negocios, las cadenas de suministro, el marco jurídico, los patrones de consumo, entre otros factores, que se han conjugado para consolidar al sector automotriz mexicano como uno de los líderes a nivel global.

Alrededor del mundo, en este sentido, un gran número de países han emprendido importantes políticas públicas. En Estados Unidos, por ejemplo, se han implementado estrategias que promueven estímulos a la innovación e investigación de los vehículos eléctricos. No obstante, la mayor parte de las políticas estadounidenses no son federales, sino que se realizan a nivel local y estatal (Shields, 2022). Durante las últimas décadas, estados como California han liderado el camino con políticas pioneras en materia de medio ambiente, transición energética, programas sectoriales y de infraestructura enfocados en la electromovilidad.

Parte del éxito de California radica en las colaboraciones triple hélice, las cuales permiten desarrollar, a través de la colaboración intersectorial, políticas públicas integrales e innovadoras para incrementar la demanda de vehículos eléctricos en el estado. Un ejemplo fue la creación de un mapa de ruta en 2013 orientado hacia incluir 1.5 millones de vehículos cero emisiones en California para 2025 (Gobierno de California, 2013). Según la Comisión de Energía



de California, este tipo de alianzas han resultado en que las ventas de nuevos vehículos cero emisiones en 2022 hayan sido de más de un millón, lo que representa el 16.32% de todos los vehículos nuevos vendidos ese año (Gobierno de California, 2022).

Por otro lado, la colaboración entre industria y gobierno dio lugar al desarrollo y la implementación de los llamados corredores VE (*EV corridors* en inglés) los cuales han sido estratégicos, ya que permitieron el despliegue de infraestructura a lo largo del estado y la instalación de centros de recarga para ampliar la conectividad y el transporte de vehículos eléctricos (Van der Steen, 2012). Esta política pública refleja que la planificación de la infraestructura implica la cooperación de diferentes *stakeholders* y el trabajo en conjunto para poder lograr que la electromovilidad avance en diferentes niveles de gobernanza (IEA, 2022a).

En el caso de México, la infraestructura de recarga ha tenido un avance relativamente lento en los últimos años. En 2017 existían 1,528 centros de recarga de acceso público, incluyendo 42 de carga rápida. Se estima que, en 2022, de acuerdo con el directorio de estaciones eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad, en el país hay 2,100 centros de recarga de vehículos eléctricos (Morales, 2022). Si bien es un paso significativo con respecto al 2017, aún existe una brecha, así como el potencial para el desarrollo y la implementación de infraestructura de recarga en México, en la que las iniciativas público-privadas son los mejores esquemas de cooperación (Edwards, 2018).

Hoy en día, a pesar de que algunas dependencias del Gobierno Federal se encuentran diseñando nuevas políticas industriales que contemplan al sector automotriz, en el país aún no existe un proyecto de reforma o estrategia

integral que se enfoque en la transición hacia la fabricación de autos eléctricos. Sin embargo, México cuenta con distintos mecanismos a través de una extensa red de tratados internacionales que pueden ser aprovechados para fortalecer a esta nueva industria. Un informe de la Oficina del Representante de Comercio de Estados Unidos estima que —a dos años de la entrada en vigor del acuerdo comercial entre México, Canadá y Estados Unidos (TMEC)— la industria automotriz y de autopartes ha aumentado las inversiones para cumplir las reglas de origen del tratado. El cumplimiento de estas reglas involucra la garantía libre de impuestos, con lo que se evitan aranceles del 2 al 5% en vehículos ligeros, y del 3 a 4% para las baterías de iones de litio, entre otros (Oficina del Representante de Comercio de Estados Unidos, 2022).

Sobre esto, los participantes señalaron la necesidad de desarrollar estrategias para cumplir los tratados a los que México está adscrito y así aprovechar las oportunidades que este nuevo sector brinda. Por ejemplo, y como se ha mencionado a lo largo del documento, se tendrán que diseñar políticas en materia de baterías, un súper componente del auto eléctrico que el TMEC dicta que debe tener 3.4% como mínimo de contenido regional y cuya producción está hoy centrada en Asia (tres de cada cuatro baterías de iones de litio en el mundo se producen en China). Además, las reglas de origen exigen que al menos el 70% de las compras de acero y aluminio de un fabricante de vehículos provengan de Norteamérica. Si bien el uso de aluminio y plástico incrementa en la producción de vehículos eléctricos, la utilización del acero se reduce, lo que podría desplazar a empresas proveedoras de este metal en México en la transición automotriz (Montoya, 2022).

Dicho lo anterior, se necesita avanzar de manera acelerada en la electrificación del transporte desde un enfoque estratégico para México, con el objetivo de modernizar su industria automotriz y garantizar su competitividad a nivel mundial. La posición geográfica de México y la disponibilidad de mano de obra especializada en el sector ofrecen a las empresas internacionales un fuerte incentivo para colaborar en la transformación más importante de la industria en las últimas décadas. Por lo anterior, es imprescindible contar con mecanismos para una gobernanza del sector que permita y facilite dar cauce a todos los intereses encontrados y potenciar las oportunidades que la electromovilidad ofrece, para así poder transitar a un desarrollo industrial sostenible.

Las siguientes páginas detallan el diagnóstico de los retos de gobernanza en este nuevo sector en México. Dicha información se recopiló a partir de las opiniones expresadas por expertos del sector automotriz, gobierno y academia durante la primera reunión de este eje temático celebrada el 22 de junio de 2022. Asimismo, se realizó una extensa investigación en fuentes secundarias para delimitar los presentes obstáculos.

DIAGNÓSTICO



1. Normatividad, incentivos y panorama internacional

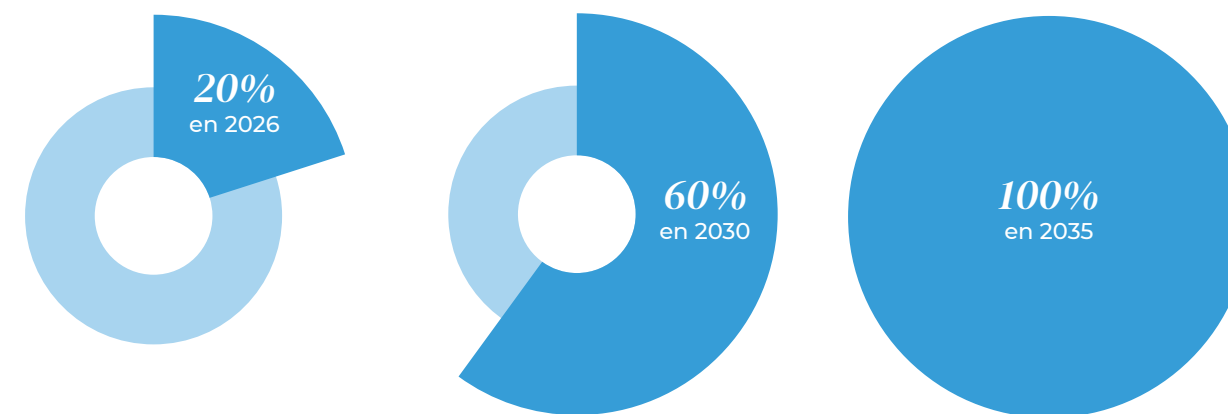
Un obstáculo recurrente en el que los expertos coincidieron fue la ausencia de regulaciones para facilitar la transición hacia la fabricación de autos eléctricos en México. En este sentido, se recomendó fortalecer el marco jurídico a través de cambios normativos (leyes, reglamentos, NOM, decretos y acuerdos), generar incentivos fiscales y no monetarios, así como aprovechar la red de tratados internacionales para potenciar a esta industria en el país.

Al respecto y en el contexto internacional, diversos países han propuesto cambios legislativos que determinan metas de ventas de un porcentaje determinado de vehículos eléctricos en cierto año o estrategias para incrementar su demanda. Un ejemplo claro es el objetivo vinculante para alcanzar cero emisiones netas en 2050, establecido en la Ley Europea del Clima y el Plan de Reducción de Emisiones (ERP, por sus siglas en inglés) de Canadá, el cual propone medidas para que al menos el 20% de las ventas de vehículos ligeros nuevos sean de cero emisiones en 2026, 60% para 2030 y el 100% para 2035 (Environment and Climate Change Canada, 2022; IEA, 2022a).

A su vez, las naciones más avanzadas en esta materia han implementado incentivos fiscales para incrementar la demanda de autos eléctricos. Por ejemplo, en el tiempo que se desarrolló este informe, se aprobó una propuesta legislativa en el Senado de Estados Unidos para otorgar 7,500 dólares en créditos fiscales en la compra de nuevos “vehículos limpios”. El incentivo tiene ciertas restricciones: las autopartes tendrán que ser construidas con minerales extraídos en un país con el que Estados Unidos tenga un acuerdo de libre comercio, y la batería tiene que incluir un porcentaje de componentes fabricados o ensamblados en América del Norte (Laing y Natter, 2022).

Asimismo, el presidente de Corea del Sur, Moon Jae-In, tiene el objetivo de que su país sea el número uno en la fabricación de baterías para vehículos eléctricos para 2030. Para lograr dicha ambición, las inversiones en este sector tienen que ascender a un total de 40 billones de wones (34,920 millones de dólares) para el final de la década. Para fomentar la inversión necesaria, el gobierno designará las baterías como una tecnología estratégica nacional, junto con los semiconductores y las vacunas, por lo que reforzará los incentivos fiscales que permitan deducciones de hasta el 50% por investigación y desarrollo en estas industrias (Greenhalgh, 2021).

No obstante, los incentivos fiscales no son el único factor decisivo que afecta a la adopción o compra de vehículos eléctricos. Otros países han implementado este tipo de estrategias no fiscales a nivel local y federal. Por ejemplo, en Chile, la ordenanza municipal no. 79 relativa a la carga y descarga de mercancías en la zona metropolitana de Santiago establece horarios diferenciados que favorecen a los vehículos eléctricos con un mayor tiempo de distribución de producto (Gobierno de Chile, 2022). Asimismo, la aprobación



Porcentaje de ventas

de vehículos ligeros nuevos de cero emisiones

Environment and Climate Change Canada, 2022; IEA, 2022a

en 2017 de la Ley 9518 en Costa Rica promueve incentivos para incrementar la demanda de autos eléctricos a través de la eliminación de restricciones de matrículas para este tipo de transporte (Departamento de Comercio de Estados Unidos, 2021).

Por otro lado, los participantes del proyecto mostraron preocupación respecto a la aprobación de tratados comerciales que podrían impactar negativamente a sectores como el automotriz. De forma particular, destacaron que la ausencia de una evaluación integral y del involucramiento de la iniciativa privada en consultas previas a las negociaciones de acuerdos y tratados podría generar importantes retos para la nueva industria. Entre los ejemplos concretos aludidos referentes a este aspecto, se destacaron los riesgos que la industria percibe acerca de la aprobación de un tratado de libre comercio entre México y Corea del Sur y los impactos negativos para la industria automotriz mexicana que esto podría traer consigo, al tiempo que el beneficio que tendría para la producción de otros bienes, como la carne para exportación. Además, los participantes hicieron hincapié en la preocupación de levantar aranceles sobre mercancías provenientes de países que llevan a cabo prácticas anticompetitivas como el *dumping*.

En este sentido, en el ámbito internacional, surgen casos de países que están tomando ventaja de la transición y reconfiguración de cadenas globales de valor para modernizar acuerdos comerciales o crear nuevas estrategias económicas que fortalezcan a su industria automotriz. En 2021, India firmó un memorando de entendimiento con Argentina con el objetivo de fortalecer la cooperación en exploración y extracción de litio (TPCI, 2021).

De igual forma, la República Democrática del Congo y Zambia han firmado un acuerdo de cooperación para facilitar el desarrollo de la cadena de valor de las baterías eléctricas. Por un lado, el Congo es el mayor productor de cobalto en el mundo, mientras que Zambia es conocido como productor de



cobre que busca incursionar en la producción de cables de cobre. En resumen, ambos países africanos están tomando ventaja del sector al contar con el 80% de los minerales necesarios (cobalto, cobre y níquel) para la producción de baterías de autos eléctricos (Naciones Unidas, 2022). En este sentido, durante las entrevistas intermedias del proyecto, los expertos mencionaron la necesidad de fortalecer mecanismos regionales en América Latina para promover la cooperación en recursos naturales esenciales en esta industria.



2. Política industrial

Resultado de la sesión de diagnóstico, se enfatizó la necesidad de articular una política industrial integral que responda a los retos de la electrificación del transporte en México. Para poder consolidar la transformación del sector automotriz, los expertos argumentaron que se debe diseñar una política con objetivos y metas claras. Esto, a su vez, señalaron que está fuertemente relacionado con la coordinación interinstitucional con las diferentes autoridades y niveles de gobierno encargados de poner en marcha este tipo de iniciativas. En este sentido, cada vez son más los gobiernos nacionales y locales que demuestran su intención de eliminar por completo los vehículos con motor de combustión. En respuesta, la industria automotriz está adaptando sus modelos de negocios y alejándose de los motores de combustión para adoptar la energía eléctrica. Esto llega en un momento en que los vehículos de combustión todavía dominan las ventas de automóviles nuevos en México.

En este contexto, de acuerdo con datos del INEGI, de los 1,014,735 vehículos vendidos en 2021 en el país, únicamente 47,121 fueron vehículos con alguna tecnología eléctrica: 1,140 fueron vehículos eléctricos, 3,495 híbridos enchufables y 42,486 híbridos (INEGI, 2022a). Esto representa una participación del 4.6% del total de la venta de vehículos ligeros en México. Aunque pueda parecer una cifra baja, se trata de la más alta en toda la región de América Latina. Del mismo modo, se espera que en la región de Norteamérica

la producción de vehículos eléctricos aumente en un 243% de 2022 a 2023, lo que presentará un punto de inflexión para la transición hacia la electromovilidad (González, 2022).

En colaboración con la industria automotriz, diversos gobiernos alrededor del mundo han unido esfuerzos para accionar políticas industriales de *phase-out* en la producción y el uso de vehículos de combustión interna para transitar completamente a la utilización de vehículos cero emisiones de carbono. Actualmente, diecisiete países han anunciado objetivos específicos de descarbonización automotriz para 2050; en 2019, Francia fue el primer país en plasmar esta intención en una ley con un plazo a 2040 (IEA, 2022). De acuerdo con el diagnóstico de los expertos de la industria, las políticas industriales aplicadas para los vehículos eléctricos dependen del estado del mercado o de la tecnología que se está utilizando. Es decir, en gran medida el *phase-out* tanto en México como en la región de América Latina será conducido y guiado por las dinámicas de la demanda de los mercados líderes más grandes e innovadores en la electrificación del transporte: Estados Unidos, la Unión Europea y China.

En el marco de una estrategia y política industrial nacional de mediano y largo plazo hacia la descarbonización, en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima, celebrado el 17 de junio de 2022, el presidente Andrés Manuel López Obrador anunció que se sumaría al esfuerzo internacional colectivo para alcanzar en 2030 el objetivo de producir 50% de vehículos cero emisiones contaminantes (Gobierno de México, 2022a). Este anuncio representa un enorme paso en la transición hacia la electrificación del transporte en el país, ya que inscribe de manera oficial el compromiso de México en formar parte de esta transformación industrial. No obstante, cabe mencionar que dicho compromiso no es vinculante ni se encuentra en proceso de añadirse a la legislación mexicana.

