

Infraestructura de la Calidad para la Electromovilidad

Fundamentos de los vehículos eléctricos y características
específicas de los vehículos de pasajeros



Publicado por

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios registrados
Bonn y Eschborn, Alemania

Proyecto Global de Infraestructura de la Calidad
Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH,
Av. Insurgentes Sur 826, Col. del Valle
03100 CDMX
Mexico

Diseño

Laguna (versión en inglés) / Juan Manuel Ramírez (versión en español)

Créditos fotográficos

Portada: yaly/AdobeStock, p. 8: gorodenkoff/iStock, p. 10: Pixel-Shot/Shutterstock,
p. 13: coffeekai/iStock, p. 43: serperm73/AdobeStock

Por encargo de

Ministerio Federal de Economía y Energía (BMWE) Berlín,
Alemania 2023
Ciudad de México, México 2026 (versión en español)

Texto

Proyecto Global de Infraestructura de la Calidad

Descargo de responsabilidad

Este documento, elaborado por un grupo bilateral de expertos, se proporciona con fines informativos, sin costo alguno, y no se venderá como publicación comercial. No representa la posición oficial de la Secretaría de Economía de México ni del Ministerio Federal de Economía y Energía (BMWE) de Alemania.

Esta declaración también se aplica a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, que opera en nombre del BMWE. Si bien se ha tenido cuidado en la elaboración de los contenidos, que se han preparado de buena fe sobre la base de la información disponible en la fecha de publicación sin ninguna verificación independiente, la GIZ no garantiza ni asegura la exactitud, fiabilidad, integridad ni actualidad de la información contenida en esta publicación.

El Proyecto Global Infraestructura de la Calidad es implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal de Economía y Energía (BMWE) de Alemania.

Implemented by



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Con el apoyo de



Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)



Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE)



Avery Dennison



Bayerische Motoren Werke (BMW) Group México



Cámara Nacional de la Industria de Manufacturas Eléctricas (CANAME)



Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA), A.C



Centro Nacional de Metrología (CENAM)



Deutsches Institut für Normung (DIN)
Instituto Alemán de Normalización



Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMEEC)



Industria Nacional de Autopartes (INA)



Normalización y Certificación NYCE, SC
Organismo de evaluación de la conformidad y normalización



PEM Motion



Robert Bosch México



Secretaría de Economía



TÜV Rheinland



Verband der Automobilindustrie (VDA)
Asociación Federal de la Industria Automotriz



Volkswagen de México



Voltway



ZF Group

Sobre esta publicación

El Proyecto Global Infraestructura de la Calidad (GPQI) del Ministerio Federal de Economía y Energía (BMWE) permite entablar diálogos sobre política técnica con los socios comerciales más importantes de Alemania en todo el mundo. En cooperación con Brasil, China, India, Indonesia y México, el proyecto se lleva a cabo con el apoyo de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

En este contexto, la presente publicación se desarrolló en el marco del Diálogo Alemán-Mexicano sobre Infraestructura de la Calidad, establecido entre el BMWE y la Secretaría de Economía de México. Este diálogo bilateral es una plataforma que reúne a representantes de los ministerios pertinentes, las instituciones de infraestructura de la calidad y las empresas, así como a las asociaciones industriales y las cámaras de ambos países, con el fin de abordar temas de interés mutuo en el ámbito de la infraestructura de la calidad.

La presente publicación es el resultado de una colaboración desde 2019 entre las partes interesadas del grupo de expertos bilateral dentro de la línea de proyectos 'Cooperación estratégica en electromovilidad: normalización, certificación y reglamentación técnica', que se acordó en el plan de trabajo conjunto del Diálogo Alemán-Mexicano sobre Infraestructura de la Calidad.

Este es el tercer documento de una serie de cuatro publicaciones sobre infraestructura de la calidad en el ámbito de la electromovilidad. Esta serie abordará cuatro temas prioritarios: 1) infraestructura de recarga, seguridad y eliminación de baterías; 2) vehículos pesados para la transportación de pasajeros y mercancías; 3) fundamentos de los vehículos eléctricos y aspectos específicos de los vehículos de pasajeros; y 4) micromovilidad (vehículos de dos ruedas).

Índice

Introducción.....	8
1 Tres pilares para la transición hacia la electromovilidad.....	10
Infraestructura de recarga.....	10
Seguridad operativa.....	11
Circularidad.....	12
2 Mapeo de las normas y reglamentaciones técnicas nacionales e internacionales para los tres pilares.....	14
2.1. Infraestructura de recarga.....	14
Reglamentaciones técnicas.....	14
Normas.....	15
2.2. Reglamentación técnica en materia de seguridad operativa.....	17
Normas.....	14
2.3. Circularidad.....	25
Reglamentaciones técnicas.....	25
Normas.....	29
3 Procedimientos de evaluación de la conformidad.....	36
México.....	36
Unión Europea/Alemania.....	38
Estados Unidos.....	38
4 Recomendaciones.....	41
1. Recomendaciones para la infraestructura de recarga.....	41
2. Recomendaciones para la seguridad operativa.....	42
3. Recomendaciones para la circularidad.....	43
5 Conclusiones.....	46
6 Reconocimientos.....	48
7 Notas.....	49

Lista de abreviaturas

CA	Corriente alterna
ANCE	Asociación de Normalización y Certificación A.C. <i>Organismo de normalización en México</i>
AVAS	Sistema acústico de alerta para vehículos
BMWK/BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie <i>Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía de Alemania</i>
CAP	Procedimiento de evaluación de la conformidad
CB	Organismo de certificación
CO ₂	Bióxido de carbono
CSA	Asociación Canadiense de Normalización
CC	Corriente Continua
DIN	Deutsches Institut für Normung <i>Instituto Alemán de Normalización</i>
DKE	Deutsche Kommission ElektrotechnikElektronik Informationstechnik in DIN und VDE <i>Comisión Alemana de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas e Informáticas del DIN y de la VDE</i>
VE	Vehículos Eléctricos
UE	Unión Europea
COM UE	Comisión Europea
EUR	Euro
EVS	Seguridad de los vehículos eléctricos
FMVSS	Normas federales de seguridad para vehículos motorizados
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit <i>Cooperación Técnica Alemana</i>
GRVA	Grupo de Trabajo de las Naciones Unidas sobre Vehículos Automatizados/Autónomos y Conectados
GTR	Reglamentos técnicos mundiales
ICE	Motor de combustión interna
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IECEE	Sistema IEC de esquemas de evaluación de la conformidad para equipo y componentes electrotécnicos
IMNC	Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C.
ISO	Organización Internacional de Estandarización

km	Kilómetro
kW	kilovatio
kWh	kilovatio-hora
NCB	Organismo Nacional de Certificación
NEC	Código Eléctrico Nacional®
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra Incendios de Estados Unidos
NHTSA	Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana <i>Reglamento técnico mexicano</i>
NYCE	Normalización y Certificación NYCE S.C. <i>Organismo de evaluación de la conformidad y normalización en México</i>
OEM	Fabricante de equipo original
QI	Infraestructura de la calidad
REESS	Sistema de almacenamiento de energía recargable
RRF	Instalación de Recuperación y Resiliencia
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SICT	Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
TC	Comité Técnico
CEPE	Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa
UL	Underwriters Laboratories
EE.UU.	Estados Unidos
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. <i>Asociación de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas y de la Información</i>

Introducción

En respuesta al compromiso global de mitigar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el sector de la transportación está experimentando un cambio transformador hacia la electromovilidad. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en el primer trimestre de 2023 se produjo un aumento en las ventas mundiales de vehículos eléctricos (VE) en comparación con el mismo período de 2022. En el contexto de México, la venta de híbridos y VE en mayo de 2022 fue superior en un 2.5% a la de mayo de 2021¹. Se espera que esta trayectoria de crecimiento transforme profundamente esta industria al integrar nuevos componentes de la cadena de valor relacionados con el tren motriz de los VE, así como al reducir la necesidad de 5 millones de barriles de petróleo al día —que ahora consumen los vehículos con motor de combustión interna (ICE)— para 2030².

Para consolidar su posición en el sector de la fabricación automotriz y aprovechar al máximo las perspectivas económicas que surgen de esta transición, México, el séptimo productor mundial de vehículos, debe armonizar su infraestructura de la calidad (QI) con las exigencias técnicas de los vehículos eléctricos.

El sistema de QI, que comprende las regulaciones técnicas, normalización, evaluación de la conformidad, acreditación, metrología y vigilancia del mercado, desempeña la función fundamental para garantizar la seguridad y la calidad de los productos. Sin embargo, para efectos de este documento sobre políticas, la atención se centra en las regulaciones técnicas, la normalización y la evaluación de la conformidad.

Las **reglamentaciones técnicas obligatorias** establecen objetivos esenciales de protección del interés público al definir las características



Producción de vehículos eléctricos.

de los productos, procesos, métodos de producción o servicios³. **Las normas voluntarias** establecen “normas, lineamientos o características para productos o procesos relacionados y métodos de producción de uso común y repetido”⁴ y pueden convertirse en obligatorias si se hace referencia directa a ellas en un reglamentación técnica. Por último, la aplicación de un **procedimiento de evaluación de la conformidad (CAP)** adecuado es fundamental para la implementación eficaz de las regulaciones técnicas y las normas a través de un conjunto de actividades de prueba, inspección y verificación que sirven para demostrar el cumplimiento.

Los marcos de QI normalizados internacionalmente pueden agilizar los procesos comerciales al minimizar la duplicación de pruebas y armonizar las regulaciones técnicas y los CAP. Esto, a su vez, mejora la eficiencia comer-

cial transfronteriza al reducir los costos para las empresas, que de otro modo tendrían que demostrar el cumplimiento de diversas normativas.

El objetivo de este documento sobre políticas es identificar oportunidades para la armonización de las normas, las reglamentaciones técnicas y los CAP de México con sus equivalentes internacionales, lo que fomenta la competitividad y la innovación en el ámbito de la electromovilidad en México. El alcance y el contenido del documento se debatieron y acordaron con el grupo bilateral de expertos que supervisa la línea de proyectos de 'Cooperación estratégica en materia de electromovilidad: normalización, certificación y reglamentación técnica', dentro del Diálogo Alemán-Mexicano sobre Infraestructura de la Calidad. En él se exponen los retos actuales y se presentan recomendaciones para reforzar el panorama mexicano de normas, reglamentaciones técnicas y sistemas de evaluación de la conformidad para los vehículos eléctricos.

Este documento se centra en **tres áreas principales de interés**: 1) **infraestructura de recarga**, 2) **seguridad operativa de los vehículos eléctricos** y 3) **circularidad** de las cadenas de valor de las baterías de los vehículos eléctricos y otros componentes de los vehículos. El fortalecimiento del marco de infraestructura de la calidad pertinente en estas áreas es esencial para avanzar en la transición hacia la electromovilidad, lo que garantiza que se apliquen las reglamentaciones técnicas, las normas y los sistemas de evaluación de la conformidad que sustentan la fiabilidad, la seguridad y la sostenibilidad de los vehículos eléctricos.

Esta publicación forma parte de una serie que aborda diversos aspectos de la electromovilidad y la QI, incluidos (1) **la infraestructura de recarga y las baterías**, (2) **los vehículos pesados para la transportación de pasajeros y mercancías**, (3) **los fundamentos y las características específicas de los vehículos eléctricos para pasajeros** y (4) **la micromovilidad** (vehículos de dos ruedas).

Con el fin de promover una mejor comprensión de los marcos nacionales e internacionales de QI, el documento ofrece un mapeo de las reglamentaciones técnicas y normas existentes a nivel mundial y en México, la Unión Europea (UE), Alemania y los Estados Unidos (EE. UU.), así como las mejores prácticas internacionales para los tres temas principales. Dada la transversalidad de los CAP, les dedicamos el Capítulo 4. Con base en la situación actual en México y en las mejores prácticas internacionales recopiladas, el Capítulo 5 contiene las recomendaciones formuladas por las partes interesadas del sector, que son esenciales para reforzar el marco de infraestructura de recarga con el fin de lograr la expansión satisfactoria de la industria de los vehículos eléctricos en México.

1. Tres pilares para la transición hacia la electromovilidad

La disponibilidad de **infraestructura de recarga**, la **seguridad operativa** de los vehículos y la **circularidad** de su producción y sus piezas son elementos clave para impulsar una vía de adopción exitosa y sostenible de los vehículos eléctricos. Si bien el acceso a la infraestructura de recarga es importante para abordar la inquietud habitual respecto a la autonomía de los vehículos eléctricos⁵, garantizar la seguridad operativa de los vehículos, dados los riesgos particulares asociados a sus baterías de alto voltaje, es fundamental para asegurar la protección de los consumidores. Dada la dependencia de la tecnología de recursos no renovables, en particular en las baterías y el tren de potencia, es necesario desarrollar estrategias de circularidad en torno a los vehículos eléctricos y sus componentes, tanto para reducir gradualmente la huella ambiental de los vehículos eléctricos como para garantizar la disponibilidad de las materias primas que sustentan la electrificación de la industria automotriz.

El desarrollo funcional, seguro y eficiente de estos tres pilares depende, a su vez, de la existencia, la solidez y el nivel de armonización internacional de los marcos de infraestructura de la calidad, en particular de las reglamentaciones técnicas, las normas y los procedimientos de evaluación de la conformidad. A continuación, analizamos con más detalle qué cuestiones deben resolverse dentro de estos pilares para promover una mayor adopción de los vehículos eléctricos y la expansión de la industria de los vehículos eléctricos en México y cómo un enfoque de infraestructura de la calidad no solo es útil, sino necesario para abordarlas.

Infraestructura de recarga

Como se indica en el documento sobre políticas titulado **“Infraestructura de la calidad para la electromovilidad: infraestructura de recarga, seguridad y eliminación de baterías”**⁶, la



Recarga de vehículos eléctricos

infraestructura de recarga es un elemento fundamental para promover la transición hacia la electromovilidad en México y a nivel internacional. Por lo tanto, y teniendo en cuenta su profunda interrelación con los vehículos eléctricos, este tema se vuelve a explorar en el presente documento, con especial atención en las necesidades específicas de los vehículos de pasajeros.

En primer lugar, la **accesibilidad a la infraestructura de recarga** continúa siendo una de las principales preocupaciones tanto de los usuarios como de los fabricantes. El Informe sobre la encuesta a conductores de vehículos eléctricos 2023⁷ reveló que el 50% de los encuestados en toda Europa destacaban la preocupación por la autonomía —es decir, la preocupación por la distancia que se puede recorrer con una sola carga y el “miedo a quedarse tirados” durante el trayecto— como uno de los tres principales obstáculos para la adopción de los vehículos eléctricos, aunque esto supone un descenso del 10% en comparación con el informe de 2022. En el caso de México, según un estudio de Frost & Sullivan publicado en 2023, actualmente hay 1336 estaciones de recarga públicas distribuidas por todo el país, con un total de 3206 conectores⁸.

La mayoría de estas estaciones de recarga se encuentran en la Ciudad de México, con aproximadamente 221 estaciones. Jalisco y Nuevo León le siguen de cerca, con aproximadamente 110 y 100 estaciones, respectivamente. Por el contrario, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) informó de la venta de 10,206 vehículos eléctricos e híbridos enchufables entre enero y diciembre de 2022, lo que representa un aumento del 120% en comparación con 2021⁹. Esto ilustra la urgente necesidad de desplegar infraestructura de recarga adicional para satisfacer la demanda del mercado. Por lo tanto, la ampliación de la infraestructura de recarga, no solo en las zonas urbanas, sino también en las autopistas, es fundamental para que los usuarios tengan la seguridad de disponer de puntos de recarga a lo largo de sus desplazamientos, lo que fomenta la adopción de los vehículos eléctricos para lograr la transición hacia una movilidad con bajas emisiones o cero emisiones.

Además, **definir el tipo de conectores, enchufes y tomas de recarga de los vehículos eléctricos** que necesita el país, teniendo en cuenta la demanda del mercado y las características del sistema eléctrico nacional, es fundamental para garantizar la **interoperabilidad** nacional y regional y el **acceso eficaz de los clientes de diferentes marcas de vehículos eléctricos a la infraestructura de recarga en México**, así como para aumentar la eficiencia de la inversión en infraestructura. Esto también es relevante para la **mejora de la seguridad de los usuarios**, así como de los vehículos, la infraestructura de recarga y la red eléctrica, al reducir la necesidad de utilizar adaptadores y, por lo tanto, la probabilidad de que se produzca un accidente derivado de un error humano o técnico durante la recarga.