Por otro lado, durante la sesión, los expertos mencionaron que la actual descoordinación entre industria, gobierno y academia, así como entre distintos niveles de gobierno, es uno de los obstáculos principales para la implementación de una política industrial que responda a los retos actuales del sector automotriz. En este sentido, con base en experiencias de economías emergentes como México, la evidencia apunta a que se deben implementar políticas industriales de desarrollo, tanto verticales como horizontales,¹³ que puedan englobar acciones gubernamentales e intervenciones del mercado (Stein, 2014), es decir, bienes públicos que el gobierno proporciona para mejorar la competitividad del sector privado y estimular el desarrollo de nuevas actividades.

¹³ Las políticas horizontales se formulan en colaboración con distintos actores y la toma de decisiones se realiza a un mismo nivel. Al contrario, en la elaboración de políticas verticales, las políticas se dictan de arriba (Gobierno Federal) a abajo (gobiernos estatales, locales, etc.).



En este contexto, la transición hacia la electrificación del transporte y la evolución de la industria representan una enorme oportunidad para que este tipo de intervenciones se puedan ampliar y consolidar en el país, en particular en los *clusters* automotrices y en los corredores industriales. Por ello, tener una coordinación y comunicación interinstitucional con todos los niveles de gobierno, así como con el sector privado, será un factor que determinará en gran medida el éxito de este esfuerzo nacional.

Asimismo, durante la sesión bajo este eje temático se mencionó la importancia de establecer y definir metas de producción y ventas de vehículos eléctricos que paulatinamente permitan una mayor penetración de vehículos eléctricos en el mercado nacional e internacional. Esto se refiere a que las multinacionales no tengan su producción únicamente dentro del país, sino también buscar incentivar la demanda con vehículos eléctricos asequibles. En este sentido, se reiteró la necesidad de establecer una agenda conjunta entre gobierno e industria para poder consolidar una política industrial integral que facilite la transición sin dejar a nadie atrás. Esto se busca con la finalidad de promover mecanismos para incentivar la demanda interna de este tipo de vehículos, así como la promoción de oportunidades para los proveedores locales.

Finalmente, una cuestión pendiente durante la fase de diagnóstico del proyecto fue definir las acciones específicas para aplicar los objetivos de *phase-out* más allá de las medidas indicadas en los documentos oficiales o en estudios realizados por organismos internacionales. Aunque algunos gobiernos nacionales afirman que sus metas de eliminación gradual son una señal importante que obliga a los fabricantes de automóviles a adoptar vehículos más limpios, pocos han implementado mecanismos de responsabilidad que hagan que estos objetivos sean vinculantes.

RECOMENDACIONES

En la siguiente sección, se presentan una serie de recomendaciones generales y específicas que fueron desarrolladas a partir de las aportaciones hechas en la segunda sesión de este eje temático del proyecto, celebrada el 9 de septiembre de 2022, con todos los participantes del proyecto. Este análisis fue corroborado con evidencia, mejores prácticas y entrevistas subsiguientes.

I. NORMATIVIDAD

Recomendación 24: Realizar un mapeo de las normas existentes en materia automotriz, así como agilizar permisos para el despliegue y promoción del sector

Como fue mencionado anteriormente en la sección de obstáculos, uno de los principales retos en temas de normatividad e incentivos identificados por los participantes del proyecto fue la ausencia de regulaciones y mecanismos que promuevan y faciliten la transición hacia la fabricación de autos eléctricos en México. Al respecto, se recomendó como primer paso realizar un mapeo completo de las normas a nivel federal y estatal que impacten al sector automotriz, pues señalaron que, en muchos estados, las normas vigentes de transporte impiden la adopción y transición hacia la electromovilidad.

Asimismo, se sugirió que, una vez finalizada la identificación de estas normas, se debería realizar una revisión a través de un proceso participativo que escuche a todas las voces (academia, industria, gobierno y sociedad civil), a fin de plantear reformas a leyes u otras normas que complementen a las actuales y que respondan a las nuevas necesidades del sector.



Además, mencionaron que esta evaluación servirá para alinear las normas al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como a promover estrategias de economía circular.

En este sentido, se mencionó de manera específica que en este proceso se pueden revisar normas como la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 relativa a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible (SEMARNAT, 2013), así como la NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos (SEMARNAT, 2005).

Por otro lado, se recomendó que la normatividad abarque el ámbito jurídico, pero también las regulaciones técnicas asociadas a los cambios disruptivos y tecnológicos de la industria. En este sentido, se señaló que los autos eléctricos representan un mayor peligro para los peatones y la seguridad vial debido a sus motores silenciosos, por lo que México tendría que crear normas que regulen este tipo de aspectos. Esto coincide con diversos estudios que revelan que los peatones se sienten con mayor riesgo de ser atropellados por un auto híbrido o eléctrico (Pardo-Ferreira et al., 2020).

En respuesta, diversos gobiernos han reformado sus normas, como es el caso del Parlamento Europeo, que en abril de 2014 publicó una ley sobre el nivel sonoro de los vehículos y de los sistemas silenciadores de recambio, la cual obliga a todos los autos eléctricos nuevos a emitir un sonido cuando circulen a menos de 20 km/h (Unión Europea, 2014). De igual forma, la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras de Estados Unidos (NHTSA, por sus siglas en inglés) emitió una resolución en 2018, en la cual exige que el auto eléctrico emita sonidos de advertencia cuando viaje a velocidades inferiores a 30 km/h (Shepardson, 2018). No obstante, la literatura en esta materia también sugiere que se adopten normas complementarias y que futuros estudios se enfoquen en recomendaciones que socialicen a conductores, peatones, ciclistas y otros usuarios de la vía pública a convivir con este nuevo tipo de vehículos (Pardo-Ferreira et al., 2020).

Al respecto, se recomendó aprovechar los grupos de trabajo impulsados por el Consejo Mexicano de Normalización y Evaluación de la Conformidad (COMENOR), mismos que agrupan a los principales normalizadores del país en infraestructura de calidad. A su vez, se señaló la importancia de discutir y elaborar este tipo de normas en el Comité Electrotécnico Mexicano de la Organización de Normalización Internacional (IEC, por sus siglas en inglés). Este comité es liderado por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía (Gobierno de México, 2015).

Finalmente, se mencionó que actualmente no existen lineamientos claros para la instalación y operación de electrolineras, por lo que se recomendó modificar las Disposiciones Administrativas de Carácter General (DACG) con las que cuenta la Comisión Reguladora de Energía para agilizar el otorgamiento de permisos para estas nuevas estaciones.

RECOMENDACIÓN 24

Elaborar un mapeo e identificación de normas a nivel federal y estatal que sean aplicables para la industria automotriz eléctrica. Posteriormente, organizar un foro en el que participen distintos actores (gobierno, industria, sociedad civil, academia) con el objetivo de evaluar qué normas tienen que reformarse o, en su caso, crearse para satisfacer las necesidades del nuevo sector. Asimismo, hacer los trámites administrativos más eficientes para agilizar el otorgamiento de permisos y la instalación de electrolineras.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Economía (Dirección General de Normas), Secretaría de Energía (Comisión Reguladora de Energía), industria, academia, sociedad civil.

II. INCENTIVOS

Recomendación 25: Reformar y extender el decreto relativo a la exención de impuestos en autos eléctricos, así como crear programas que incentiven a la oferta y la demanda por este tipo de vehículos

Para comenzar este apartado, los actores del proyecto recomendaron revisar el Paquete Económico 2023 para poder alinear los incentivos a la realidad presupuestal del país. En este contexto, es importante señalar que, durante la elaboración de este documento, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público anunció que se encuentra en proceso de diseñar incentivos fiscales que se enfoquen en incrementar la rentabilidad de las inversiones en el marco de la nueva política industrial promovida por la Secretaría de Economía, misma que identifica a la electromovilidad como sector estratégico (Saldívar, 2022).

De manera puntual, se sugirió reformar los incentivos a la importación de vehículos eléctricos en dos vertientes. La primera consiste en ampliar la duración del decreto que exenta, de manera temporal (vigencia 30 de septiembre de 2024), el arancel a la importación de vehículos eléctricos nuevos. Este decreto especifica que todos los vehículos eléctricos nuevos, incluidos camiones destinados al transporte de carga, quedan exentos de impuestos, conforme a lo que se estipula en las fracciones arancelarias de la tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y Exportación que aplican desde el 2007 (Gobierno de México, 2007). No obstante, dicha disposición no incorpora la exención de impuestos a las autopartes del vehículo eléctrico, por lo que los actores sugirieron que estas también sean consideradas.

A su vez, los participantes del proyecto sugirieron que los incentivos se dividan o categoricen para atender tanto las necesidades de la oferta como de la demanda. Por el lado de la producción, señalaron la importancia de incentivar que la electricidad que se suministre a las plantas de este nuevo

\$4 MILLONES DE EUROS

destinados para incentivar la demanda de vehículos eléctricos, a través de la orden 2535/2021 en 2021 por el Fondo de Medio Ambiente del gobierno portugués

sector provenga de energías limpias y renovables. Además, recomendaron promover programas e incentivos para desarrollar componentes y vehículos eléctricos en México, así como apoyar a las empresas en la reconversión de sus líneas de producción (ver también capítulo de Proveedores). Al mismo tiempo, los participantes sugirieron promover la importación de materias primas libres de aranceles para fortalecer los procesos productivos de la industria automotriz eléctrica.

Al respecto, algunos países han tomado distintas medidas para incentivar la producción y adopción de vehículos eléctricos. Por ejemplo, el Consejo de Estado del gobierno chino otorga un subsidio de 3,500 dólares por vehículo a las empresas que manufacturen autos limpios en el país (S.J. Grand, s.f.). De forma similar, en 2021, el Fondo de Medio Ambiente del gobierno portugués destinó, a través de la orden 2535/2021, 4 millones de euros para incentivar la demanda de vehículos eléctricos. En esta estrategia, el gobierno otorga exenciones de impuestos a aquellas empresas que transiten sus flotas a vehículos eléctricos (EuroFound, 2021).

Como se mencionó en la sección de obstáculos de este eje temático, se destacó que, desde el punto de vista de la demanda en el país, para el usuario existen incentivos no fiscales, pero que no son del todo visibles o conocidos, por lo que recomendaron dar difusión a estos beneficios a través de campañas de comunicación. Un ejemplo de estos incentivos es el ECOTAG en la Ciudad de México, una tarjeta de prepago que concede el 20% de descuento sobre la tarifa habitual a los vehículos eléctricos que transiten por ciertas zonas urbanas (PASE, 2022). Sin embargo, los expertos del proyecto señalaron que estos esfuerzos se tienen que replicar a nivel federal y estatal, ya que las políticas actuales no han sido suficientes.

Por último, se destacó que una estrategia particular para incentivar el consumo de autos eléctricos (al mismo tiempo que se avanza en alcanzar metas de reducción de emisiones) consistiría en desincentivar la demanda y producción de autos de combustión interna. En este sentido y a modo de ejemplo, en 2026, el 35% de todos los autos nuevos que se vendan en el estado de California tendrán que ser vehículos eléctricos, híbridos o de hidrógeno.

Esa proporción aumentará al 68% para 2030, antes de alcanzar el 100% en 2035. Dentro de estas metas, si los fabricantes de automóviles no alcanzan los porcentajes exigidos para 2035, podrían ser penalizados por el estado con una multa de 20,000 dólares por cada vehículo que no cumpla el objetivo anual (De Leon, 2022).

RECOMENDACIÓN 25

Ampliar la duración del decreto que exenta el arancel a la importación de vehículos eléctricos nuevos e incluir en este a las auto partes. Asimismo, crear programas que ofrezcan incentivos a la producción de vehículos eléctricos y sus componentes, a la reconversión de las líneas de producción en fábricas, así como a la importación de materias primas. Finalmente, incentivar al usuario a través de tarifas dinámicas de recarga nocturna y visibilizar los incentivos existentes al consumidor (como, por ejemplo, el peaje).

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Economía (Dirección General de Normas), Secretaría de Energía (Comisión Reguladora de Energía), Litio de México (LitioMx), industria, academia.

III. POLÍTICA MULTILATERAL

Recomendación 26: Coordinar una alianza, una iniciativa o un esfuerzo multilateral regional en Latinoamérica con el objeto de regular y administrar la oferta y demanda de minerales estratégicos, en particular las cadenas de valor del litio

Como fue mencionado anteriormente en el apartado de obstáculos, los compromisos internacionales y la diversificación de relaciones en el exterior han sido algunos de los elementos primordiales para que la primera etapa de la electrificación del transporte tenga éxito. En este sentido, la transición de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos presenta retos importantes, particularmente en la industria de la extracción y transformación de minerales estratégicos como el litio. La rápida expansión de la industria de vehículos eléctricos resultará en el incremento de la demanda de materias primas que se utilizan en su producción y en la fabricación de un componente primordial: las baterías.

Los vehículos eléctricos pueden utilizar diferentes tipos de baterías, sin embargo, la gran mayoría son de iones de litio (Li-ion). Los minerales estratégicos necesarios para su producción son el litio, cobalto, níquel, grafito y manganeso. La adopción paulatina de este tipo de autos incrementará enormemente la demanda de estos minerales. Los vehículos eléctricos contienen seis veces más la cantidad de estos minerales comparados con los vehículos de combustión interna convencionales (IEA, 2022d). En este sentido,

el reto para la industria de minerales estratégicos consiste en poder satisfacer progresivamente la demanda y equilibrar sus precios para que los vehículos eléctricos puedan ser razonablemente asequibles.

Como se ha señalado en este reporte, actualmente la batería es el componente más caro del auto eléctrico, pues representa en promedio el 30% del costo total. A su vez, el litio contenido en la batería representa aproximadamente el 30% del valor de esta (Wentker, 2019). Por ello, se espera que la demanda de litio aumente de 100 mil toneladas en 2021 hasta 904 mil toneladas en 2040 (Van Halm, 2022). Es por esta razón que será esencial garantizar la reducción de precio y asegurar la sostenibilidad de las cadenas de este insumo para que la industria pueda transitar hacia la electromovilidad bajo los objetivos y metas establecidos.

Los esfuerzos actuales de suministro y de procesamiento de minerales estratégicos para la generación de componentes se encuentran muy por debajo de la demanda necesaria para la puesta en marcha de la industria eléctrica automotriz a gran escala. La gran mayoría de estos minerales proceden de un pequeño número de regiones. Por ejemplo, actualmente, casi toda la extracción de litio - con un 98% de la producción conjunta en 2020— se lleva a cabo en Australia, Latinoamérica y China (Azevedo, 2022). Esta densidad geográfica ha generado una enorme preocupación mundial en cuanto a la adquisición de estos minerales para la transición hacia la electromovilidad.

Teniendo en cuenta la ventaja comparativa de Latinoamérica, los participantes del proyecto recomendaron como primer paso la creación de algún tipo de alianza, iniciativa o esfuerzo regional entre los países productores de litio y otros minerales estratégicos que permita diversificar las cadenas de suministro. Al mismo tiempo, recomendaron que dicha iniciativa sirva como plataforma para atraer inversiones a las cadenas de valor, fomentar el intercambio y la innovación tecnológica, así como crear un marco de cooperación multilateral para el aprovechamiento de estos minerales.