La **instalación adecuada y segura** de la infraestructura de recarga es otro aspecto crítico que hay que abordar, con el objetivo de reducir los incidentes de riesgo eléctrico, como descargas eléctricas o cortocircuitos, que podrían dañar no solo a los usuarios y a los vehículos eléctricos conectados, sino también a la infraestructura de recarga e incluso a la red eléctrica. En ese sentido, también es esencial contar con personal experto capacitado especialmente para

la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento de la infraestructura de recarga.

Para todos los temas prioritarios antes mencionados en relación con la infraestructura de recarga, las **reglamentaciones técnicas**, las **normas** y los **CAP** desempeñan un papel esencial para garantizar productos y servicios que cumplan con la normativa, y sean de alta calidad y seguros. Ya existen buenas prácticas relevantes a nivel internacional, que ofrecen a México referencias accesibles con lineamientos técnicos consensuados para la infraestructura de recarga, entre otros productos del ecosistema de la electromovilidad. Estas se presentan brevemente en el capítulo 2.1, ya que se puede encontrar información más detallada en el documento sobre políticas para la **infraestructura de recarga, la seguridad de las baterías y su eliminación**.

Seguridad operativa

El auge de la popularidad de los vehículos eléctricos también ha traído consigo una serie de **preocupaciones en materia de seguridad** relacionadas con sus **componentes mecánicos y de software**. Si no se les presta atención, estos problemas podrían afectar no solo a la **seguridad de los conductores**, sino también a la de los **servicios de emergencia** y los **peatones**, y podrían tener un **impacto negativo en la confianza de los consumidores en los vehículos eléctricos**. Por lo tanto, es esencial abordar estos riesgos globales relacionados con los vehículos eléctricos desde una perspectiva de infraestructura de la calidad, dada la naturaleza interconectada de la industria internacional de producción de vehículos eléctricos.

Una diferencia importante entre los vehículos eléctricos y los vehículos con motor de combustión interna radica en el nivel de voltaje de sus baterías (400-800 V) para los vehículos eléctricos y (12V) para los vehículos con motor de combustión interna. El voltaje significativamente más alto al que funcionan los vehículos eléctricos presenta riesgos como descargas eléctricas y explosiones, que pueden tener graves consecuencias en determinadas condiciones.

Además, el mayor peso de los vehículos eléctricos supone un riesgo para los demás usuarios de la vía pública en caso de accidente.

Entre los factores técnicos más destacados que contribuyen a los incidentes relacionados con los vehículos eléctricos se encuentran los daños generales de los vehículos, los fallos en los circuitos de alta tensión, el desgaste de los equipos y las condiciones meteorológicas. Las causas más comunes de los incidentes se deben al uso excesivo, fallas internas, fallas técnicas durante la recarga, inmersión en agua y colisiones con otros vehículos y objetos¹⁰. Además, la creciente complejidad del software en los vehículos eléctricos, necesario para tareas como la conducción autónoma y la conectividad, subraya la necesidad de estrategias de seguridad sólidas para proteger a los usuarios contra posibles amenazas cibernéticas. Por lo tanto, la aplicación de reglamentaciones y normas técnicas es fundamental para mitigar los riesgos asociados tanto al hardware como al software de los vehículos eléctricos.

Circularidad

La transición a la electromovilidad se ha convertido en un componente clave de las estrategias de descarbonización en todo el mundo. Si bien el cambio de los vehículos con motor de combustión interna a los eléctricos ofrece un gran potencial de reducción de emisiones y reduce directamente la contaminación atmosférica local, es necesario destacar otros riesgos ambientales asociados a los vehículos eléctricos.

En particular, la producción de baterías de iones de litio y motores eléctricos que contienen metales de tierras raras requiere minerales no renovables altamente concentrados geográficamente, como el litio, el cobalto, el neodimio y el praseodimio, cuya extracción consume mucha energía y a menudo se realiza en regiones con un bajo nivel de exigibilidad de las normas ambientales. Esto se suma al potencial de contaminación de los componentes de los vehículos eléctricos, que también se pueden encontrar en los vehículos convencionales con motor de combustión interna, como los plásticos indus-

Figura 1: Las 9 estrategias R para la transición hacia una economía circular.

Objetivo	Estrategia	Descripción
Usar y fabricar productos de forma inteligente	R0: Rechazar	Hacer que el producto sea redundante al abandonar su función u ofrecer la misma función con un producto radicalmente diferente.
	R1: Repensar	Hacer que el uso del producto sea más intenso (p. ej., intercambio de productos, productos multifuncionales).
	R2: Reducir	Aumentar la eficiencia en la fabricación o el uso del producto consumiendo menos recursos naturales y materiales.
Prolongar la vida útil del producto y sus componentes	R3: Reutilizar	Reutilizar un producto funcional desechado por otro consumidor
	R4: Reparar	Reparar y mantener un producto defectuoso para restaurar su función original
	R5: Renovar	Restaurar un producto antiguo para actualizarlo
	R6: Refabricar	Utilizar el producto o sus piezas en un nuevo producto con su función original
	R7: Reutilizar	Utilizar el producto o sus piezas en un nuevo producto con una función diferente
Utilizar los materiales de forma útil.	R8: Reciclar	Procesar los materiales para obtener la misma calidad (alta) o una calidad inferior (baja)
	R9: Recuperar	Incinerar los materiales para recuperar energía

triales, los componentes eléctricos y los neumáticos. Además, debido al mayor peso de los vehículos eléctricos, los componentes como los neumáticos también tienden a desgastarse con más rapidez, lo que contribuye a un aumento de la generación de residuos.

Para minimizar la huella ambiental de los vehículos eléctricos, es **necesario desarrollar estrategias de economía circular** para los diferentes componentes de los vehículos eléctricos que permitan que circulen con su máximo valor. Será necesario desarrollar estrategias diferenciadas para reducir su huella ambiental con base en el estado de madurez de los enfoques y tecnologías de circularidad para la cadena de valor de los respectivos componentes en México, a través de la combinación de diferentes estrategias R (véase la figura 1).

La adopción de reglamentaciones técnicas, normas y procedimientos de evaluación de la conformidad pertinentes es fundamental para la aplicación de estrategias R en toda la economía en torno a los diferentes componentes de los vehículos. Para la implementación eficaz de estas estrategias R, a su vez, **garantizar la trazabilidad de los componentes y materiales** a medida que se someten a procesos de transformación y circulan entre diferentes actores se perfila como un reto principal que ha llevado a Europa a desarrollar una solución de seguimiento innovadora, el **Pasaporte Digital de Productos (DPP)**. Al almacenar datos importantes relacionados con los productos, como detalles de fabricación, propiedad o instrucciones de reciclaje, el DPP facilita el intercambio de información a lo largo de las cadenas de valor globales. Lo que diferencia a los DPP de las soluciones de seguimiento tradicionales es su capacidad para actualizarse a lo largo del ciclo de vida de un producto, teniendo en cuenta los cambios en sus características o usos.

Si bien para algunas estrategias aún deben desarrollarse enfoques de QI correspondientes a nivel internacional, donde las tecnologías aún se están perfeccionando, como en el caso del reciclaje de baterías de vehículos eléctricos, ya existen algunas normas internacionales y nacionales que ofrecen soluciones técnicas nor-



La sostenibilidad de los automóviles

malizadas para la reutilización de baterías de vehículos eléctricos o los procesos de reciclaje de otros componentes¹¹. Por otra parte, los países y las asociaciones regionales han comenzado a elaborar reglamentaciones técnicas destinadas a reducir la huella ambiental de los vehículos eléctricos y promover cadenas de valor circulares, por ejemplo, mediante niveles obligatorios de contenido reciclado para las baterías¹². En lo que respecta a la trazabilidad de los componentes, la Comisión Europea ha optado por promover el DPP como herramienta clave para acelerar la transición hacia una economía circular: según la nueva propuesta de **Reglamentación sobre el diseño ecológico de productos sostenibles (ESPR)**¹³, para 2026, sectores como la industria automotriz, la industria química y la industria del plástico relacionados con las cadenas de valor de los vehículos eléctricos estarán obligados a utilizar el pasaporte digital de productos para los productos vendidos en la UE.

Estas mejores prácticas internacionales propuestas o ya implementadas en materia de reglamentación técnica, normalización y evaluación de la conformidad se mapearán y contrastarán con el *status quo* mexicano en la segunda parte de este documento sobre políticas, con el objetivo de identificar posibles pasos a seguir para fortalecer la QI para la circularidad de las cadenas de valor de los vehículos eléctricos en México.

2. Mapeo de reglamentaciones y normas técnicas nacionales e internacionales para los tres pilares

2.1. Infraestructura de recarga

Como se anticipó en el primer capítulo, la información detallada sobre las normas, reglamentaciones técnicas y procedimientos de evaluación de la conformidad pertinentes para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos y la seguridad y eliminación de baterías en México, Alemania, la UE, los EE. UU. y a nivel internacional está disponible en el volumen del documento sobre políticas para la “Infraestructura de la calidad para la electromovilidad: infraestructura de recarga, seguridad y eliminación de baterías”. Por lo tanto, parte de la información presentada allí se incluye en esta sección de forma resumida, junto con información complementaria

Reglamentaciones técnicas

México

Las reglamentaciones técnicas en México se conocen como Norma Oficial Mexicana (NOM). Son elaboradas por las autoridades reguladoras en sus respectivos ámbitos de competencia. Las autoridades reguladoras competentes en el ámbito de la electromovilidad son la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Actualmente, en México aún no se han desarrollado reglamentaciones técnicas específicas para la infraestructura de recarga. Los requisitos de seguridad eléctrica para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos se esta-

blecen a través de reglamentaciones técnicas que se aplican en general a las instalaciones y productos eléctricos. Por ejemplo, la **NOM-001-SEDE-2012**¹⁴ para instalaciones eléctricas establece las especificaciones técnicas y los lineamientos que estas deben cumplir para ser seguras para las personas y sus bienes. Los equipos de recarga de vehículos eléctricos también están cubiertos por esta NOM. Los parámetros relativos a las fallas a tierra son un ejemplo de uno de los principales elementos cubiertos por esta norma que son particularmente relevantes para la protección de los usuarios, por ejemplo, contra fugas de corriente. La versión actualizada de esta NOM se presentó en 2018, pero en 2023 aún no se había publicado. Sin embargo, se espera que se incluya como parte del Programa Nacional de Infraestructura de la Calidad (PNIC) 2024 para reanudar su publicación definitiva y su entrada en vigor. Debido al alcance de la NOM en materia de seguridad eléctrica, se considera necesaria la publicación de su versión actualizada para garantizar la protección de los usuarios y de la red eléctrica.

La **NOM-003-SCFI-2014**¹⁵ establece las características y especificaciones de seguridad de los productos eléctricos importados o comercializados en México. Los requisitos generales establecidos en la NOM abarcan los principios de protección contra los riesgos del producto y los causados por factores externos, así como el funcionamiento seguro del producto y la información sobre su uso, conservación y etiquetado. Esta NOM hace referencia a varias normas mexicanas (NMX) que deben aplicarse, dependiendo del producto en cuestión, para demos-

trar el cumplimiento de la NOM-003-SCFI-2014. Entre ellas, las normas **NMX-J-668/1-AN-CE-2013 Vehículos eléctricos (VE) – Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación – Parte 1: requisitos generales** y **J-668/2-AN-CE-2013 Vehículos eléctricos (VE) – Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación – Parte 2: requisitos particulares para dispositivos de protección para utilizarse en sistemas de carga**. También se incluye la NOM-003-SCFI-2014, que se inscribió en el PNIC 2020 para someterse a un proceso de modificación. Sin embargo, la versión actualizada de la NOM aún no se ha publicado.

Internacional

A nivel mundial, aún no existen reglamentaciones técnicas para la recarga fuera de la vía pública. Esto se rige más bien por la normalización internacional, principalmente en la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). El resumen de las normas IEC pertinentes para la infraestructura de recarga identificadas por el grupo bilateral de expertos se presenta en la sección Normas de este capítulo.

Unión Europea / Alemania

En el caso de la UE, la **Directiva europea 2014/94/UE** aborda el despliegue de la infraestructura de combustibles alternativos. Introduce medidas para la implementación de este tipo de infraestructura en la UE y describe los criterios mínimos para su desarrollo, incluidos los puntos de carga de vehículos eléctricos. También establece especificaciones técnicas normalizadas para estos puntos de recarga y repostaje, así como requisitos de información al usuario y etiquetado.

Estados Unidos

La **Ley Pública N.º 114-94** encargó al Departamento de Transporte de los Estados Unidos que designara corredores nacionales para vehículos eléctricos (VE) y otros combustibles alternativos, con el objetivo de identificar la infraestructura necesaria para recargar VE, entre otros

vehículos de combustible alternativo, en lugares estratégicos a lo largo de las principales autopistas del país.

El **Título 16, Parte 309**, del **Código de Reglamentaciones Federales** establece los requisitos para el etiquetado de determinados vehículos que funcionan con combustibles alternativos, incluidos los VE. De acuerdo con esta normativa, se debe incluir información específica en las etiquetas, como la capacidad en kilovatios (kW), el voltaje, el tipo de corriente (corriente alterna (CA) o corriente continua (CC)), los límites de corriente eléctrica y el modo de carga (conductivo o inductivo).

Normas

México

Actualmente, las normas mexicanas (NMX)¹⁶ pueden ser publicadas por las Secretarías de sus respectivas áreas de competencia de los organismos privados de normalización y certificación. Los organismos nacionales de normalización responsables de elaborar documentos técnicos voluntarios, conocidos como NMX, en el sector automotriz son la ANCE (Asociación de Normalización y Certificación A.C.), el IMNC (Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.) y NYCE (Normalización y Certificación NYCE, S.C.).

Algunas normas mexicanas (NMX) se aplican tanto a la infraestructura de recarga como al vehículo debido a su ámbito de aplicación, por ejemplo, las series **NMX-J-678-ANCE-2020** y **NMX-J-683-1-ANCE** relativas a enchufes, tomas de corriente y acopladores. Estas se muestran con más detalle en la sección “Seguridad operativa”. Las NMX aplicables a la infraestructura de recarga incluyen las siguientes:

Tabla 1: Normas mexicanas aplicables a la infraestructura de recarga y las baterías para vehículos eléctricos

Infraestructura de carga		
Tema	Norma mexicana	Concordancia con las normas internacionales
Sistemas de protección personal para circuitos de suministro	NMX-J-668/1-ANCE-2013 Vehículos eléctricos (EV) - Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación - Parte 1: Requisitos generales	Armonizada regionalmente con el Consejo para la Armonización de Normas Electrotécnicas de las Naciones de América (CANENA).
	NMX-J-668/2-ANCE-2013 Vehículos eléctricos (VE) - Sistemas de protección personal para circuitos de alimentación de vehículos eléctricos (VE) - Parte 2: Requisitos particulares para dispositivos de protección para utilizarse en sistemas de carga	
Equipos de suministro	NMX-J-677-ANCE-2020 Vehículos eléctricos - Equipos de alimentación	Concordancia con las normas internacionales
Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos	NMX-J-684-ANCE (serie), que incluye:	Concordancia modificada con las normas internacionales IEC, respectivamente: Serie IEC 61851 Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos -
	- NMX-J-684-1-ANCE-2021 Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos - Parte 1: Requisitos generales. - NMX-J-684-21-1-ANCE-2021 Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos - Parte 21-1 Requisitos de EMC del cargador a bordo de vehículos eléctricos para conexión conductiva con una alimentación de CA/CC. - NMX-J-684/22-ANCE-2014 Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos - Parte 22: Estación de recarga de vehículos eléctricos de CA. (Nota sobre el estado: Se espera que esta NMX sea retirada en su próxima revisión debido al retiro de la norma IEC 61851-22).	- IEC 61851-1 Parte 1: Requisitos generales, ed3.0 (2017-02). - IEC 61851-21-1:2017 Parte 21-1 Requisitos de EMC del cargador a bordo de vehículos eléctricos para conexión conductiva con una alimentación de CA/CC. - IEC 61851-22 Parte 22: Estaciones de carga de vehículos eléctricos de CA 1.0 (2001-05). Nota sobre el estado: Retirada en 2017.
Vehículos eléctricos: sistemas de carga inductivos	NMX-J-725-1-ANCE-2016 Sistemas de carga inductiva para vehículos eléctricos - Parte 1: Requisitos generales	Concordancia modificada con la norma internacional IEC 61980-1, IEC 61980-1, Sistemas de transferencia de energía inalámbrica (WPT) para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales ed1.0 (2015-07).

Internacional

A nivel mundial, la **Organización Internacional de Normalización (ISO)** y la **Comisión Electro-técnica Internacional (IEC)** son organismos de normalización destacados en los que se llevan a cabo desarrollos normativos relevantes en el ámbito de la electromovilidad.