De la misma forma, se recalcaron los grandes beneficios en la implementación de un mecanismo de cooperación multilateral en torno a los minerales estratégicos. Por un lado, indicaron que esto generará un ambiente de certidumbre en el mercado regional y nacional, ya que se garantizará la demanda de materias primas para la producción de componentes básicos. Esto a su vez impulsará a las empresas nacionales a consolidar su posición en las cadenas de valor, lo que puede ayudarles a ser más competitivas a nivel internacional. Por otro lado, destacaron que la administración regional de estos minerales permitirá a los productores establecer precios razonables en el intercambio comercial, lo cual facilitará una oferta y demanda equilibrada que pueda incentivar el desarrollo industrial automotriz de cada país.

A su vez, los actores involucrados señalaron que la creación de capacidades y transferencia de conocimientos puede ser un ámbito de cooperación especialmente fructífero, ya que la experiencia varía de un país a otro. Diversos países trabajan conjuntamente a nivel gubernamental mediante organizaciones

internacionales, como el Banco Mundial y la OCDE, para reforzar las cadenas de suministro y consolidar buenas prácticas sostenibles en la minería (Research Network Sustainable Global Supply Chains, 2022).

Además, se han creado iniciativas específicas para la extracción de minerales, tales como el Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible (IFG, por sus siglas en inglés) y la Iniciativa para la Gobernanza de los Recursos Energéticos (ERGI, por sus siglas en inglés), diseñadas para promover un marco regulatorio sólido para fortalecer al sector minero y las cadenas de suministro de minerales críticos.

En particular, este tipo de iniciativas de alto nivel pueden ayudar a coordinar los trabajos entre todas las autoridades de países productores de minerales estratégicos y así garantizar el posicionamiento de esta industria como parte de las estrategias de seguridad nacional. Para sacar el mayor provecho, las sinergias entre estas iniciativas multilaterales deben potenciarse y ponerse en marcha lo antes posible.

Para finalizar, los participantes mencionaron la articulación de la política exterior mexicana con un enfoque sistémico regional entre países productores de minerales estratégicos en Latinoamérica como instrumento para garantizar el abastecimiento de las materias primas que dan sustento a la electromovilidad. En este sentido, se recomendó que el mecanismo de gobernanza multilateral propuesto proporcione las herramientas para abordar los retos globales en las cadenas de valor en un marco de seguridad energética e industrial que pueda facilitar la transición eficiente, segura y sostenible hacia la electromovilidad. Esto nos lleva a plantear una estrategia integral que alinee y coordine los intereses del gobierno mexicano con los de la industria, nuestros principales aliados económicos y nuestros vecinos latinoamericanos para poder rediseñar y reestructurar nuestras cadenas de suministro a fin de fortalecerlas, integrarlas y hacerlas más resilientes para el beneficio de la industria y la sociedad.

RECOMENDACIÓN 26

Articular una alianza, iniciativa o esfuerzo multilateral regional en Latinoamérica para proteger las cadenas de valor y el suministro entre países productores de minerales estratégicos utilizados en la producción de vehículos eléctricos. Finalmente, impulsar una política exterior proactiva que pueda encontrar sinergias e intereses en común entre países aliados en la región con el objeto de elaborar un marco de gobernanza basado en el intercambio de conocimientos, tecnología y buenas prácticas en la industria de la minería.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía, Secretaría de Medio Ambiente, Litio de México (LitioMx), industria, academia.

IV. POLÍTICA INDUSTRIAL

Recomendación 27: Elaborar una política industrial sostenible enfocada en los desarrolladores nacionales y los procesos de manufactura de vehículos eléctricos

La política industrial en México ha jugado un papel clave para posicionar a la industria automotriz. Con la transición hacia la electromovilidad, poder introducir una política industrial sostenible que ponga en el centro las nuevas necesidades y oportunidades del sector también será determinante para su éxito.

Los participantes del proyecto señalaron la necesidad de poner en marcha una política industrial sostenible enfocado en los diferentes desarrolladores y productores de vehículos eléctricos locales para reforzar las cadenas de suministro de proveeduría e incrementar la oferta y la demanda nacional. Sin embargo, se mencionó que también es imprescindible incorporar a empresas internacionales en el diseño de la política industrial nacional dada su capacidad de infraestructura, capital humano e innovación. A su vez, es importante que esto se lleve a cabo a través de la cooperación e intercambio de conocimientos y tecnología, particularmente con las más de 33 mil MiPyMEs en México que participan en el sector automotriz (Cruz et al., 2020) y que serán las más impactadas en esta transición.¹⁴

Con esto, se sugirió identificar objetivos claros que permitan establecer un *phase-out* de vehículos de combustión interna adecuado y metas de producción de vehículos eléctricos que impulsen la adopción de nuevas tecnologías en la industria. Del mismo modo, recomendaron que la política industrial debe ser integral, de modo que no solo abarque la industria automotriz —que es un sector clave para México—, sino que también integre ámbitos como las telecomunicaciones en el despliegue de la red 5G, la minería y extracción, construcción, entre otras. Esto cimentará el camino a corto, mediano y largo plazo para la electrificación del transporte.

Adicionalmente, se mencionó la necesidad de que esta nueva política industrial aproveche la oportunidad para implementar estrategias de descarbonización de vehículos convencionales. De esta manera, la adopción de vehículos eléctricos responderá no solo a la transición de la industria y a la demanda de los consumidores, sino también al cumplimiento de los compromisos internacionales en reducción de emisiones de CO₂. A su vez, se reiteró que



contar con una industria que pueda proporcionar innovaciones sustanciales de productos, procesos y residuos de manera eficiente en recursos afianzará el desarrollo de los nuevos modelos empresariales en México.

Por otro lado, los participantes señalaron que la política industrial tiene que ser liderada por el Gobierno Federal con la ayuda de la iniciativa privada y la academia para impulsar la transición de la industria automotriz y potenciar el desarrollo de nuevas actividades y tecnologías en México. Con esto, enfatizaron la prioridad de plasmar un documento oficial que sirva como guía y que indique detalladamente los objetivos y las acciones que deben llevarse a cabo en materia de política industrial.

RECOMENDACIÓN 27

Diseñar e implementar una política industrial sostenible liderada por el Gobierno Federal que integre a la industria y a todos los actores relevantes que promueven la electrificación del transporte. Impulsar, promover y facilitar el *phase-out* de la industria, así como contribuir en el aumento de capacidades de las MiPyMEs para fortalecer su producción y la adopción de nuevas tecnologías para el desarrollo nacional de vehículos eléctricos.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Economía; Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Secretaría de Energía; Secretaría de Medio Ambiente; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte; Litio de México (LitioMx); Comisión Federal de Electricidad; gobiernos locales; industria; academia.

¹⁴ Se espera que el impacto en las MiPyMEs sea relevante, ya que la fabricación de un vehículo eléctrico con aproximadamente 20 piezas móviles es relativamente más sencilla que la producción de un vehículo de combustión interna con alrededor de 2,000 piezas móviles. Por lo tanto, el ecosistema de proveedores de vehículos convencionales se está viendo afectado debido a que su tamaño se está reduciendo a medida que los vehículos eléctricos penetran el mercado. En consecuencia, es fundamental que las MiPyMEs inviertan en la creación de nuevas capacidades, tecnología y en la revisión de su infraestructura.



Recomendación 28: Establecer una agenda conjunta entre gobierno, industria, academia y actores relevantes para coordinar interinstitucionalmente de manera eficiente las acciones en torno a la electrificación del transporte

Conforme avanza la electromovilidad en México y en el mundo, diversos gobiernos han creado mecanismos participativos en donde los actores relevantes pueden comunicarse y coordinarse para hacer que la toma de decisiones sea más eficiente. Al respecto, se recomendó crear una plataforma permanente que conjugue a los diferentes niveles de gobierno (municipal, estatal y federal) y a las distintas dependencias al interior de estos, así como a la industria y el sector académico para discutir y actualizar estrategias que impacten a la electromovilidad en el país.

En este sentido, se mencionó que sería de gran ayuda contar con un instrumento rector que pueda guiar la electromovilidad, ya que las necesidades particulares de cada actor se podrán sistematizar e identificar para evitar confusiones en la toma de decisiones. Asimismo, se enfatizó la necesidad de seguir consolidando la cooperación con la academia, particularmente en el acompañamiento y análisis de estudios sobre los temas complejos que la electromovilidad implica. Además, se expuso la necesidad de que la academia participe más en la toma de decisiones a través de su conocimiento y *expertise* en cada campo interdisciplinario que pueda apoyar a la industria y el gobierno.

Por otro lado, se recalcó la necesidad de profundizar la vinculación con los *clusters* industriales para potenciar la estrategia de electrificación del transporte. Al respecto, los actores destacaron que la colaboración de triple-hélice que presentan los *clusters* ha sido clave para el crecimiento de la industria automotriz y el desarrollo económico de México. Estos ecosistemas industriales son la punta de lanza para la producción y el despliegue de vehículos eléctricos en zonas estratégicas. Sin embargo, se mencionó que todavía existen oportunidades para modernizar e intensificar incluso más este tipo de coordinación en espacios que compartan mejores prácticas, mismas que puedan ser replicadas en otras regiones del país, particularmente en el sureste.

Finalmente, se señaló que contar con un mecanismo de participación en donde todos puedan sumarse facilitará la toma de decisiones y la implementación de políticas en todos los niveles de gobierno. El objetivo es transitar de manera coordinada, segura y sostenible para que México siga siendo referente mundial en esta y otras industrias. [A](#)

RECOMENDACIÓN 28

Establecer una plataforma o mecanismo participativo conjunto entre gobierno, industria, academia y otros actores relevantes para dialogar de forma permanente acerca de las distintas estrategias de electromovilidad en el país. También es necesario reforzar los diferentes tipos de colaboración, como son a nivel local y regional, con los *clusters* industriales y promover la cooperación con la academia para la continua elaboración de estudios interdisciplinarios.

ACTORES RELEVANTES

Secretaría de Economía; Secretaría de Relaciones Exteriores; Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Secretaría de Energía; Secretaría de Medio Ambiente; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte; Litio de México (LitioMx); Comisión Federal de Electricidad; gobiernos locales; industria; academia.

Conforme avanza la electromovilidad en México y en el mundo, diversos gobiernos han creado mecanismos participativos en donde los actores relevantes pueden comunicarse y coordinarse para hacer que la toma de decisiones sea más eficiente.



Conclusión

Los resultados del análisis y diagnóstico de este documento han podido comprobar varias de las razones por las que la industria automotriz mexicana cuenta con la sólida posición de liderazgo a nivel mundial que la ha caracterizado en las últimas décadas. Sin embargo, en la transición hacia la electromovilidad, esas condiciones están cambiando y esto es precisamente lo que documenta este esfuerzo. Sin embargo, lo más importante pasa del plano descriptivo o de diagnóstico a uno propositivo realizando numerosas recomendaciones. El análisis y las recomendaciones —a veces en general y en algunos casos en concreto— surge de los propios participantes de la academia, la industria y el gobierno y servirá como guía para los tomadores de decisiones y los actores relevantes en cuanto a los primeros pasos a dar rumbo a esta transición.

De igual forma, es importante concluir el presente documento resumiendo los hallazgos y enseñanzas más relevantes en cada uno de los ejes temáticos analizados.

Bajo el eje de innovación, este ejercicio enfocado en una industria específica mostró la importancia de la investigación y el desarrollo (I+D) no solo en este sector, sino de manera más general a nivel país. De esta manera, las soluciones a las que se llegan pasan precisamente por recomendaciones generales para impulsar un diálogo amplio a nivel nacional —a través de foros parlamentarios— que permitan discutir los mecanismos idóneos para impulsar la innovación en México.

De forma más concreta, también se plantea el desarrollo de centros tecnológicos sectoriales que a su vez pueden detonar la creación de *hubs* industriales, para los cuales se identificaron una diversidad de modelos en la experiencia comparada. Haber abordado el proceso de transición hacia la electromovilidad desde una perspectiva de innovación permitió también identificar problemas que deben anticiparse y abordarse con creatividad y precisamente de manera innovadora. Este es el caso de los residuos que generará esta industria, pues, a través de innovación regulatoria y el fomento de modelos de negocio innovadores basados en economías circulares,

es que se llegará a una solución. Por último, pero no menos importante, se evidenció la necesidad de contar con altas capacidades en STEMs, el recurso humano que será el motor de la innovación en México.

Respecto al capital humano, se identificó la oportunidad de estrechar la relación entre las autoridades educativas en México con las empresas de la industria automotriz para la capacitación y actualización de competencias del personal. De este modo, los programas y las iniciativas educativas y de capacitación para el trabajo se pueden replicar y adaptar a los requerimientos en esta transición hacia la electromovilidad.

Asimismo, se ha comprobado la importancia de revalorizar el trabajo en la industria de manera particular, en esta coyuntura tecnológica y tomando como base que el trabajo de las personas es el recurso más valioso de las empresas y economías. Por ello, atender los obstáculos a los que se enfrentan los trabajadores que le dan vida al sector debe ser una prioridad para las agendas gubernamentales y de la industria, impulsando sueldos cada vez más competitivos, mayor inclusión y mejores condiciones de trabajo.

Por otro lado, durante tres décadas México consolidó cadenas de proveeduría que lo han posicionado entre los países líderes en fabricación y exportación de automóviles. Sin embargo, el cambio tecnológico y la transición de vehículos de combustión interna a eléctricos plantea también un cambio sustancial en el tipo de componentes, piezas e incluso materias primas, sin mencionar que todo esto sucede dentro de una coyuntura de grandes tensiones geopolíticas. Esto llama a replantear las cadenas de proveeduría actuales, así como a impulsar a los proveedores existentes a reinventarse para continuar siendo relevantes. Ante esta situación, se encontró un amplio consenso entre los participantes del proyecto sobre la necesidad y las oportunidades de acercar la proveeduría de esta industria a México. Al respecto, se planteó como un primer paso desarrollar colaborativamente un mapeo de proveedores existentes y, como segundo, un directorio para superar posibles brechas de información. Esta identificación a su vez permitiría identificar las oportunidades de reconversión de los proveedores existentes al igual que las brechas de proveeduría para plantear mecanismos de atracción de inversión focalizada.

Por otra parte, se enfatizó que los insumos digitales (*hardware* y *software*) son cada vez más relevantes para los vehículos (y para la mayoría de las industrias), lo que amerita la creación de un mapa de ruta que oriente y facilite su desarrollo en México. Por último, este apartado identificó la necesidad de alinear las políticas existentes, así como las distintas dependencias responsables, para reducir costos administrativos y fiscales que entorpecen el desarrollo de la industria en el país.

Otro tema discutido en prácticamente todos los ejes temáticos —y principalmente en materia de proveedores— fue el desarrollo de baterías en México para impulsar a este nuevo sector para aumentar el valor agregado del país, así como para cumplir las reglas de contenido regional que establece



el T-MEC. Esta es la razón por la que el diagnóstico identificado en esta área propuso a los órganos legales competentes en materia de litio organizar mesas que permitan escuchar a todos los actores relevantes en esta industria y sus derivados, y con ello garantizar que este recurso genere los mayores beneficios para México.