Las normas sobre protocolos de comunicación, así como sobre enchufes, tomas de corriente, conectores y entradas para vehículos, componentes clave de la infraestructura de recarga, no solo se aplican a ellos, sino también a los propios vehículos eléctricos, debido a su interrelación. Por lo tanto, estas normas se detallan en la sección ‘Seguridad operativa’.

Unión Europea/Alemania

Siguiendo los principios de la legislación de armonización de la UE, varias normas europeas y alemanas se derivan de normas internacionales. En Alemania, los organismos responsables de la normalización son el **Instituto Alemán de Normalización (DIN)** y la **Comisión Alemana de Tecnologías Eléctricas, Electrónicas e Informáticas del DIN y VDE (DKE)**. A este respecto, la información sobre las normas alemanas armonizadas internacionalmente pertinentes que se aplican tanto a la carga como a la infraestructura y los vehículos eléctricos se presentan en la sección correspondiente a la seguridad operativa.

Estados Unidos

El **Código Eléctrico Nacional®(NEC)**¹⁷ es elaborado y publicado por la **Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA)** en un ciclo de tres años. El **Instituto Estadounidense de Normas Nacionales (ANSI)** es el responsable de aprobarlo como norma nacional en los Estados Unidos. El NEC establece los requisitos mínimos del código eléctrico que rigen la seguridad eléctrica en ocupaciones residenciales, comerciales e industriales para garantizar la seguridad frente a posibles riesgos eléctricos. Como código nacional, el cumplimiento del NEC es obligatorio cuando se adopta a nivel muni-

cipal o estatal. La edición actual del NEC se publicó en 2023 y también cubre la instalación de sistemas de recarga de vehículos eléctricos en su **Artículo 625**¹⁸

La **Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA)**¹⁹ es otro organismo de normalización de los Estados Unidos. Reúne a representantes del sector privado, principalmente de los sectores eléctrico, de ingeniería y científico, para desarrollar y publicar normas y documentos técnicos sobre electricidad y diagnóstico médico por imágenes.

Además, la **Sociedad Internacional de Ingenieros Automotrices (SAE)** y **Underwriters Laboratories (UL)** son dos organismos de normalización que crean normas voluntarias para diversas industrias, incluida la automotriz. Al igual que en los casos anteriores, varias de las normas para la infraestructura de recarga también son aplicables a los vehículos eléctricos debido a su interrelación. Por lo tanto, se presentan en la sección correspondiente de “seguridad operativa”.

2.2 Reglamentación técnica en materia de seguridad operativa

México

En México, actualmente no existen reglamentaciones técnicas específicas para los vehículos eléctricos. Sin embargo, hay NOMs que consideran los vehículos eléctricos en su ámbito de aplicación o son aplicables a este tipo de vehículos debido al amplio alcance de la NOM:

- **Dispositivos de seguridad NOM-194-SE-202**
Dispositivos de seguridad esenciales en vehículos nuevos - Seguridad - Especificaciones.
- **Emisión máxima de ruido: NOM-080-ECOL-1994**, que establece los límites máximos permitidos para las emisiones de ruido del escape de los vehículos de motor, motocicletas y triciclos de motor en circulación y el método para medirlos.

Internacional

A nivel internacional, el **Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP.29)** se dedica a desarrollar reglamentaciones técnicas para vehículos, incluidos los vehículos eléctricos. Supervisa el **Acuerdo de 1958** relativo a la adopción de reglamentos técnicos armonizados de las Naciones Unidas aplicables a los vehículos de ruedas y los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en estos y sobre las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas conforme a dichos reglamentos de las Naciones Unidas, así como el **Acuerdo de 1998** relativo al establecimiento de reglamentos técnicos mundiales de las Naciones Unidas. El Acuerdo de 1958, inicialmente limitado a los suscriptores europeos, se amplió gradualmente para abarcar países como Japón, Sudáfrica y Malasia, y ahora cuenta con 58 naciones participantes. Este acuerdo, que sirve de base para los reglamentos sobre vehículos de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE), es jurídicamente vinculante para todas las partes contratantes, con un total de 160 reglamentos publicados hasta la fecha.

Por el contrario, el Acuerdo de 1998 sobre los Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas sentó las bases para el desarrollo de los Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas (GTR de la ONU), que establecen criterios de rendimiento y procedimientos de prueba armonizados para los vehículos y sus componentes. Sin embargo, a diferencia de los reglamentos de la CEPE, los GTR de la ONU deben incorporarse a la legislación nacional o regional para que sean legalmente vinculantes. Hasta la fecha, 38 países forman parte del Acuerdo de 1998, con 24 GTR de la ONU publicados en el Registro de Reglamentos Técnicos Mundiales administrado por el WP.29. Tanto los reglamentos de la CEPE como los GTR de la ONU son accesibles al público en general.

Los siguientes GTR de la ONU y reglamentos de la CEPE son relevantes para los vehículos eléctricos:

- **Requisitos generales de seguridad para los vehículos eléctricos** **GTR de la ONU N.º 20** – Reglamento Técnico Mundial sobre la seguridad de los vehículos eléctricos (EVS).
- **Iluminación** **CEPE N.º 48** – Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en lo que respecta a la instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa.
- **Energía** **CEPE N.º 100** – Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos con respecto a los requisitos específicos para el tren de potencia eléctrico.
- **Emisiones sonoras** **CEPE N.º 138** – disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de transporte por carretera silenciosos en lo que respecta a su reducida audibilidad.

El **Reglamento N.º 100 de la CEPE** establece disposiciones específicas para la homologación de vehículos en lo que respecta al tren de potencia eléctrico, haciendo hincapié en los requisitos de seguridad para los vehículos de carretera de propulsión eléctrica, excluidos los conectados permanentemente a la red. Abarca los requisitos de los vehículos y los sistemas de almacenamiento de energía recargables (RESS), junto con los métodos de prueba correspondientes para garantizar el rendimiento de seguridad de los RESS. La tercera revisión de este reglamento se publicó y entró en vigor el 25 de marzo de 2022.

El **Reglamento N.º 51 de la CEPE** aborda la homologación de los vehículos de motor con un mínimo de cuatro ruedas en lo que respecta a sus emisiones sonoras. Incluye especificaciones para el sistema de reducción del ruido, los niveles sonoros y los sistemas de escape que contienen materiales fibrosos.

El **Reglamento N.º 138** establece disposiciones normalizadas para la homologación de vehículos de transporte por carretera silenciosos, haciendo hincapié en la reducción de la audibilidad.

Unión Europea/Alemania

Los Estados miembros de la UE están automáticamente sujetos a los reglamentos de la CEPE, incluidos los reglamentos 14, 16, 48, 100 y 138, debido a su participación en el Acuerdo de 1958. Estas normas sirven como reglamentos técnicos pertinentes de la UE y establecen normas de seguridad esenciales para los vehículos eléctricos dentro de la UE.

Además, el **Reglamento (UE) 2018/858** sirve de marco jurídico para el proceso de certificación de tipos específicos de vehículos, sistemas, componentes o unidades técnicas independientes. Este reglamento describe las disposiciones administrativas y los requisitos técnicos para la homologación de tipo y la introducción al mercado de estos productos, junto con reglamentos para su vigilancia en el mercado. Se aplica a los vehículos de motor de las categorías M (transporte de pasajeros), N (transporte de mercancías) y O (remolques).

En cuanto a las emisiones sonoras, el **Reglamento (UE) 2017/1576** estipula la inclusión de un sistema de alerta acústica para vehículos (AVAS) en todos los nuevos modelos de vehículos eléctricos e híbridos. Este sistema está programado para generar un sonido automáticamente cuando el vehículo se desplaza a velocidades entre 0 y 20 km/h, así como durante los movimientos de marcha atrás, para advertir a los peatones de la presencia del vehículo.

Estados Unidos

En los Estados Unidos, la **Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA)** es el organismo del gobierno federal encargado de establecer y aplicar las **Normas Federales de Seguridad para Vehículos Motorizados (FMVSS)**. Estas normas definen los requisitos mínimos obligatorios de seguridad para los vehículos, algunos de los cuales se refieren específicamente a los vehículos eléctricos, mientras que otros son aplicables a los vehículos en general. Los fabricantes están obligados a certificar sus vehículos o equipos para demostrar el cumplimiento de las FMVSS si pretenden co-

mercializar sus vehículos y componentes en los Estados Unidos.

La siguiente lista ofrece una visión general de las normas técnicas aplicables a los vehículos eléctricos.

- **Controles y pantallas**
 - **FMVSS N.º 101** Controles y pantallas
- **Iluminación**
 - **FMVSS N.º 108** Luces, dispositivos reflectantes y equipos asociados
- **Frenos**
 - **FMVSS No. 116** Líquidos de frenos para vehículos de motor
 - **FMVSS No. 105** Sistemas de frenos de servicio hidráulicos y eléctricos
- **Protección contra colisiones**
 - **FMVSS No. 301** Integridad del sistema de combustible
 - **FMVSS No. 302** Inflamabilidad de los materiales interiores
- **Descargas eléctricas**
 - **FMVSS No. 305** Derrame de electrolitos y protección contra descargas eléctricas
- **Emisión de sonido**
 - **FMVSS No. 141** Requisitos mínimos de nivel sonoro para el funcionamiento a baja velocidad de vehículos híbridos y eléctricos

La **FMVSS N.º 305** establece los requisitos de seguridad eléctrica para el funcionamiento y el rendimiento tras una colisión de los vehículos equipados con fuentes de alta tensión. Estos requisitos tienen por objeto proteger contra descargas eléctricas a los ocupantes del vehículo, al personal de rescate y a las personas que puedan entrar en contacto con el vehículo después de un accidente.

La **FMVSS N.º 141** establece los requisitos mínimos de nivel sonoro para el funcionamiento a baja velocidad de los vehículos híbridos y eléctricos, incluidos los vehículos de pasajeros polivalentes, los camiones y los autobuses. Esta

normativa también establece el rango de banda para el sonido que debe emitir el vehículo.

La **FMVSS N.º 105** establece las especificaciones de distancia de frenado para los vehículos con motor de combustión interna (ICE) y los vehículos eléctricos (VE) equipados con sistemas de frenos hidráulicos, frenos de servicio eléctricos y regenerativos y frenos de estacionamiento, teniendo en cuenta el comportamiento que deben cumplir en caso de fallo de cualquiera de sus componentes. Su objetivo es garantizar un rendimiento de frenado seguro en condiciones normales y de emergencia. Se aplica a los vehículos de pasajeros, camiones y autobuses polivalentes con un peso bruto nominal (GVWR) superior a 3500 kilogramos (7716 libras), equipados con sistemas de frenos hidráulicos o eléctricos.

Normas

México

La siguiente tabla incluye las NMX que, aunque no son exclusivas de los vehículos eléctricos, se aplican a ellos y abordan los temas de frenos, ergonomía y sistemas de iluminación. Se acompañan de las normas internacionales con las que están armonizadas. Además, se incluyen las normas pertinentes a la infraestructura de recarga, dado su impacto en la seguridad del vehículo. Dado que algunas de estas normas ya se mencionaron en el documento sobre políticas para la infraestructura de recarga, aquí se presentan de forma resumida.

Tabla 5: Normas mexicanas para vehículos eléctricos.

Infraestructura de recarga		
Tema	Norma	Armonizada con
Cables y cordones	NMX-J-436-ANCE-2021 Alambres y cables – Cordones y cables flexibles – Especificaciones	Norma armonizada regionalmente con la norma estadounidense UL 62 y la norma canadiense
	NMX-J-738-ANCE-2020 Alambres y cables – Cable para vehículos eléctricos – Especificaciones y métodos de prueba	Norma armonizada regionalmente con la norma estadounidense UL 2263 y la norma canadiense CSA 332.
Enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y entradas.	NMX-J-677-ANCE-2020 Vehículos eléctricos – Equipos de alimentación	Concordancia modificada con la norma internacional IEC 62196-1. Enchufes, tomas de corriente, conectores de vehículos y entradas de vehículos. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales, ed. 3.0 (2014-06). (Nota sobre el estado: actualizada a la ed. 4.0 en mayo de 2022).
	NMX-J-683-1-ANCE-2020 Vehículo eléctrico: enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y entradas para vehículo – Carga conductiva de vehículos eléctricos– Parte 1: Requisitos generales	Concordancia modificada con la norma internacional IEC 62196-2 Enchufes, tomas de corriente, conectores de vehículos y entradas de vehículos – Carga conductiva de vehículos eléctricos: Parte 2: Requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para accesorios de clavijas y tubos de contacto de CA, ed. 2.0 (02-2016).

Infraestructura de recarga

Tema	Norma	Armonizada con
Enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y entradas.	NMX-J-683-3-ANCE-2020 Vehículos eléctricos – Enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y tomas de entrada para vehículos – Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 3: Requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para acopladores de vehículos de clavijas y tubos de contacto de CC y CA/CC.	Concordancia modificada con la norma internacional IEC 62196-3 Enchufes, tomas de corriente, conectores de vehículos y entradas de vehículos – Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 3: Requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para acopladores de vehículos de CC y CA/CC con clavijas y tubos de contacto, ed 1.0 (2014-06).
Protección equipo	NMX-J-612-ANCE-2018 Protección contra descargas eléctricas. –Aspectos comunes para la instalación y el equipo	Concordancia modificada con la norma internacional IEC 61140: 2016 ed. 4.0 (2016-01).
Frenos	NMX-D-313-IMNC-2025 Sistema de frenos neumáticos	Parcialmente armonizada con: • Reglamentación de los EE. UU.: 49 Código de Reglamentaciones Federales (CFR) 571.121 Norma N.º 121 (FMVSS 105) – Sistemas de frenos neumáticos • Normas de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales ASTM: una organización internacional de desarrollo de normas • ASTM E1337-19 – Método de prueba normalizado para determinar el coeficiente de frenado longitudinal máximo (PBC) de superficies pavimentadas utilizando un neumático de prueba de referencia normalizado. • ASTM E1136-19 – Especificación normalizada para neumáticos de prueba de referencia radial P195/75R14
Sistemas de iluminación	NMX-D-233-IMNC-2021: Productos de para uso en vehículos de transporte – Luces exteriores	Parcialmente armonizada con: • Reglamentación de los EE. UU.: 49 CFR 571.108 Norma N.º. 108 • Norma estadounidense SAE J759.

Internacional

A continuación se enumeran las normas que se consideraron más relevantes para la seguridad operativa de los vehículos eléctricos, teniendo en cuenta el alcance de este documento técnico. Abarcan los temas de protección contra descargas eléctricas para las personas dentro y fuera del vehículo y las funciones de automatización de la conducción segura.

En cuanto a los protocolos de comunicación, el Protocolo Abierto de Puntos de Carga (OCPP) es un sistema de comunicación de código abierto que permite la interacción entre las estaciones de recarga y el Sistema de Gestión de Estaciones de Recarga (CSMS). El OCPP permite la comunicación bilateral entre los cargadores de vehículos eléctricos y los sistemas de software auxiliares, lo que permite el intercambio de información, como los valores de los contadores y los eventos de recarga. Además, el OCPP es compatible con la funcionalidad de recarga in-

teligente, lo que permite la transmisión de comandos de recarga desde el CSMS al cargador del vehículo eléctrico. Sin embargo, hay que señalar que este protocolo no es una norma internacional oficial, sino que lo promueve la Alianza Abierta de Recarga (OCA), integrada por proveedores de infraestructura de recarga públicos y privados²⁰.

Además, en lo que respecta a las pruebas de baterías, el Manual de pruebas y criterios de las Naciones Unidas aborda en su Parte 3, Sección 38.3 (también conocida como UN/DOT 38.3) los requisitos aplicables a las celdas y baterías de litio²¹. También incluye información sobre las pruebas específicas aplicables a estos productos, como la simulación de altitud, la prueba térmica, la prueba de vibración, la prueba de choque, el cortocircuito externo, la prueba de impacto/aplastamiento, la prueba de sobrecarga y la prueba de descarga forzada²².

Tabla 3: Normas internacionales identificadas para vehículos eléctricos

Infraestructura de recarga	
Tema	Norma
Protocolos de comunicación	ISO 15118-1:2019: Vehículos de carretera — Interfaz de comunicación entre el vehículo y la red — Parte 1: Información general y definición de casos de uso
	ISO 15118-2:2014: Vehículos de carretera — Interfaz de comunicación entre el vehículo y la red — Parte 2: Requisitos de red y protocolo de aplicación
	IEC 63110-1:2022: Protocolo para la gestión de infraestructuras de carga y descarga de vehículos eléctricos. Parte 1: Definiciones básicas, casos de uso y arquitecturas.
Suministro de energía eléctrica a vehículos eléctricos de carretera	ISO 17409:2020 Requisitos de seguridad eléctrica para la conexión conductiva de vehículos de carretera de propulsión eléctrica a circuitos eléctricos externos
	ISO/DIS 5474-1 Vehículos de carretera de propulsión eléctrica — Requisitos funcionales y de seguridad para la transferencia de energía — Parte 1: Requisitos generales para la transferencia de energía conductiva. (Nota sobre el estado: La votación sobre el borrador de la norma internacional se cerró el 28 de julio de 2022).
	ISO 6469-1:2019 Vehículos de carretera de propulsión eléctrica. Especificaciones de seguridad — Parte 1: Sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS)
	IEC 61851-23:2014: Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos — Parte 23: Estación de carga de vehículos eléctricos de CC. (Nota sobre el estado: Se prevé que la edición 2.0 se publique en diciembre de 2023).