En materia de infraestructura, tanto las sesiones de trabajo como la investigación complementaria revelaron la complejidad, las implicaciones, así como los retos que —como el resto del mundo— México enfrentará en el trayecto hacia la transición a la electromovilidad. Particularmente, se destacó la importancia de adaptar la capacidad de la red eléctrica y acelerar la adecuación de infraestructura de recarga en la vivienda vertical para garantizar recargas en zonas habitacionales.

A su vez, se evidenció la interacción que tendrá el sector automotriz con las telecomunicaciones, así como el papel que la red 5G jugará en optimizar procesos en fábricas y mejorar la experiencia del usuario. Para México resulta imprescindible realizar acciones para incrementar la adopción nacional de vehículos eléctricos, entre las que destaca la homologación del tipo y voltaje de cargadores, la ubicación de estaciones de carga y la facilidad de acceso a esa infraestructura.

Finalmente, en el eje temático de gobernanza, se identificó la enorme importancia que tiene todo el entramado de procesos en la toma de decisiones, así como la responsabilidad compartida que existe entre los actores involucrados en la electromovilidad. Por un lado, durante el periodo de sesiones y en la investigación realizada para este documento, se detectó el papel principal del gobierno en poner en marcha incentivos y acciones para la actualización del marco jurídico que pueda sentar las bases para la adopción

paulatina de vehículos eléctricos. Del mismo modo, la implementación de una política industrial orientada hacia la descarbonización demostró ser un factor determinante para las empresas productoras de vehículos, en donde se destacó la necesidad de poder contar con las herramientas adecuadas para transitar rumbo a la electrificación del transporte. A su vez, esto mostró que se debe articular una agenda rectora que mejore la coordinación intersectorial con los diferentes niveles de gobierno, industria y academia.

A través de las distintas sesiones de trabajo y del apoyo de los actores del proyecto a lo largo del año, con satisfacción, pudimos ser testigos de la voluntad y la capacidad que existe en el sector para superar juntos los grandes retos que nos impone el contexto actual, en el que la urgencia de la implementación de transformaciones —en particular de cambios tecnológicos—, define nuestro tiempo para lograr una mayor productividad y atender la crisis global por el cambio climático.

Sin lugar a duda, atender estos retos no es una tarea sencilla. Sin embargo, estamos firmemente convencidos de que una vez más lo lograremos mediante la suma de nuestros esfuerzos. El primer paso para lograr esta transición fue abrir el camino al diálogo plural e incluyente que permitió ampliar el horizonte del diagnóstico, teniendo una visión más completa sobre las oportunidades y retos de la industria. A su vez, escuchar las recomendaciones y alinear los intereses para superar estos obstáculos —desde cada uno de los frentes y con creatividad y compromiso— es lo que nos da constancia de la capacidad que existe para llegar a acuerdos en beneficio de México.

En una segunda etapa de esta iniciativa y como siguientes pasos a seguir, se darán a conocer los resultados del presente trabajo para explorar su posible implementación en las instancias de toma de decisiones referentes a este tema. Con ello se buscará impulsar la consideración de los hallazgos identificados como un avance en el diálogo promovido por la Cancillería sobre la transición del sector automotriz y su contribución al desarrollo de la industria.

Asimismo, se espera que esta colaboración inicial entre los actores involucrados en los distintos grupos de trabajo funja como catalizador para continuar con el trabajo intersectorial en beneficio de la transición automotriz en México y en la región. Por último, es importante mencionar que esta iniciativa busca seguir promoviendo el bienestar en las comunidades donde se asienta la industria, revalorizar el trabajo de las personas en el sector y que las oportunidades que la electromovilidad ofrece sean accesibles y en beneficio del conjunto de la sociedad mexicana.



Creación del proyecto y proceso metodológico

Las siguientes páginas explican cómo fue el proceso de creación, la identificación de actores y los objetivos del proyecto, así como el diseño del entregable presentado en este documento.

El presidente de Estados Unidos, Joseph Biden, formalizó el 5 de agosto de 2021 la orden ejecutiva que establece el lineamiento a la industria automotriz, mediante la cual establece que, para 2030, mínimo el 50% de los autos nuevos que se vendan en ese país tendrán que ser eléctricos (White House, 2021b). A partir de esta acción, y aunado al momento transitorio del sector en otras partes del mundo y al liderazgo de México en esta industria, es que surge la idea de crear el Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte México-Estados Unidos bajo una óptica binacional, a través de la colaboración con la Alianza México de la Universidad de California. El estado de California no solo es la quinta economía más grande del mundo, sino que también es un líder en el sector automotriz eléctrico.

Para poder materializar los objetivos del proyecto, tomando como base pasadas políticas industriales implementadas en México y con la asesoría del sector, es que se decidió que el grupo de trabajo se dividiera en cinco ejes temáticos, mismos que le dan estructura al presente documento. No obstante, la SRE está consciente de que existen otros temas y áreas de la industria automotriz y del sector de la electromovilidad que no fueron abordados en este documento, por lo que recomienda a los distintos sectores involucrados en el proyecto (industria, gobierno y academia) complementar esta investigación en trabajos subsecuentes.

Posterior a definir los ejes temáticos de la iniciativa y al decidir que, dada la complejidad de la transición, la alianza debería ser de triple hélice, el siguiente paso fue identificar a los actores de cada sector. Para esto, se contó con la activa participación de la Universidad de California, quien apoyó en la identificación de los actores más relevantes del gobierno, la industria y el sector académico de Estados Unidos.

A raíz de que el proyecto sería coordinado por México, que el formato sería híbrido y de manera presencial en las instalaciones de la SRE, se decidió que la mayoría de las reuniones serían conducidas en el idioma español.

Cabe señalar que esto no delimitó la participación de actores de Estados Unidos. A su vez, se decidió que el proyecto tuviera dos entregables distintos. El primero, un mapa de ruta escrito por académicos de la Universidad de California, que contenga un análisis global y regional del sector automotriz y que se base en las mejores prácticas expuestas en las sesiones del grupo de trabajo. Los avances de este mapa de ruta fueron expuestos por la Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos de la SRE en la edición 2022 de la COP 27. El segundo entregable es este documento, el cual contiene un diagnóstico y recomendaciones para la industria automotriz, el sector académico y el gobierno en México. Este diagnóstico y las recomendaciones se basan en las sesiones antes mencionadas y en el trabajo de investigación de la Cancillería a través de la Dirección General de Impulso Económico Global, oficina que fue creada en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y que es la encargada de la atracción y promoción económica de México en el exterior.

Con los objetivos del proyecto aprobados, la ceremonia de lanzamiento del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte México-Estados Unidos se celebró el 8 de febrero de 2022. El evento contó con la participación de líderes de los tres sectores involucrados en el proyecto y fue presidido por el canciller Marcelo Ebrard.

METODOLOGÍA

Este apartado del documento explica el proceso metodológico y las etapas de trabajo a través de las que se desarrolló el presente reporte, el cual está sustentado primero en fuentes primarias o empíricas. El proyecto contó con la participación de más de 160 participantes expertos, líderes y tomadores de decisiones de la industria, la academia y el gobierno, lo cual permitió al grupo de trabajo incorporar diferentes perspectivas, opiniones y conocimientos para generar un documento que toma en cuenta a los actores que actualmente desempeñan roles fundamentales en la transición hacia la electrificación del transporte en México.

La participación de este amplio grupo proporcionó una base de información sólida a través de más de cincuenta horas de reuniones que enriquecieron de manera productiva el debate en torno a la electrificación del sector automotriz en México, así como los procesos que se tienen que llevar a cabo en esta transición industrial desde un enfoque holístico e integral. La investigación se realizó en dos etapas; una primera fase de diagnóstico y una segunda de recomendaciones. Toda la información primaria recabada durante las sesiones, más adelante fue sustentada y complementada con investigación secundaria.



Las fuentes primarias o empíricas consistieron en la celebración de foros de discusión que se llevaron a cabo entre febrero y noviembre del 2022 y se enfocaron en los cinco ejes temáticos predefinidos (o grupos de enfoque) en formato híbrido (presenciales y virtuales) con participantes de la industria, el gobierno y la academia.

Los cinco ejes temáticos, alrededor de los cuales se estructuró el proyecto fueron los siguientes:

1. **Innovación:** Adaptación y aplicación de nuevas tecnologías, procesos y prácticas para cubrir las necesidades de la transición hacia la electrificación del transporte.
2. **Capital humano:** Desarrollo de nuevas capacidades y habilidades de los recursos laborales de la industria automotriz.
3. **Proveedores:** Diversificación y fortalecimiento de las cadenas de suministro en la producción de vehículos eléctricos.
4. **Infraestructura:** Desarrollo de infraestructura para llevar a cabo la transición industrial automotriz de manera sostenible y segura.
5. **Gobernanza:** Ordenamiento y conducción de la normatividad que conlleva la electrificación del transporte, así como la coordinación y comunicación de los actores involucrados.

El objetivo de crear grupos de enfoque en la primera etapa del proyecto fue identificar problemáticas puntuales a las que se enfrenta la transición hacia la electromovilidad, pero también entender la posición, las ideas y el *know-how* de los participantes. Esta técnica fue particularmente útil para explorar los conocimientos y las experiencias de los actores en un contexto de interacción que permitió analizar el porqué de sus opiniones y posturas.

Posteriormente, con los insumos recabados en estos grupos, se efectuó un periodo de “entrevistas intermedias” durante los meses de julio a agosto de 2022. A través de entrevistas estructuradas o semiestructuradas, este proceso tuvo el propósito de delimitar los obstáculos señalados y las afirmaciones hechas por los participantes en los grupos de enfoque de diagnóstico.

Para las entrevistas intermedias se diseñaron cuestionarios de al menos cinco preguntas principales, desarrolladas con el objetivo de encontrar las oportunidades y los retos sobre el estado de la electrificación de la industria bajo cada eje temático. Durante este periodo se invitó a entrevistas a actores clave de las sesiones del grupo de trabajo, seleccionados con base en sus participaciones y contribuciones a la discusión general.

La duración de cada uno de estos encuentros fue aproximadamente de una hora, dependiendo del nivel de profundidad de las respuestas. Una vez concluidas las entrevistas, se dedicó un espacio para anotaciones y comentarios adicionales relevantes a consideración de los participantes, para ser atendidos en las futuras sesiones. Cabe señalar que, en el proceso de identificación de los obstáculos más relevantes, se realizó una investigación para contrastar con evidencia la información obtenida por los expertos involucrados en el proyecto.

A partir de los obstáculos o retos identificados en la primera parte del proyecto, en la segunda fase siguió un proceso similar en el sentido de escuchar a los participantes en un grupo de enfoque, con la diferencia de que la estructura de las sesiones estuvo enfocada en la identificación de soluciones. Asimismo, durante la segunda fase se realizaron entrevistas de seguimiento intermedias con actores clave, con el fin de entender a detalle las propuestas de recomendación y/o agregar más información sobre estas. Toda la investigación empírica fue contrastada y complementada con fuentes secundarias, como informes de política pública, publicaciones de la industria, artículos académicos, libros especializados, fuentes jurídicas, así como otras fuentes documentales y hemerográficas. En cuanto a la bibliografía utilizada, debe precisarse que este reporte no es exhaustivo, pues no pretende realizar una revisión literaria, sino que busca ejemplificar y sustentar la información provista por los participantes y principalmente sustentar y delimitar las recomendaciones.

Por último, debe destacarse que el desarrollo de este trabajo realizado significó en sí mismo un ejercicio novedoso dentro de esta dependencia, que permitió explorar y probar diferentes metodologías de trabajo y de investigación —por ejemplo, a través de diferentes formatos de entrevistas—, lo cual permitió desarrollar y fortalecer capacidades internas y de investigación para futuros proyectos de investigación que la Cancillería llegue a realizar.

Áreas de oportunidad

Toda investigación, diagnóstico y propuesta de recomendaciones tiene sus limitantes, por lo que el objetivo de esta sección es exponerlos de manera transparente, a fin de que futuros proyectos puedan complementar o actualizar la información brindada.

La primera limitación del proyecto fue su alcance, ya que cinco ejes temáticos no son del todo suficientes para exponer las necesidades y la complejidad del sector automotriz. Como se ha mencionado anteriormente, a raíz de políticas industriales aplicadas en México y el grado de interconectividad que existe entre estas cinco áreas es que se decidió estructurar las sesiones de esa manera. Sin embargo, existen otras áreas que valdría la pena analizar con más detalle, como el caso de los recursos naturales estratégicos (litio, níquel, grafito, grafeno, cobalto) y la *clusterización* (organización de empresas con gobiernos locales). El impacto de estas subáreas se explica en los cinco ejes temáticos del documento, no obstante, se necesita realizar más estudios sobre ellas.

Uno de los éxitos del proyecto es la gran convocatoria y el interés que suscitó: más de 160 actores, 20 empresas, diferentes órdenes de gobierno y las principales universidades del país participaron de manera activa en este proyecto. Sin embargo, la SRE está consciente que se debe involucrar a un mayor número de pequeñas y medianas empresas, así como a diferentes actores de gobierno a nivel municipal y tener una mayor representación de la sociedad civil en este tipo de propuestas. Es debido a eso que el proyecto tendrá nuevas etapas en las que se escucharán las voces de distintos actores locales, nacionales y de otras regiones del mundo.

Asimismo, una limitante fue el tiempo establecido para la creación, ejecución y culminación del proyecto. La apremiante urgencia de tener un diagnóstico que detallara los obstáculos, así como la necesidad inminente de contar con un esfuerzo articulado entre distintos sectores para identificar los primeros pasos a seguir para alcanzar la transición eléctrica, dio como resultado que la iniciativa se desarrollara en tan solo un año. Es debido a esto que uno de los objetivos claros de esta publicación es que esta funja como un primer paso en el desarrollo de políticas públicas; como un documento activo, revisable y editable.

Por otro lado, se debe tener claro que el presente documento no funge como un mapa de ruta con pasos específicos para la implementación de las recomendaciones, ya que la creación e implementación de dichas acciones no forma parte de las responsabilidades de esta dependencia. Este documento busca servir como una herramienta y evidenciar las preocupaciones, los intereses y las posibles soluciones de la industria y de actores involucrados para facilitar el desarrollo y la implementación de una política industrial desde las distintas instancias encargadas de ello.

Es importante destacar que la presente investigación debe ser complementada con un marco teórico a profundidad, ya que este documento no es un informe final y la bibliografía considerada no constituye una revisión de literatura exhaustiva. Se recomienda que, en trabajos posteriores, se ahonde en la literatura académica y en casos de estudio disponibles.

En este documento se adoptó el término de *capital humano* en contraste con el de *recursos humanos* como conceptos diferenciados. Lo anterior, debido a que se considera al primero como un factor de producción dada la dimensión industrial del análisis, a diferencia de *recursos humanos*, cuyo concepto está más ligado a la literatura de corte gerencial sobre administración de personal.

En cuanto al aumento de salarios y prestaciones para las personas que laboran en el sector automotriz, es importante destacar que en los últimos años diversos estudios han hecho señalamientos respecto a los bajos salarios de la planta laboral, la inestabilidad en las modalidades de contratación, en conjunción con el deterioro de la organización sindical y la dependencia de las personas en esta industria hacia esas fuentes de empleo por la falta de alternativas laborales en los lugares que habitan. Todo esto ha tenido relación con un deterioro en la calidad de vida de los trabajadores en las últimas décadas, lo que se ha manifestado más allá del plano estrictamente salarial, así como en varios casos por la ausencia o lejanía de viviendas respecto al centro de trabajo y ausencia o insuficiencia de servicios para las personas, como guarderías o transporte (García-Jiménez, 2021; Sancak, 2022).

A pesar de lo anterior, en las reuniones relativas al eje de capital humano no se elaboraron recomendaciones concretas por parte de los participantes para contribuir a la solución de estos obstáculos a través de estrategias que contemplen el trabajo decente y bien remunerado, y que a su vez cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030. Además, durante estas discusiones faltaron propuestas para que México cumpla con los compromisos establecidos en el marco del T-MEC, mismo que impone un valor de contenido laboral (VCL), que consiste en que al menos 40% (30% de inicio para vehículos ligeros y un 45% fijo para unidades pesadas) del valor del automóvil debe estar elaborado en plantas manufactureras donde se pague, como mínimo, 16 dólares por hora a los trabajadores.

Agradecimientos

Finalmente, la SRE agradece a los miembros de la industria, academia y sociedad civil de México y Estados Unidos, así como a los funcionarios públicos de diferentes dependencias de gobierno de ambos países por su activa participación en el desarrollo de este proyecto. Gracias por demostrar una vez más que las alianzas triple hélice son posibles y necesarias para proponer soluciones a los cambios más complejos de nuestra sociedad.

A continuación, se enlistan los actores que participaron activamente desde el lanzamiento, sesiones de trabajo y entrevistas que apoyaron a la creación de este documento:

Adrián Hernández – Director de Promoción, Secretaría de Economía e Innovación de Baja California

Adriana Santibáñez – Analista de Asuntos Gubernamentales, Nissan México

Agustín Filippo – Economista Líder, Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Agustín Llamas – Consultor, EV Ready

Alberto Bustamante González – Director General, Industria Nacional de Autopartes

Alberto Delgado – Product Manager, Circutor

Alex Covarrubias – Investigador, Colegio de Sonora

Alexander Mirabal – Zacua

Alfredo Arzola López – Director, *Cluster* Automotriz de Guanajuato

Almudena Diaz Niebla – Ejecutiva de desarrollo de negocio en Industria de Software, SIEMENS

Ana Lilia Moreno – Coordinadora de Regulación y Competencia, México Evalúa

Andrea Burgos – Directora de Ventas, Volvo

Andrea Colin Albarran – Directora General de Desarrollo Empresarial y Atracción de Inversión, Secretaría de Desarrollo Económico de Jalisco

Andrés Fernández de Alba – Director Comercial, EV Ready

Ángel Ordoñana – Especialista en Asuntos Gubernamentales, Ford México

Angelo Vaghi Martínez – Director General de Desarrollo Industrial, Secretaría de Desarrollo Económico de Aguascalientes

Araceli Vázquez – Directora Asociada de Vinculación Externa, Alianza Mx

Arnulfo Arteaga – Investigador, Universidad Autónoma de México (UAM)

Arturo Flores – Académico, Universidad Anáhuac México

Arturo Guerrero Gómez – Jefe de Departamento de Desarrollo Empresarial, Secretaría de Economía de Querétaro

Bruno Cattori – CEO, Stellantis México

Carlos Guaipatin – Especialista *senior* en Ciencia y Tecnología, Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Carlos Jiménez – Consultor Investigador, International Council on Clean Transportation (ICCT)

Carlos Lerma – Director General, Altán Redes

Carlos Meneses – Coordinador automotriz, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC)

Carlos Santillán – Comisionado, Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

Carlos Vázquez Castañeda – Académico, Universidad Anáhuac México

Carmen Hernández – Directora, *Cluster* Automotriz de Jalisco

Carolina Coraza – Transporte fronterizo, Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes

Cecilia Romo Bernal – Directora, *Cluster* Automotriz de Aguascalientes

Cristina Fernández-Baca – American Association for the Advancement of Science (AAAS) Science & Technology Policy Fellow del Departamento de Estado de los Estados Unidos

Daniel Hernández Camacho – Director, *Cluster* Automotriz de Querétaro

Daniel Ríos – Vicepresidente, AT&T

Daniel Rocha – Especialista económico enfocado en temas de energía y cambio climático, Embajada de Estados Unidos en México

Daniela Flores – Instituto de Movilidad y Desarrollo Urbano Territorial de Yucatán Gobierno de Yucatán

Daniela Ríos – Gerente de Estudios Económicos y Legislativos, AT&T

David M. Turk – Deputy Secretary, Departamento de Energía de Estados Unidos

Diego Ramírez Vincent – Director de Asuntos de Gobierno, Nissan México

Donaciano Domínguez – Director General Adjunto, Secretaría del Trabajo y Previsión Social

Edgar Bañuelos – Gerente de Innovación y Relaciones Institucionales, Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME)

Eduardo Alvarado – Director, Voltway

Eduardo Gajón Gómez – Director, *Cluster* Automotriz de la Laguna

Eduardo Shelley – Gerente de Desarrollo Automotriz, SIEMENS

Eleni Kounalakis – Vicegobernadora de California

Elías Araujo Arcos – Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes

Elisa Crespo Ferrer – Presidenta Ejecutiva, *Cluster* Automotriz del Estado de México

Enrique Mitz Hernández – Director de Planeación, Promoción y Fomento a la Inversión; Agencia Estatal de Energía del Estado de Puebla

Erik Gascón Muñiz – Government Affairs Jr. Manager, Nissan México

Erika Ortiz Sánchez – Gerente del Programa de Energía, Iniciativa Climática de México

Erika Ruiz Sotelo – Coordinadora de Enlace Gubernamental, Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA)

Ermilo Barrera Novel – Director General, Agencia Estatal de Energía del Estado de Puebla

Eugenio Grandio – Policy and Business Development LATAM, Tesla

Eugenio Salinas – Presidente de la Comisión de Comercio Exterior y Asuntos Internacionales, Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN)

Fabiola Aguilar Martínez – Directora, *Cluster* Automotriz de Coahuila

Fausto Cuevas – Director General, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz

Felipe Gallego – Cofundador, Megaflex Electric Drivetrains

Fernando Yitzaek Pavón – Especialista en mercados laborales, Banco Interamericano de Desarrollo

Francisco Cabeza – EV Lead, Element Corp

Francisco Cervantes – Presidente, Consejo Coordinador Empresarial

Francisco Fabián Montiel – Investigador, Instituto Politécnico Nacional

Francisco González – Presidente, Industria Nacional de Autopartes (INA)

Francisco Manuel Aguilar Flores – Director de Atracción de Inversiones, Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable de Guanajuato

Germán Carmona Paredes – Investigador, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Gonzalo García – Consultor Investigador, International Council on Clean Transportation (ICCT)

Guadalupe Contreras – International Relations Specialist, Office of International Transportation and Trade del Departamento de Estado de los Estados Unidos

Guillermo Sólon – Director Ejecutivo de Transformación Digital para Latam, Huawei México

Gunther J. Barajas – Director Comercial, SIEMENS

Gustavo Crespi – Director de la división de Competitividad, Tecnología e Innovación, BID

Héctor René García Flores – Coordinador de Proyectos de Atracción de Inversiones, Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Guanajuato

Ilse Ávalos Vargas – Investigadora Asociada al Programa de Energía, Iniciativa Climática de México

Isabel Studer – Directora, Alianza Mx

Isidoro Massri – Director General, JAC México

Israel Hurtado – Presidente, Asociación Mexicana de Hidrógeno

Itzel Caballero – Asociada de Grupo Estrategia Política, Asociación Mexicana de Fabricantes e Importadores de Motocicletas (AMFIM)

Ivette Camacho – Presidenta del comité de RP, AMFIM

J. Mares – Director de Servicios Técnicos; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Javier Garduño – Titular de la Unidad Planeación y Desarrollo Institucional; Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)

Joaquín Álava – Director de Asuntos de Gobierno, Stellantis

Jorge Fernando Negrete – Presidente, Digital Policy and Law Group

Jorge Luis Estrada – Director de Verificaciones y Sanciones del Autotransporte Federal; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Jorge Martínez – Presidente Ejecutivo de Zacua

Jorge Pardi – Controller Latam, Aptiv

José Francisco Garza Rodríguez – Presidente y Director General, General Motors México

José Ignacio Huertas – Profesor-investigador, Tecnológico de Monterrey

José San Vicente Saenz – CEO, Nomad Group

José Zozaya – Presidente, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)

Juan Díaz Mazadiego – Director General, Consejo Mexicano de Normalización y Evaluación de la Conformidad

Juan Pablo Vega Ocegueda – Coordinador de Proyectos de Inversión, Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable de Guanajuato

Judith Trujillo – Subdirectora de Sector Transporte, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Julio Sánchez – Link EV, Citizens Resources

Karen Thomas Paz – Directora, *Cluster* Automotriz de Chihuahua

Kenia Botello Figueroa – Asistente de homologación, Suzuki Motor de México

Laura Sima – Agregada del Departamento de Energía, Embajada de Estados Unidos en México

Ledenika Méndez – Directora Ejecutiva de Inclusión Digital; Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT)

Leonardo Álvarez Larrauri – Subdirector de Negocios de Redes, Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Leonardo Fernández – Director de Oferta Futura, Schneider Electric

Leticia Elena Trujillo Mutio – Secretaria del Director, Instituto Politécnico Nacional

Leticia Pineda – Directora interina de México e investigadora para la región de América Latina, International Council on Clean Transportation (ICCT)

Liane Randolph – Chair of the Air Resources Board, Oficina del Gobernador de California

Liliana Aguilar Martínez – Coordinadora Redcam, Red Nacional de *Clusters*

Lorena López – Director of Government Affairs Americas, Aptiv

Lorenzo Ortego – Director General, Voltway México

Lori Michaelson – Energy and Environment Officer, Office of Mexican Affairs, Departamento de Estado de Estados Unidos

Luis Alberto Bautista Gutiérrez – Líder de Segmento Comercial Mexico & Latam, Prolec G&E

Luis Alberto González Olvera – Director, *Cluster* Automotriz de San Luis Potosí

Luis Ángel Paniagua Márquez – Secretario Técnico, Secretaría de Desarrollo Económico de Morelos

Luis Godoy – Director General de la Unidad de Inteligencia Económica Global, Secretaría de Economía

Luis Pineda – Coordinador de Manufactura Avanzada, FUMEC

Luisa Sierra Brozon – Directora del Programa de Energía, Iniciativa Climática de México

Luz Elena del Castillo – Presidenta y CEO, Ford México

Manuel Montoya – Director General, Cluster Automotriz de Nuevo León

María Valencia – Asesora, Resuena México

Mariana Alva Cal y Mayor – Gerente de Relaciones Institucionales, Xignux

Mariana Hernández Calderón – Auxiliar Jurídico, Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Martha de la Rosa – Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Mary Vargas – Trade and Investment Officer, Embajada de Estados Unidos en México

Mauricio Alvarado – Académico, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco

Mauricio Cárdenas Palacios – Director de Desarrollo Empresarial, Secretaría de Economía de Querétaro

Mauricio Jaramillo Reyes – CRZA Abogados

Mauricio Kuri – Director de Asuntos Gubernamentales, Volkswagen México

Melissa Escalante Góngora – Analista de Asuntos Gubernamentales, Nissan México

Merlin Cochran – Director General, Asociación Mexicana de Empresas de Hidrocarburos

Miguel Aguilar – Relaciones Gubernamentales, Honda de México

Miguel Bravo – Coordinador de desarrollo de proveedores y de comercio exterior, Red Nacional de Clusters

Miguel Elizalde – Presidente; Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT)

Miguel Medina – Director de Asuntos de Gobierno, BMW

Miguel Ogazón – Director Técnico y de Ingeniería, ANPACT

Mónica Doger Ramírez – Directora, Cluster Automotriz de Zona Centro

Mónica Duhem – Titular de la Unidad de Inteligencia Económica y Global, Secretaría de Energía

Nazareth Black – CEO, Zacua

Nicolas San Vicente Bortoni – Nomad Group

Olivia Salomón Vivaldo – Secretaria de Economía del Estado de Puebla

Omar Martínez González – Gerente de equipo original, Industria Nacional de Autopartes

Ordacir Barquera – Director de Estrategia, Consejo Coordinador Empresarial

Oswaldo Belmont – Asociación Mexicana de la Industria Automotriz

Pablo Gutiérrez Sánchez – Relaciones Gubernamentales y Gerente de Compliance, Suzuki Motor de México

Paola Gálvez Hernández – Gerente de Comunicación y Capital Humano, CANAME

Pato Bichara – CEO, Collective Academy

Patty Monahan – Commissioner on the California Energy Commission, Comisión de Energía de California

Pedro Campos – Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Rafael Leyva – Investigador, Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Rafael Selim Medina – Director de promoción e inversión, Secretaría de Economía de Coahuila

Raúl del Campo – Director de Asuntos Gubernamentales, Ford México

Ricardo Apaez – Director de Innovación, Cluster Automotriz de Nuevo León

Ricardo del Río – Director Ejecutivo, Altán Redes

Ricardo Uribe – Coordinador de Innovación e Industria 4.0, Cluster de la Industria Automotriz de Coahuila

Roberto Bernal – Director General de Promoción y Proyectos Estratégicos, Secretaría de Desarrollo Económico de Coahuila

Rodolfo Andrade – Secretaría de Economía e Innovación de Baja California

Rodrigo Grimaldo – Agencia de Energía del Estado de Puebla

Rodrigo Hurtado – Asuntos Gubernamentales, Honda de México

Rogelio Arzate – Director de Relaciones con Gobierno y Asuntos Institucionales, GM de México

Rolando López Saldaña – Director General de Centros de Formación para el Trabajo, Secretaría de Educación Pública

Sahie Gazal – Directora de Asuntos de Gobierno, Audi

Salvador Monroy – Director de Servicios Internacionales de Autotransporte, SICT

Sharon Yepiz Aboytes – Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Sofía López Casarrubias – Consultora, Iniciativa Climática de México

Susana Galván – Unidad de Inteligencia Económica Global, Secretaría de Economía

Sylvia B. Ortega Salazar – Asesora, Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP)

Teresa Arenas – Asociada de Grupo Estrategia Política, AMFIM

Ulises Figueroa – Profesor-investigador, ITESM

Víctor Pérez – Ford México

Virginia Olalde – Directora de Comercio Exterior y Estudios Económicos, ANPACT

Viviana Patiño – Investigadora del Programa de Competencia y Regulación, México Evalúa

William Ayala – Sección Comercial, Embajada de Estados Unidos en México

Xóchitl Toledo – Secretaria de Turismo y Economía, Baja California Sur

Yliana Silva – Gerente de Asuntos Gubernamentales, Toyota

Zyanya Castro Morales – Coordinación Técnica, Dirección General de Impulso Económico Global

Referencias bibliográficas

- ABI Research. (2022). *In 2030, Manufacturing and Industrial Facilities Will Have Over 49 Million 5G Connections, Generating US\$2.4 Billion in Connections Revenue for Suppliers* [En 2030, las instalaciones industriales y de fabricación tendrán más de 49 millones de conexiones 5G, con lo que generarán 2.4 mil millones de dólares en ingresos por conexiones para los proveedores]. ABI Research. <https://www.abiresearch.com/press/in-2030-manufacturing-and-industrial-facilities-will-have-over-49-million-5g-connections-generating-us24-billion-in-connections-revenue-for-suppliers/>
- Aboagye, A., Burkacky, O., Mahindroo, A. y Wiseman, B. (2022). *When the chips are down: How the semiconductor industry is dealing with a worldwide shortage* [Cuando los chips no funcionan: Cómo la industria de los semiconductores se enfrenta a una escasez mundial]. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/semiconductor-chip-shortage-supply-chain/>
- Advanced Propulsion Center UK (APCUK). (2019). *Automotive Batteries. A £4.8bn a year supply chain opportunity by 2030 for UK chemical and material companies* [Baterías para automóviles. Una oportunidad de cadena de suministro de 4.8 mil millones de libras al año para 2030 para las empresas químicas y de materiales del Reino Unido].