Infraestructura de recarga

Tema	Norma
Rendimiento	IEC 62660-3:2022 Celdas secundarias de iones de litio para la propulsión de vehículos eléctricos de carretera – Parte 3: Requisitos de seguridad
Enchufes, tomas de corriente, conectores y entradas para vehículos	Serie IEC 62196 – Enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y entradas para vehículos. Carga conductiva de vehículos eléctricos. IEC 62752: Dispositivo de control y protección en el cable para la carga en modo 2 de vehículos eléctricos de carretera (IC-CPD).
Protección de las personas	ISO 6469-3:2011 Vehículos de carretera de propulsión eléctrica— Especificaciones de seguridad – Parte 3: Protección de las personas dentro y fuera del vehículo contra descargas eléctricas.
Autonomía	ISO 26262-1:2018: Vehículos de carretera – Seguridad funcional – Parte 1: Vocabulario ISO 21448:2022: Vehículos de carretera – Seguridad de la funcionalidad prevista

Unión Europea / Alemania

En ese sentido, la siguiente tabla muestra las normas alemanas armonizadas Internacionalmente basadas en las normas internacionales enumeradas antes.

Tabla 4: Normas alemanas/de la UE armonizadas a nivel internacional identificadas como relevantes

Infraestructura de recarga

Tema	Norma alemana / europea
Protocolos de comunicación	DIN EN ISO 15118-1:2019-08: Vehículos de carretera – Interfaz de comunicación entre el vehículo y la red – Parte 1: Información general y definición de casos de uso (ISO 15118-1:2019) DIN EN ISO 15118-2:2016-08 Vehículos de carretera – Interfaz de comunicación entre el vehículo y la red – Parte 2: Requisitos de red y protocolo de aplicación (ISO 15118-2:2014) DIN EN IEC 63110-1:2023-07 VDE 0122-110-1:2023-07 Protocolo para la gestión de infraestructuras de carga y descarga de vehículos eléctricos. Parte 1: Definiciones básicas, casos de uso y arquitecturas (IEC 63110-1:2022)
Suministro de energía eléctrica a vehículos eléctricos de carretera	DIN EN ISO 17409:2020-10: Vehículos de carretera de propulsión eléctrica – Transferencia de energía conductiva – Requisitos de seguridad DIN EN IEC 61851-1:2019-12 VDE 0122-1:2019-12 Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos – Parte 1: Requisitos generales (IEC 61851-1:2017); versión alemana EN IEC 61851-1:2019
Enchufes, tomas de corriente, conectores y entradas para vehículos	DIN EN IEC 62196 VDE -1:2019-12 VDE 0623-5 Serie Enchufes, tomas de corriente, conectores para vehículos y tomas de corriente para vehículos – Carga conductiva de vehículos eléctricos (IEC 62196-1:2014, modificada)

Estados Unidos

La tabla siguiente muestra las normas específicas creadas por la SAE y UL para los vehículos eléctricos, cuyo objetivo es mejorar su seguridad operativa. Estas normas abarcan lineamientos generales de seguridad, medidas de seguridad para baterías y ciberseguridad.

- **Automatización**
 - [SAE J3016](#): Niveles de automatización de la conducción
- **Cables**
 - [UL62](#): Norma de seguridad para cables flexibles y cables de fijación, UL 62 en Estados Unidos, México y Canadá.
- **Ciberseguridad**
 - [SAE J3061_202112](#): Guía de ciberseguridad para sistemas ciberfísicos de vehículos
 - [UL 2900-1](#): Norma de ciberseguridad de software para productos conectables a redes, Parte I: Requisitos generales
- **Lineamientos para la seguridad de los vehículos eléctricos**
 - [SAE J2344_202010](#): Lineamientos para la seguridad de los vehículos eléctricos
- **Batería**
 - [UL 2580](#): Norma UL de seguridad para baterías de uso en vehículos eléctricos
- **Sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS)**
 - [SAE J2929](#): Norma de seguridad para sistemas de baterías de propulsión de vehículos eléctricos e híbridos que utilizan celdas recargables de litio.
 - [SAE J2464_202108](#): Sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS) para vehículos eléctricos e híbridos: pruebas de seguridad y abuso

Internacional

A continuación se enumeran las normas que se consideraron más relevantes para la seguridad operativa de los vehículos eléctricos, teniendo

en cuenta el alcance de este documento sobre políticas. Abarcan los temas de protección contra descargas eléctricas para las personas dentro y fuera del vehículo y las características de automatización de la conducción segura.

En cuanto a los protocolos de comunicación, el Protocolo Abierto de Puntos de Carga (OCPP) es un sistema de comunicación de código abierto que permite la interacción entre las estaciones de recarga y el Sistema de Gestión de Estaciones de Recarga (CSMS). El OCPP permite la comunicación bilateral entre los cargadores de vehículos eléctricos y los sistemas de software auxiliares, lo que permite el intercambio de información, como los valores de los contadores y los eventos de carga. Además, el OCPP es compatible con la funcionalidad de recarga inteligente, lo que permite la transmisión de comandos de recarga desde el CSMS al cargador del vehículo eléctrico. Sin embargo, hay que señalar que este protocolo no es una norma internacional oficial, sino que lo promueve la Alianza Abierta de Carga (OCA), formada por proveedores públicos y privados de infraestructura de recarga²³.

Además, en lo que respecta a las pruebas de baterías, el Manual de pruebas y criterios de las Naciones Unidas aborda en su parte 3, sección 38.3 (también conocida como UN/DOT 38.3) los requisitos aplicables a las celdas y baterías de litio²⁴. También incluye información sobre las pruebas específicas aplicables a estos productos, como la simulación de altitud, la prueba térmica, la prueba de vibración, la prueba de choque, el cortocircuito externo, la prueba de impacto/aplastamiento, la prueba de sobrecarga y la prueba de descarga forzada²⁵.

Unión Europea/Alemania

A partir de los principios de la legislación de armonización de la UE, numerosas normas europeas y alemanas se basan en normas internacionales. En ese sentido, la siguiente tabla muestra las normas alemanas armonizadas internacionalmente basadas en las normas internacionales enumeradas antes.

2.3. Circularidad

Si bien México tiene un historial muy sólido en la implementación de estrategias de circularidad para algunos materiales como el PET, donde las tasas de reciclaje superan el 50 %, las estrategias de circularidad para las piezas de automóviles en general y los componentes de los vehículos eléctricos en particular están menos exploradas. Sin embargo, dado que las ventas de vehículos híbridos (tanto enchufables como no enchufables) y eléctricos de pasajeros alcanzaron las 52 983 unidades en 2022, se hace imperativo promover soluciones de circularidad basadas en las mejores prácticas y normas internacionales. En este capítulo se analiza el estado actual de las reglamentaciones técnicas, las normas y la evaluación de la conformidad de las tres estrategias R (reconsiderar, reutilizar y reciclar), así como las soluciones de trazabilidad en México, y se compara con el panorama en la UE, los EE. UU. y las normas internacionales disponibles

Reglamentaciones técnicas

México

Si bien en México no existen actualmente reglamentos técnicos activos que especifiquen requisitos de circularidad o sostenibilidad para los componentes de los vehículos eléctricos, en 2022 la Secretaría de Economía publicó el primer borrador de reglamento técnico sobre estrategias de economía circular para dispositivos eléctricos y electrónicos y baterías de vehículos eléctricos.

La propuesta de este anteproyecto de reglamento **ANTEPROY-NOM-XXX-SE-2022**, “Economía circular – Especificaciones de seguridad para equipos eléctricos y electrónicos y baterías para vehículos eléctricos e híbridos eléctricos”, tiene como objetivo establecer las especificaciones que deben cumplir los equipos eléctricos, los equipos electrónicos y las baterías para vehículos eléctricos e híbridos eléctricos a fin de aumentar su durabilidad. Hace referencia a la norma internacional IEC 62430: Diseño respetuoso con el medio ambiente (ECD) y al Reglamento Técnico Mundial de las Naciones Unidas (GTR de la ONU) N.º 22 sobre la durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos.