<https://apcuk.co.uk/app/uploads/2021/09/Automotive-Batteries-Report-Summary-April-2019.pdf>

Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo [Chile]. (s.f.). *Centros de Excelencia Internacional*. <https://www.anid.cl/centros-e-investigacion-asociativa/centros-de-excelencia-internacional/>

Aghion, P., Bergeaud, A., y Van Reenen, J. (2021). *The impact of regulation on innovation* [El impacto de la regulación en la innovación]. Centre for Economic Performance, LSE. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1744.pdf>

Alta Ley (2022). *Hoja de Ruta del Litio: El nuevo desafío que emprende Corporación Alta Ley*. Alta Ley. <https://corporacionaltaley.cl/hoja-de-ruta-del-litio-el-nuevo-desafio-que-emprende-corporacion-alta-ley/>

Azevedo, M., Baczyńska, M., Hoffman, K. y Krauze, A. (2022). *Lithium mining: How new production technologies could fuel the global EV revolution* [La minería del litio: Cómo las nuevas tecnologías de producción podrían impulsar la revolución mundial de los vehículos eléctricos]. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-mining-how-new-production-technologies-could-fuel-the-global-ev-revolution>

Bauer, G., Hsu, C., Nicholas, M. y Lutsey, N. (2021). *Charging Up America: Assessing the Growing Need for U.S. Charging Infrastructure through 2030* [Recargar a Estados Unidos: Evaluando la creciente necesidad de infraestructura de recarga en Estados Unidos hasta 2030]. [White Paper]. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/charging-up-america-jul2021.pdf>

Berkeley EECS. (2022). *Master of Engineering (M.Eng.)*. <https://eecs.berkeley.edu/academics/graduate/industry-programs/meng>

Bloom, N, Van Reenen, J. y Williams, H. (2019). A Toolkit of Policies to Promote Innovation [Un conjunto de políticas para promover la innovación]. *Journal of Economic Perspectives*, 33(3), 163–184. <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.33.3.163>

BMV. Bolsa Mexicana de Valores (2021). *El financiamiento en las FIBRAS*. <https://blog.bmv.com.mx/2021/04/el-financiamiento-en-las-fibras/>

BNamericas. (2021). *Spotlight: Spectrum prices in Latin America* [En el punto focal: Los precios del espectro en América Latina]. <https://www.bnamericas.com/en/features/spotlight-spectrum-prices-in-latin-america>

Calderón-Villarreal, C., Ochoa-Adame, G. L. y Huescas-Reynoso, L. (2017). Mercado Laboral y Cambio Tecnológico en el sector manufacturero de las regiones de México (2005-2014). *Economía, Sociedad y Territorio*, 17(54).

Cardenas, A., Guzman, C. y Martinez, W. (2021). EV Overnight Charging Strategy in Residential Sector: Case of Winter Season in Quebec. *Vehicles*, 3(3), 557–577. <https://doi.org/10.3390/vehicles3030034>

Carrillo, J., De los Santos Gómez, J. S. y Briones, J. (2020). *Hacia una electromovilidad pública en México*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46060/S2000368_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CENACE. (2021). *Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y Redes Generales de Distribución del Mercado Eléctrico Mayorista (PAMRNT)*. https://www.cenace.gob.mx/Docs/10_PLANEACION/ProgramasAyM/Programa%20de%20Ampliacion%20de%20la%20RNT%20y%20RGD%202021%20-%2020235.pdf

CEPAL. (2019). *ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos en América Latina y el Caribe*. https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods7_c1900694_press_0.pdf

Chacón, D., Sierra, L., Blázquez, A., Correa, C., Rátiva, D., Peñaloza, J.D. y Cruz, R.R. (2021). Manual para la Planeación de la Transición Energética a Nivel Subnacional. Iniciativa Climática de México. https://www.iniciativa-climatica.org/wp-content/uploads/2022/04/ManualTrEM_digital-VF.pdf

Chavez, E., Guerrero, C.A. y García, O. (2020). MSMEs in the automotive sector in Mexico, based on global value chains under the T-MEC [Las MIPYMES del sector automotriz en México, con base en las cadenas globales de valor en el marco del T-MEC]. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales, UNAM*, 11(21), 15.

Cluster Industrial. (2022a). *Coahuila: primer lugar nacional en inversión automotriz acumulada durante 2021*. <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/4472/coahuila-primer-lugar-nacional-en-inversion-automotriz-acumulada-durante-2021>

Cluster Industrial. (2022b). *Guanajuato ha producido el 21.63% de todos los autos hechos en México durante el 2022*. <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/5096/guanajuato-ha-producido-el-21-63-de-todos-los-autos-hechos-en-mexico-durante-el-2022>

- Comisión Europea. (2021). *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions* [Green Deal europeo: La comisión propone transformar la economía y la sociedad de la UE para cumplir los objetivos climáticos]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/cen/IP_21_3541
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales. (2022). *Certifica Conocer a 2.9 millones de personas en competencias laborales en más de dos décadas*. <https://conocer.gob.mx/blog/certifica-conocer-a-2-9-millones-de-personas-en-competencias-laborales-en-mas-de-dos-decadas/>
- Crespi, G. (s.f.). *Centros Tecnológicos Sectoriales: Evidencia de ALC*. Banco Interamericano de Desarrollo [Presentación Powerpoint].
- De Leon, A. (2022). California's coming gas car ban: What it means [La próxima prohibición de los coches de gas en California: Qué significa]. *Los Angeles Times*. <https://www.latimes.com/business/story/2022-08-25/californias-coming-gas-car-ban-what-it-means>
- Deloitte. (2022a). *Industria automotriz: ¿cómo 'acelerar' y superar los desafíos de 2022?* <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/desafios-para-la-industria-automotriz-2022.html>
- Deloitte. (2022b). *Mujeres abriendo el camino en el sector automotriz*. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/mujeres-abriendo-camino-en-el-sector-automotriz.html>
- Deloitte. (2022c). *Semiconductor Industry Outlook* [Perspectivas del sector de los semiconductores]. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/semiconductor-industry-outlook.html>
- Departamento de Comercio de Estados Unidos. (2021a, junio 9). *Costa Rica Electric Vehicles* [Vehículos eléctricos en Costa Rica]. International Trade Administration. <https://www.trade.gov/market-intelligence/costa-rica-electric-vehicles>
- Departamento de Comercio de Estados Unidos. (2021b, septiembre 2). *Mexico - Country Commercial Guide, Automotive Industry* [México - Guía comercial del país, Industria del automóvil]. International Trade Administration. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/mexico-automotive-industry>
- Department of Energy. (2014). *The History of the Electric Car* [La historia del auto eléctrico]. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2009, noviembre 30). *Decreto Para el Apoyo de la Competitividad de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5121961&fecha=30/11/2009#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022a, abril 2). *Ley Minera*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LMin.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022b, agosto 23). *Decreto por el que se crea el organismo público descentralizado denominado Litio para México*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5662345&fecha=23/08/2022&print=true
- Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo. (2022). *Beneficios de los servicios y acuerdos con el sector empresarial*.
- DSV. (s.f.). *Class 9A. Lithium Batteries. Dangerous Goods* [Clase 9A. Baterías de litio. Mercancías peligrosas]. <https://www.dsv.com/en-gb/support/faq/transporting-dangerous-goods/9-classes-of-dangerous-goods/class-9a-lithium-batteries>

- EAFO. (2021). *Pricing Of Electric Vehicle Recharging In Europe* [Precios de la recarga de vehículos eléctricos en Europa.]. European Alternative Fuels Observatory. <https://www.aveve.org/wp-content/uploads/2021/07/EAFO-Report-Pricing-of-Electric-Vehicle-Recharging-in-Europe.pdf>
- Edwards, L. V. (2018). *Charging Ahead: The Growth of Electric Car and Bus Markets in Latin American Cities* [Cargando hacia adelante: El crecimiento de los mercados de coches y autobuses eléctricos en las ciudades latinoamericanas]. Washington, D.C. The Dialogue: Leadership for the Americas.
- EMBRAPPI. (s.f.). *Página de inicio*. <https://embrapii.org.br/en/>
- Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI). (2020). *EMBRAPPI Manual de operaciones*. <https://embrapii.org.br/en/institutional/embrapii-operations-manual/>
- Environment and Climate Change Canada. (2022). *2030 Emissions Reduction Plan Canada's Next Steps for Clean Air and a Strong Economy* [Plan de Reducción de Emisiones 2030. Los próximos pasos de Canadá para un aire limpio y una economía fuerte]. <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/erp/Canada-2030-Emissions-Reduction-Plan-eng.pdf>
- EuroFound. (2021). *Portugal: Company incentives to deploy electric vehicles* [Portugal: Una empresa incentiva desplegar vehículos eléctricos]. <https://www.eurofound.europa.eu/observatories/emcc/erm/legislation/portugal-company-incentives-to-deploy-electric-vehicles#:~:text=Companies%20that%20invest%20in%20green,reduced%20autonomous%20corporate%20income%20tax.>
- Europe On Electrical Contractors Association. (2019). *Powering a new value chain in the automotive sector. The job potential of transport electrification*. <https://europe-on.org/wp-content/uploads/2020/02/EuropeOn-Powering-a-new-value-chain-in-the-automotive-sector-the-job-potential-of-transport-electrification.pdf>
- European Environment Agency. (2021). *Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions* [Los vehículos eléctricos y el sector de la energía: repercusiones en las futuras emisiones de Europa]. <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-and-the-energy>
- European Interactive Battery Community. (s.f.). *Página de inicio*. <http://www.e-magic.eu/>
- European Software Skills Alliance. (s.f.). *About. ESSA supports the Software sector in meeting the skills needs of today and tomorrow* [Acerca de. ESSA ayuda al sector del software a satisfacer las necesidades de cualificación de hoy y de mañana]. <https://www.softwareskills.eu/about/>
- Fedepalma. (s.f.). *¿Qué es el Fondo de Fomento Palmero?* <https://web.fedepalma.org/que-es-el-fondo-de-fomento-palmero>
- Ferías del Empleo. (s.f.). *¿Qué son las ferias presenciales?* https://ferias.empleo.gob.mx/content/common/Ferias_Presenciales.jsf;-jsessionId=RjXcjPFGf6B0kFFjLRtp8Wd98BzNL2pRpYLZqm7V47yWsg0slvhg!1541591795
- Foran, C. y Berret, T. (2022, julio 29). *Senate passes bipartisan bill investing \$52 billion in US semiconductor production* [El Senado aprueba un proyecto de ley bipartidista que invierte 52 mil millones de dólares en la producción de semiconductores en Estados Unidos]. CNN. <https://edition.cnn.com/2022/07/27/politics/senate-vote-chips-bill-semiconductor-manufacturing/index.html>

- Freeman, C. (1992). *The economics of hope: essays on technical change, economic growth, and the environment* [La economía de la esperanza: Ensayos sobre el cambio técnico, el crecimiento económico y el medio ambiente]. Pinter Publishers.
- García-Jimenez, H. (2021). *Salarios en tiempos de libre comercio ¿Ofrece la industria automotriz salarios dignos en México?*. El Colegio de la Frontera Norte.
- Gartner. (2019). *Gartner Predicts Outdoor Surveillance Cameras Will Be Largest Market for 5G Internet of Things Solutions Over Next Three Years* [Gartner predice que las cámaras de vigilancia en exteriores serán el mayor mercado para las soluciones del internet de las cosas 5G en los próximos tres años]. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-10-17-gartner-predicts-outdoor-surveillance-cameras-will-be>
- Gartner, J. (2021). *Demystifying Charging with Data Will Expand the EV Market* [Desmitificar la carga con datos ampliará el mercado de los vehículos eléctricos]. Center for Sustainable Energy. <https://energycenter.org/thought-leadership/blog/demystifying-charging-data-will-expand-ev-market>
- General Motors. (s.f.). *Milford*. <https://www.gm.com/company/facilities/milford-proving-ground>
- Gobierno de California. (2013). *Zero-Emission Vehicles in California: Community Readiness Guidebook* [Vehículos de cero emisiones en California: Guía de preparación de la comunidad]. https://opr.ca.gov/docs/ZEV_Guidebook.pdf
- Gobierno de California. (2022). *As Statewide ZEV Sales Exceed 16 Percent of All New Vehicles, California ZEV Program Surpasses 250,000 Point-of-Sale Incentives* [Mientras las ventas de ZEV en todo el estado superan el 16% de todos los vehículos nuevos, el programa ZEV de California supera los 250 mil incentivos en los puntos de venta]. <https://www.gov.ca.gov/2022/05/10/as-statewide-zev-sales-exceed-16-percent-of-all-new-vehicles-california-zev-program-surpasses-250000-point-of-sale-incentives/#:~:text=According%20to%20the%20California%20Energy,and%207.78%20percent%20in%202020.>
- Gobierno de Chile. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. Ministerio de Energía. https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia-nacional-electromovilidad_ministerio-de-energia.pdf
- Gobierno de Chile. (2022). *Plataforma de Electromovilidad*. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/reglamentacion/normativa-vehiculos-electricos>
- Gobierno de México. (2007). *Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5599614&fecha=03/09/2020#gsc.tab=0
- Gobierno de México. (2022a). *Discurso del presidente Andrés Manuel López Obrador en el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Acción Climática*. <https://www.gob.mx/sre/documentos/discurso-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-en-el-foro-de-las-principales-economias-sobre-energia-y-accion-climatica?idiom=es>
- Gobierno de México. (2022b, agosto 22). *#ConferenciaPresidente | Viernes 5 de agosto de 2022*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=jweW4ViViRc>
- Gobierno del Reino Unido. (2022). *COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans* [Declaración de la COP26 sobre la aceleración de la transición hacia coches y furgonetas de emisiones cero al 100%]. Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

- <https://www.gov.uk/government/publications/cop26-declaration-zero-emission-cars-and-vans/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans>
- González Díaz, F.N. (2022). *Presente y Futuro de la Industria Automotriz en México* [Webinar]. Mexico Industry. <https://mexicoindustry.com/webinars/presente-y-futuro-de-la-industria-automotriz-en-mexico/>
- Greenhalgh, K. (2021). *Moon eyes EV battery top spot, promises South Korean "ecosystem of solidarity"* [Moon se fija en las baterías de los vehículos eléctricos y promete un "ecosistema solidario" surcoreano]. IHS Markit, S&P Global. <https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/moon-eyes-ev-battery-top-spot-promises-south-korean-ecosystem-.html>
- Greenpeace. (2019). *Crashing the Climate How car Industry is Driving the Climate Crisis* [Cómo la industria del cuidado está impulsando la crisis climática]. Greenpeace de Asia del Este y Greenpeace Alemania. <https://www.greenpeace.de/publikationen/crashing-climate>
- GSMA Latin America. (2020). *México: Los precios altos de espectro son un obstáculo para la inclusión digital y el desarrollo de nuevas tecnologías*. <https://www.gsma.com/latinamerica/es/mexico-los-precios-altos-de-espectro-son-un-obstaculo-para-la-inclusion-digital-y-el-desarrollo-de-nuevas-tecnologias/>
- GSMA. (2021). *El impacto de los precios del espectro en México*. https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2022/08/GSMA_El-impacto-de-los-precios-del-espectro-en-Mexico_Agosto-2022-1.pdf
- Hall, D. y Lutsey, N. (2020). *Electric vehicle charging guide for cities* [Guía de recarga de vehículos eléctricos en las ciudades]. International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV_charging_guide_03162020.pdf
- Hyundai. (2021, octubre 20). *Hyundai invierte en baterías de hidrógeno*. <http://www.hyundai.com.mx/noticias/hyundai-invierte-baterias-hidrogeno/>
- IET. (2020, febrero 7). *Millbrook: Autonomous Village* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=w5Ofnsj4_QE
- IHS Markit. (2021). *EV Charging Infrastructure Report and Forecast* [Informe y previsión de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos]. <https://autotechinsight.ihsmarkit.com/shop/product/5002789/ev-charging-infrastructure-forecast-and-report>
- INA. (2022, 4 marzo). *Conferencia AMDA-AMIA-INA Venta, Producción y Exportación de Vehículos y Autopartes Nuevas* [Conferencia]. Industria Nacional de Autopartes, A.C. <https://ina.com.mx/?p=10638>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Estadísticas a propósito de la Industria Automotriz 2016*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825079963.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). Colección de estudios sectoriales y regionales Conociendo la Industria automotriz. Colección de estudios sectoriales y regionales. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825106829.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Censo Económico Los hombres y las mujeres en las actividades económicas*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198664.pdf

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/sala-deprensa/boletines/2022/OtrTemEcon/EN-DUTIH_21.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022a). *Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros*. <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022b). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022c). *Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros*. <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Tabulados>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2020a). *Efectos y Alternativas de la Iniciativa de Reforma a la Ley Federal de Derechos para 2021 en materia de Espectro Radioeléctrico*. https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/efectosyalternativasdelainiciativadereformaalaleyfederaldederechos-para2021enmateriadeespectroradioel_0.pdf
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2020b). *Primera Encuesta 2020, Usuarios de Servicios de Telecomunicaciones*. <https://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/primera-encuesta-2020-usuarios-de-servicios-de-telecomunicaciones>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2020c). *Visión y perspectiva de la conectividad 5G*. <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/otros-documentos/visionyprospectivadelaconectividad-d5g.pdf>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2021). *Propuesta de reforma de la Ley Federal de Derechos en materia de espectro radioeléctrico*. <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/propuestadereformalfd.pdf>
- International Energy Agency (IEA). (2022a). *Global EV Outlook 2022* [Perspectivas mundiales de los vehículos eléctricos en 2022]. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2022b). *Global Supply Chains of EV Batteries* [Cadenas mundiales de suministro de baterías para vehículos eléctricos]. <https://www.iea.org/reports/global-supply-chains-of-ev-batteries>
- International Energy Agency (IEA). (2022c). *Policy Brief on Public Charging Infrastructure Promoting successful roll-out strategies and business models* [Informe sobre la infraestructura pública de recarga que promueve el éxito de las estrategias de despliegue y los modelos de negocio]. <https://www.iea.org/reports/policy-brief-on-public-charging-infrastructure>
- International Energy Agency (IEA). (2022d). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* [El papel de los minerales críticos en la transición hacia la energía limpia]. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- International Energy Agency (IEA). (2022e). *Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future* [Perspectivas mundiales de los vehículos eléctricos 2022. Asegurar el suministro para un futuro eléctrico]. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c83f815c-en>.
- International Finance. (2022). *5G Could Become the Next Big Economic Driver in Brazil* [El 5G podría convertirse en el próximo gran motor económico de Brasil]. [https://internationalfinance.com/5g-become-next-big-economic-](https://internationalfinance.com/5g-become-next-big-economic-driver-brazil/)

- driver-brazil/ International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA). (2021). *World Motor Vehicle Production 2021* [Producción mundial de vehículos de motor 2021]. <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/>
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Innovation Outlook, Smart Charging for Electric Vehicles* [Perspectiva de la innovación, Carga inteligente para vehículos eléctricos]. <https://www.irena.org/publications/2019/May/Innovation-Outlook-Smart-Charging>
- International Telecommunications Union (ITU). (2018). *Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges* [Preparando el escenario para la 5G: oportunidades y desafíos]. https://www.itu.int/en/ITU-D/Documents/ITU_5G_REPORT-2018.pdf
- International Telecommunications Union (ITU). (2021). *Implementing 5G for Good Do electromagnetic fields matter?* [Implementación de la 5G para el bien: ¿Importan los campos electromagnéticos?]. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_02-2021-PDF-E.pdf
- Kim, S., Seo, D., Ma, X., Ceder, G. y Kang, K. (2012). *Electrode Materials for Rechargeable Sodium-Ion Batteries: Potential Alternatives to Current Lithium-Ion Batteries* [Materiales de electrodos para baterías recargables de iones de sodio: Posibles alternativas a las actuales baterías de iones de litio]. *Advanced Energy Materials*, 2(7), 710–721.
- Kumar, R. R., Chakraborty, A. y Mandal, P. (2021). *Promoting electric vehicle adoption: Who should invest in charging infrastructure? [Promover la adopción del vehículo eléctrico: ¿Quién debe invertir en infraestructura de recarga?]*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149 (102295). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102295>
- Laing, K. y Natter, A. (2022). *Senate Deal Includes EV Tax Credits Sought by Tesla, Toyota* [El acuerdo del Senado incluye las bonificaciones fiscales para vehículos eléctricos solicitadas por Tesla y Toyota]. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-07-27/senate-deal-includes-ev-tax-credits-sought-by-tesla-toyota>
- Larios, A., Dávila, C. y Brena, C. (2022). *Green Skills for Prosperity. Study of the future skills and competencies in the electromobility value chain* [Habilidades verdes para la prosperidad. Estudio de las futuras habilidades y competencias en la cadena de valor de la electromovilidad]. British Embassy in Mexico City, DAI Global en colaboración con Bremass Energy Advisors.
- Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR). (2021, mayo 20). *Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346846/LEY_FEDERAL_DE_TELECOMUNICACIONES_Y_RADIODIFUSION.pdf
- Li, Z. y Li, Y. (2022). *All-solid-state batteries [Baterías de estado sólido]* en T. M. Letcher (Ed.) *Storing Energy* (2ª edición) (pp- 343–361). Elsevier.
- Martijn Van der Steen, P.V. (2012). *Governing and Innovation: the Transition to E-Mobility - A Dutch Perspective* [Gobernar e innovar: La transición hacia la movilidad eléctrica - Una perspectiva holandesa]. *World Electric Vehicle Journal*, 5, 58–71.
- Mendoza, E. (2021). 'Ally-shoring', la oportunidad de reemplazar a China como proveedores de EU. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/ally-shoring-oportunidad-reemplazar-china-proveedores-eu/>
- Millbrook. (s.f.). *Página de inicio*. <https://www.millbrook.co.uk>

- Ministerio de Energía de Chile. (2021). *Plataforma de Electromovilidad*. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/sistemas-de-carga>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC) (2019a). *Plan 5G Colombia, el Futuro Digital es de Todos*.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC) (2019b). *MinTIC expidió las resoluciones que asignan los permisos de uso de los bloques de espectro*. https://www.mintic.gov.co/micrositios/asignacion_espectro-imt/742/w3-propertyvalue-217982.html
- Miranda, A. (2007). La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y Administración*, 221, 209–246. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100010&lng=es&nrm=iso. ISSN 0186-1042
- Moaz Uddin, M. (2021). *Charging Medium- and Heavy-Duty Electric Vehicles: Plugging into the Future Part II* [Carga de los vehículos eléctricos medianos y pesados: Enchufando el futuro, parte II]. Transportation & Fuels. Great Plains Institute. <https://betterenergy.org/blog/charging-medium-and-heavy-duty-electric-vehicles-plugging-into-the-future-part-ii/>
- Modesto, R. (2020). *Sector Automotriz: Los caminos frente al T-MEC*. [Entrevista]. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/sector-automotriz-frente-T-MEC.html>
- Montoya, M. (2022, junio 2). Oportunidades para la industria automotriz en México: TMEC y vehículos eléctricos. *Mexico Industry*. <https://mexicoindustry.com/noticia/oportunidades-para-la-industria-automotriz-en-mexico-tmec-y-vehiculos-electricos>
- Morales, L. (2022, julio 7). *Estaciones de carga para autos eléctricos en México*. CFE Trámites. <https://tarifasdeluz.mx/cfe-tramites/contrato-electrolineras#tipos-de-electrolineras>
- Morales, R. (2022, abril 20). México se enfocará en 5 de las 6 etapas de producción de semiconductores. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Mexico-se-enfocara-en-5-de-6-etapas-de-produccion-de-semiconductores-20220420-0065.html>
- Muttaqi, M., Islam, M. y Sutanto, D. (2019). Future Power Distribution Grids: Integration of Renewable Energy, Energy Storage, Electric Vehicles, Superconductor, and Magnetic Bus [Las futuras redes de distribución de energía: Integración de energías renovables, almacenamiento de energía, vehículos eléctricos, superconductores y bus magnético]. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 29(2), 1–5. doi: 10.1109/TASC.2019.2895528.
- Naciones Unidas. (2022). Trade ties: Zambia and DRC sign cooperation Agreement to manufacture electric batteries, create jobs. <https://www.un.org/africarenewal/magazine/may-2022/trade-ties-zambia-and-drc-sign-cooperation-agreement-manufacture-electric>
- Ocampo, O. (2022). Apostar Por La Transmisión Eléctrica Es Fortalecer A La CFE. Centro de Investigación de Política Pública. <https://imco.org.mx/apostar-por-la-transmision-electrica-es-fortalecer-a-la-cfe/>
- Oficina del Representante de Comercio de Estados Unidos. (2022). *Report to Congress on the Operation of the United-States-Mexico-Canada Agreement with respect to Trade in Automotive Goods* [Informe al Congreso sobre el funcionamiento del Acuerdo Estados Unidos-México-Canadá con respecto al Comercio de Bienes Automotrices]. <https://ustr.gov/sites/default/files/2022%20USMCA%20Autos%20Report%20to%20Congress.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). *Recomendaciones Para el Transporte de Bienes Peligrosos. Regulación Modelo. Volumen I y II*. (21a edición revisada). <https://unece.org/rev-21-2019>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011). *Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas. Manual de Pruebas y Criterios. Parte II Clasificación*. (17a edición revisada). <https://unece.org/rev-17-2011>
- Pardo-Ferreira, M.C., Torrecilla-Garcia, J.A., De las Heras Rosas, C. y Rubio-Romero, J.C. (2020). New Risk Situations Related to Low Noise from Electric Vehicles: Perception of Workers as Pedestrians and Other Vehicle Drivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6701. doi:10.3390/ijerph17186701.
- PASE. (2022). *ECOTAG PASE 2022*. <https://www.pase.com.mx/promociones/ecotag-pase-2022/>
- Placek, M. (2022). *Global light vehicle production in 2019 with a forecast for 2020 through 2025* [Producción mundial de vehículos ligeros en 2019 con una previsión de 2020 a 2025]. Statista Transportation & Logistics. <https://www.statista.com/statistics/266813/growth-of-the-global-vehicle-production-since-2009/>
- Reino Unido. (2015). *Waste Batteries and Accumulators (Amendment) Regulations 2015* [Reglamento de 2015 sobre residuos de pilas y acumuladores (enmienda)]. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2015/1935>
- Renub Research. (2021). *Global Automotive Market, Growth & Forecast, Impact of Coronavirus, Industry Trends, By Region, Opportunity Company Analysis* [Mercado mundial de la automoción, crecimiento y previsión, impacto del coronavirus, tendencias del sector, por regiones, análisis de oportunidades de las empresas].
- Research Network Sustainable Global Supply Chains. (2022). *Sustainable Global Supply Chains Annual Report 2022* [Informe anual sobre las cadenas mundiales de suministro sostenibles 2022]. German Development Institute.
- Robbins, A. y Sullivan, P. (2021). *It's Time to Power-Up the Electric Vehicle (EV) Supply Chain* [Es hora de potenciar la cadena de suministro de los vehículos eléctricos]. Accenture. https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-160/Accenture-Its-Time-To-Power-Up-The-Electric-Vehicle-Supply-Chain.pdf#zoom=50
- Rodríguez Abreu, M. y Sánchez Peña, L. (2017). El futuro del trabajo automotriz en México en L. Sánchez Peña (Ed.), *Apuntes para la Equidad, No. 1*. El Colegio de México.
- Saldívar, B. (2022). Incentivos para nueva política industrial aún se discuten: SHCP. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Incentivos-para-nueva-politica-industrial-aun-se-discuten-SHCP-20220921-0016.html>
- Sambuli, N. y Whitt, J.P. (2017) Technology innovation hubs and policy engagement [Centros de innovación tecnológica y compromiso político] en *Making All Voices Count Research Report*. The Institute for Development Studies. <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/20.500.12413/12860>
- Sancak, M. (2022). The skilling practices of the Mexican firms [Las prácticas de capacitación de las empresas mexicanas] en *Global Production, National Institutions, and Skill Formation: The Political Economy of Training and Employment in Auto Parts Suppliers from Mexico and Turkey*. OUP Oxford.

- Secretaría de Economía. (2015, septiembre 3). *Competitividad y Normatividad / Normalización / Normalización Internacional*. Comité Electrotécnico Mexicano (CEM). <https://www.gob.mx/se/documentos/competitividad-y-normatividad-normalizacion-normalizacion-internacional-comite-electrotecnico-mexicano-cem>
- Secretaría de Economía. (2022, abril 20). *La Secretaría de Economía e Intel apuestan por el fortalecimiento de la cadena de suministro de semiconductores en México*. <https://www.gob.mx/se/es/articulos/la-secretaria-de-economia-e-intel-apuestan-por-el-fortalecimiento-de-la-cadena-de-suministro-de-semiconductores-en-mexico-299721?idiom=es>
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). (2021). *Estadística Básica del Autotransporte Federal*. <http://www.sct.gob.mx/TRANSPORTE-Y-MEDICINA-PREVENTIVA/AUTOTRANSPORTE-FEDERAL/ESTADISTICA/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2005, septiembre 7). *Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2091196&fecha=07/09/2005#gsc.tab=0
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013, junio 21). *Norma Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013#gsc.tab=0
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020, mayo 27). *Prevención y gestión integral de los residuos Programa orientado a los estados y municipios*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022, julio 27). *Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos*. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2021). *Programa de Capacitación a Distancia para Trabajadores*. <https://www.gob.mx/empleo/articulos/cursos-de-capacitacion-en-linea>
- Semiconductor Industry Association (SIA). (2020). *2020 State of the U.S. Semiconductor Industry* [Estado de la industria de los semiconductores en Estados Unidos en 2020]. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/06/2020-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>
- Servicio Geológico Mexicano. (2021). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2020*. Secretaría de Economía.
- Servicio Nacional de Empleo. (s.f.). *Acerca del SNE*. <https://www.empleo.gob.mx/acerca-sne>
- Shariff, S.M., Alam, M.S., Hameed, S., Khalid, M., Ahmad, A., Essam A., Al-Ammar, A., Alsaidan, I. y Alrajhi, H. (2022). A state-of-the-art review on the impact of fast EV charging on the utility sector [Una revisión del estado del arte sobre el impacto de la recarga rápida de vehículos eléctricos en el sector de los servicios públicos]. *Energy Storage* 4(4), 1–21. doi:10.1002/est2.300
- Shepardson, D. (2018). U.S. finalizes long-delayed 'quiet cars' rule, extending deadline [Estados Unidos finaliza la norma de los "coches silenciosos", largamente retrasada, ampliando el plazo]. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/us-autos-regulations-sounds/u-s-finalizes-long-delayed-quiet-cars-rule-extending-deadline-idUSKCN1GA2GV>

- S. J. Grand. (s.f.). *The Electric Car Industry in China Gets Tax Relief and Incentives* [El sector de los coches eléctricos en China obtiene una reducción de impuestos e incentivos]. <https://www.sjgrand.cn/electric-car-industry-china-tax-relief-incentives/>
- Skillman. (s.f.). *Página de inicio*. <https://skillman.eu/>
- SNC Lavalin. (2018). *Renew Atlanta North Avenue Smart Corridor* [Renovar el corredor inteligente de la Avenida Norte de Atlanta] <https://www.snclavalin.com/en/projects/renew-atlanta-north-avenue-smart-corridor>
- Sopha, B., Purnamasari, D. y Ma'mun, S. (2022). Barriers and Enablers of Circular Economy Implementation for Electric-Vehicle Batteries: From Systematic Literature Review to Conceptual Framework [Obstáculos y facilitadores de la aplicación de la economía circular a las baterías de los vehículos eléctricos: De la revisión sistemática de la literatura al marco conceptual]. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 14(10), 6359.
- Stanford University Human Centered Artificial Intelligence (SUHCAI). (2021). *Artificial Intelligence Report 2021* [Informe sobre Inteligencia Artificial 2021]. Stanford University. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/11/2021-AI-Index-Report_Master.pdf
- Statista Research Department. (2022). *La industria automovilística en México – Datos estadísticos*. <https://es.statista.com/temas/6404/la-industria-automotriz-en-mexico/#dossierKeyfigures>
- Statista. (2022). *Número de estaciones de carga para vehículos eléctricos en México de 2015 a 2019*. <https://es.statista.com/estadisticas/1186114/estaciones-de-carga-vehiculos-electricos-mexico/>
- Stein, E. (2014). A Conceptual Framework for Productive Development Policies [Un marco conceptual para las políticas de desarrollo productivo]. En (Ed). G. Crespi, *Rethinking Productive Development Sound Policies and Institutions for Economic Transformation*, 33–35. Inter-American Development Bank, Palgrave Macmillan.
- Subsecretaría de Educación Media Superior. (2020). *Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico (COSFAC)*. <http://sems.gob.mx/cosfac>
- Shields, K. H. (2022, abril 26). *State Policies Promoting Hybrid and Electric Vehicles* [Políticas estatales de fomento de los vehículos híbridos y eléctricos]. <https://www.ncsl.org/research/energy/state-electric-vehicle-incentives-state-chart.aspx>
- Thomson Reuters México. (2021). Nearshoring: La solución actual para el comercio exterior. *Thomson Reuters México*. <https://www.thomsonreutersmexico.com/es-mx/soluciones-de-comercio-exterior/blog-comercio-exterior/nearshoring-la-solucion-actual-para-el-comercio-exteior>
- Toivonen, T. y Friederici, N. (2015, abril 7). Time to define what a 'Hub' really is [Es hora de definir qué es realmente un "hub"]. *Stanford Social Innovation Review*. https://ssir.org/articles/entry/time_to_define_what_a_hub_really_is
- Trade Promotion Council India (TPCI). (2021). *MoU with Argentina for securing minerals* [Memorando de entendimiento con Argentina para asegurar los minerales]. https://www.tpci.in/indiabusinesstrade/news_buzz/mou-with-argentina-for-securing-minerals/
- Unión Europea. (2014). *Reglamento (UE) No 540/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/540/oj>

- Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). *Estudio Origen-Destino de la ZMVM 2017*. <http://giitral.iingen.unam.mx/Estudios/EOD-Hogares-01.html#estudio>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2019) *Cuenta la UNAM con 14 sedes en nueve países*. <https://www.gaceta.unam.mx/cuenta-la-unam-con-14-sedes-en-nueve-paises/>
- University of California. (2021). *University of California Systemwide Program* [Programa de la Universidad de California para todo el sistema]. <https://alianzmx.universityofcalifornia.edu/history/#ucini>
- Van Halm, I. (2022). *Concerns for mineral supply chain amid booming EV sales* [Preocupación por la cadena de suministro de minerales en medio del auge de las ventas de vehículos eléctricos]. *Mining Technology*. <https://www.mining-technology.com/analysis/concerns-for-mineral-supply-chain-amid-booming-ev-sales/>
- Wall, M. (2019). *Automotive Industry Outlook: Managing Volatility and Leveraging Opportunities in a Dynamic Market Environment* [Perspectivas del sector del automóvil: Gestionar la volatilidad y aprovechar las oportunidades en un entorno de mercado dinámico]. *IHS Markit*, 1-18.
- Wentker, M., Greenwood, M. y Leker, J. (2019). *A Bottom-Up Approach to Lithium-Ion Battery Cost Modeling with a Focus on Cathode Active Minerals* [Un enfoque ascendente para el modelado de los costos de las baterías de iones de litio, centrado en los minerales activos del cátodo]. *Energies*, 12(3), 504.
- White House. (2021a, junio 8). *FACT SHEET: Biden-Harris Administration Announces Supply Chain Disruptions Task Force to Address Short-Term Supply Chain Discontinuities* [HOJA DE DATOS: La Administración Biden-Harris anuncia un grupo de trabajo sobre interrupciones de la cadena de suministro para abordar las discontinuidades de la cadena de suministro a corto plazo]. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/06/08/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-supply-chain-disruptions-task-force-to-address-short-term-supply-chain-discontinuities/>
- White House. (2021b, agosto 5). *Executive Order on Strengthening American Leadership in Clean Cars and Trucks* [Orden ejecutiva para reforzar el liderazgo estadounidense en materia de coches y camiones limpios]. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/08/05/executive-order-on-strengthening-american-leadership-in-clean-cars-and-trucks/>
- World Economic Forum. (2019). *How is the Fourth Industrial Revolution changing our economy? [¿Cómo está cambiando nuestra economía la Cuarta Revolución Industrial?]*. <https://www.weforum.org/agenda/2019/11/the-fourth-industrial-revolution-is-redefining-the-economy-as-we-know-it/>
- WRI México. (2021). *4 medidas para fortalecer la red eléctrica en México*. <https://wrimexico.org/bloga/4-medidas-para-fortalecer-la-red-el%C3%A9ctrica-en-m%C3%A9xico>

Equipo responsable del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



Iker Jiménez Martínez, Director General de Impulso Económico Global



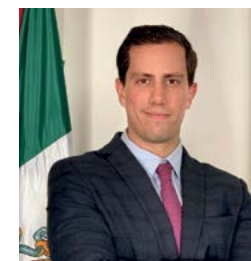
Cuenta con más de trece años de experiencia como ejecutivo de alto nivel en relaciones públicas y desarrollo de negocios creando e implementando estrategias en el sector privado (B2B y B2C) y en entidades gubernamentales en México, donde se ha especializado en facilitación de comercio; comunicación externa, productividad y competitividad; negociaciones; proyectos de investigación y análisis, y atención al cliente. Ha trabajado para secretarías de Estado a cargo de la política exterior y la política industrial. Graduado con honores en la licenciatura de Comercio Internacional de la Universidad del Valle de México y Walden University. Tiene una maestría en Dirección Internacional por el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Margarita Alcantara Alcalá, Jefa de Oficina de la Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos



Cuenta con más de diez años de experiencia profesional en el sector público. Maestra en Políticas Públicas por King's College London y licenciada en Ciencia Política por el Instituto Tecnológico de Monterrey. Actualmente, se desempeña como Jefa de la Oficina de la Subsecretaría para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos de la Cancillería, en donde ha participado en proyectos estratégicos y de alta relevancia para México en materia de política exterior feminista, atención a la pandemia de *COVID-19*, Naciones Unidas, entre otros.

Jorge Jiménez Sólomon, Coordinador del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte (GTE)



Cuenta con más de ocho años de experiencia profesional en el ámbito de política pública, trabajando en la OCDE y la ONU, así como en la coordinación de proyectos y relaciones externas, implementando estrategias (B2C y G2B) entre el sector privado y público. Graduado con honores en la licenciatura en Estudios Internacionales, con especialidad en Desarrollo Sostenible y Economía por la Universidad de Simon Fraser en Vancouver, Canadá. Obtuvo la beca Chevening del Reino Unido para realizar los estudios de maestría en Administración Pública con una especialidad en Cambio Climático y Energía.



Aurora Tenorio Dena, Supervisora de Infraestructura y Desarrollo de Proveedores, GTE



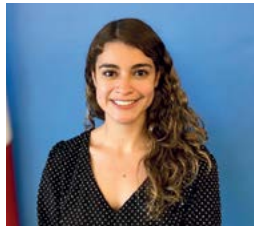
Ingeniera en Innovación y Diseño graduada con honores por la Universidad Panamericana, con especialidad en Logística Internacional. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable por la University College London, graduada con distinción. Cuenta con más de nueve años de experiencia en el diseño de soluciones e implementación de proyectos de logística para el transporte en empresas transnacionales, *startups* y organizaciones sin fines de lucro.

Alberto Chavéz Mejía, Enlace Institucional, Supervisor de Innovación



Licenciado en Relaciones Internacionales de la Universidad Anáhuac. Cuenta con múltiples estudios en diplomacia, seguridad y desarme internacional. Cuenta con ocho años de experiencia en el sector público y privado en asuntos políticos y electorales y diseñando e implementando soluciones logísticas.

Belén Elizabeth Licóna Romero, Coordinadora del Atlas Prospectivo Territorial-Industrial, Supervisora de Capital Humano, GTE



Tiene ocho años de experiencia en el sector público y privado en temas económicos, urbanos, de consultoría legal, migración y derecho internacional. Doctorante en Seguridad Internacional por la Universidad Anáhuac. Maestra en Relaciones Internacionales y Derecho Internacional por la Universidad de Aberdeen. Licenciada en Derecho y licenciada en Comercio Internacional por la Universidad Vizcaya de las Américas.

Leonardo Castañeda López, Consultor del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



Con una trayectoria de más de quince años en el sector público y de organismos internacionales tanto en México como en Australia, se especializa en temas de desarrollo internacional, promoción económica y vinculación empresarial. Graduado con honores en la maestría en Prácticas de Desarrollo por la Universidad de Monash en Australia, así como licenciaturas con honores en Comercio Internacional y Administración de Empresas en la Universidad del Valle de México (México) y Walden University (Estados Unidos).

Santiago Bolaños Signoret, Consultor del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



Cuenta con más de diez años de experiencia en temas de derecho público y políticas públicas. Es licenciado en Derecho por el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), maestro en Estado de Derecho para el Desarrollo por la Loyola University Chicago y maestro en Planeación Regional y Urbana por la London School of Economics.

Franco Fernandez Rodríguez, Consultor del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



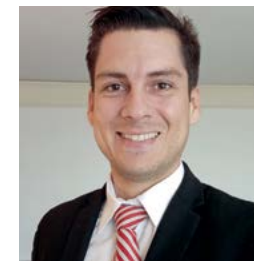
Economista con especialidad en Economía Política por el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). Dentro de sus áreas de especialidad destacan el análisis político y la planeación estratégica. Ha trabajado más de cinco años como servidor público en la Comisión Reguladora de Energía y en la Secretaría de Relaciones Exteriores, donde realizó labores de promoción de México en el exterior y atracción de inversión.

Sebastian Ponce, Consultor del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



Cuenta con más de cuatro años de experiencia profesional en el sector público en el diseño y elaboración de estrategias de política exterior, así como en políticas públicas en gobiernos locales. Graduado con honores en Relaciones Internacionales por la UNAM y con estudios de posgrado en Política Exterior en la Universidad de São Paulo. Obtuvo las becas Orange Tulip y Holland Scholarship por parte del gobierno de Países Bajos para llevar a cabo la maestría en Seguridad Internacional en la Universidad de Groningen.

Luis Gabriel López Núñez, Consultor del Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte



Experto en políticas públicas, graduado de la licenciatura en Políticas Públicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa, con estudios de maestría y doctorado en la UNAM, especializándose en nuevos enfoques para la administración y políticas públicas. Cuenta con más de cuatro años de experiencia laboral en diferentes instituciones del gobierno federal (SAT, SEP) impulsando proyectos estratégicos para la innovación y el diseño de políticas públicas para el gobierno mexicano.

Índice de imágenes

rawpixel	Portada	AFP, Getty Images	75
Getty Images	4	hibridosyelectricos.com	78
EFE/ Mario Guzmán	6	pexels-dcbel	80
eleconomista.com.mx	9	Shen Chunchen, Getty Images	83
alianzamx.universityofcalifornia.edu	10	depositphotos.com	86
alianzamx.universityofcalifornia.edu/ mitsubishicars.com/electric-car	13	elperiodicodelaenergia.com	90
Shane Rounce	15	cobaltiqgroup.com	94
UNCTAD	17	datacenterdynamics.com	99
hibridosyelectricos.com	19	iberdrola.com	100
frimufilms en Freepik	21	periscopiofiscalylegal.pwc.es	106
SRE	22	freepik	110
gob.mx	24	rawpixel	113
ultatek.com	29	blog.odetta.com	114
innovacionvolvo.xataka.com	32	Mario Duran-Ortiz / CC BY-SA 2.0	116
Getty Images	36	gob.mx	120
pf-mex.com	38	infinityauto.com	122
millbrook.co.uk	40	rawpixel	124
gob.mx	42	liderempresarial.com	131
mexicoindustry.com	47	gob.mx	132
eleconomista.com.mx	50	universo.cl	136
mexicoindustry.com	54	gob.mx	139
dobusinessjamaica.com	57	rawpixel	142
mundoesdesarrollo.org	60	gob.mx	145
gob.mx	62	burst.shopify.com	148
rawpixel	67	SRE	172
Volvo	68	SRE	173
milenio.com	70	SRE	174
	72	SRE	175



**Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte:
Diagnóstico y Recomendaciones para la Transición
de la Industria Automotriz en México**

Se realizó en la Ciudad de México.
Noviembre 2022

Todas las imágenes en este libro se utilizan con fines ilustrativos
y cuentan con su respectiva autoría.

RELACIONES EXTERIORES

SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES



UNIVERSITY OF CALIFORNIA
ALIANZA **AMX**



CANAME