De acuerdo con el GTR de la ONU N.º 22, si se ratifica este proyecto, los fabricantes estarán obligados a instalar en los vehículos monitores del estado de autonomía certificada (SOCR) y del estado de energía certificada (SOCE) que permitan a los consumidores supervisar el nivel de rendimiento de las baterías del vehículo eléctrico a lo largo de su ciclo de vida. Los requisitos mínimos de rendimiento de las baterías de los vehículos eléctricos en las diferentes etapas de su ciclo de vida también se han adoptado del GTR de la ONU N.º 22 y se muestran en la Tabla 5. En consecuencia, hasta una vida útil de 5 años o una distancia recorrida de 100 000 km, lo que se alcance primero, la batería debe conservar el 80% de su capacidad energética original.

Además, y más allá del ámbito de aplicación del GTR de la ONU N.º 22, según el borrador de la NOM, los fabricantes, importadores y comerciantes deberán proporcionar la información

Tabla 5: Requisitos mínimos de rendimiento en términos de capacidad energética de la batería para las diferentes etapas del ciclo de vida del vehículo eléctrico.

Ciclo de vida del vehículo eléctrico	Capacidad energética de la batería
Desde el inicio de su vida útil hasta 5 años o 100,000 km, lo que ocurra primero	80%
Vehículos de más de 5 años o 100,000 km, y hasta lo que ocurra primero de 8 años o 160,000 km	70%

necesaria para la reparación y reutilización correctas de sus productos, y asumir la responsabilidad económica y física de estos. También se les responsabiliza de la trazabilidad de los residuos eléctricos y electrónicos hasta su destino o eliminación final. Además, los distribuidores y comercializadores estarían obligados a recuperar los productos de las categorías que venden para garantizarles una segunda vida. Sin embargo, estas obligaciones aún no se han especificado con más detalle.

Otra norma técnica relevante para la circulación de los vehículos eléctricos, aunque no es específica para los vehículos eléctricos y sus componentes, es la **NOM-161-SEMARNAT-2011**. Esta reglamentación técnica define la lista de materiales que se consideran residuos de manipulación especial, así como los lineamientos para la elaboración de planes de gestión de este tipo de residuos que las empresas están obligadas a desarrollar. En el estado actual de la normativa, las baterías residuales de los vehículos eléctricos se definen como residuos especiales²⁶, ya que la concentración de sustancias peligrosas está por debajo del umbral definido en la NOM-052-SEMARNAT-2005²⁷, que establece las características de los residuos peligrosos.

En consecuencia, las baterías de iones de litio entran en el ámbito de aplicación de los requisitos de la **NOM-161-SEMARNAT**. Entre otros elementos, los planes de gestión de residuos definidos en la NOM deben divulgar información sobre los principales materiales que componen los residuos, la gestión actual de los residuos, la identificación del uso o explotación potencial de los residuos en otras actividades productivas, los objetivos de cobertura del plan, la recuperación o el uso de los residuos durante la implementación del plan de gestión y los mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento, así como para la evaluación y mejora del plan de gestión. Una vez elaborado el plan de gestión, debe presentarse a la entidad federal que corresponda al ámbito territorial de aplicación. Sin embargo, no se define ningún procedimiento de evaluación de la conformidad para verificar el cumplimiento de la reglamentación técnica.

La **NOM-024-SCFI-2013** define la información comercial para el embalaje, las instrucciones y las garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos, por lo que puede relacionarse con la estrategia R de reparación. En el ámbito de la **NOM-024-SCFI-2013**, los productos eléctricos se definen como equipos que se utilizan para la generación, conversión, transmisión, distribución o utilización de energía eléctrica, lo que incluye las baterías. La NOM define que la duración de la garantía no puede ser inferior a tres meses en el caso de los productos eléctricos y electrónicos y, en el caso de los electrodomésticos, no puede ser inferior a un año. Los requisitos mínimos de garantía ofrecen un punto de partida para definir los requisitos de garantía específicos de las baterías de los vehículos eléctricos con el fin de incentivar los diseños que favorezcan la durabilidad y la capacidad de reparación. En el caso de la Regulación de California sobre Vehículos Limpios Avanzados, que se explica en la próxima sección sobre Estados Unidos, las garantías están relacionadas con los requisitos mínimos de rendimiento, como los que se establecerán en el proyecto de NOM sobre Economía Circular.

Internacional

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, a nivel mundial existen los Reglamentos Técnicos Mundiales de las Naciones Unidas (GTR de la ONU), que, sin embargo, deben transponerse a la legislación nacional para que sean obligatorios en un país específico. El Reglamento Técnico Mundial de las Naciones Unidas pertinente para el desempeño ambiental de los vehículos eléctricos es el mencionado **Reglamento Técnico Mundial de las Naciones Unidas N.º 22** sobre la durabilidad de las baterías de los vehículos electrificados, en el que se basa en parte la propuesta de reglamento técnico de México NOM PROPANTEPROY-NOM-XXX-SE-2022, "Economía circular: especificaciones de seguridad para equipos eléctricos y electrónicos y baterías para vehículos eléctricos e híbridos eléctricos".

El GTR de la ONU N.º 22 contiene requisitos para la visualización de la información sobre el estado de la batería y los datos de uso del vehí-

culo, criterios mínimos de durabilidad para las baterías de los vehículos eléctricos expresados en términos de dos indicadores, SOCE (estado de energía certificada) y SOCR (estado de autonomía certificada), así como procedimientos de prueba para diferentes tipos de vehículos con el fin de evaluar su conformidad con el Reglamento Técnico mediante una prueba de aprobado/no aprobado. Los requisitos mínimos de durabilidad son los mismos que se pueden observar en la tabla 9.

Unión Europea/Alemania

La UE ha introducido o anunciado recientemente nuevos Reglamentos Técnicos (Reglamentos o Directivas de la UE) que son relevantes para la promoción de diferentes estrategias R para los vehículos eléctricos y sus componentes. Debido a su papel pionero a nivel mundial, esta visión general se centrará en el reglamento de la UE sobre baterías y la Directiva de la UE sobre diseño ecológico.

El **Reglamento de la UE sobre baterías (Reglamento 2023/1542)** relativo a las baterías y los residuos de baterías entró en vigor el 17 de agosto de 2023, por el que se modifica la Directiva 2008/98/CE y el Reglamento (UE) 2019/1020 y se deroga la Directiva 2006/66/CE. Adopta un enfoque de ciclo de vida completo para evaluar y reducir la huella ambiental de los diferentes tipos de baterías y aborda el abastecimiento de materias primas, la fabricación, el uso y el reciclaje. Debido a su carácter integral, se espera que se convierta en la referencia mundial para la reglamentación técnica que promueve la circularidad de las cadenas de valor de las baterías.

Las principales disposiciones incluidas en el nuevo Reglamento de la UE sobre baterías que son relevantes para las baterías de los vehículos eléctricos se pueden observar en la Tabla 10.

Además, a partir de 2025, el reglamento introducirá gradualmente clases de rendimiento y límites máximos de la huella de carbono de los vehículos eléctricos y los medios de transporte ligeros.

Tabla 6: Requisitos mínimos de rendimiento en términos de capacidad energética de la batería para las diferentes etapas del ciclo de vida del vehículo eléctrico.

Tema	Disposiciones aplicables a las baterías de vehículos eléctricos conforme al Reglamento 2023/1542
Eliminación	Prohibición total del vertido de baterías usadas, incluidas las baterías de vehículos eléctricos. Deben ser recolectadas por operadores económicos sin costo alguno para los usuarios finales, independientemente de la naturaleza, composición química, estado, marca u origen de la batería usada en cuestión.
Etiquetado	Todas las baterías de vehículos eléctricos con una capacidad superior a dos kWh deben llevar una declaración y una etiqueta de huella de carbono “claramente legibles e indelebles”, en las que se indique, entre otras cosas, los niveles de cobalto, plomo, litio y níquel reciclados utilizados en la producción de la batería.
Materias primas	Restringe el uso de mercurio, cadmio y plomo en las baterías de vehículos eléctricos.
Contenido reciclado	Niveles mínimos obligatorios de contenido reciclado para su reutilización en nuevas baterías de vehículos eléctricos: 6% para el litio y el níquel, 16% para el cobalto y 85% para el plomo. Todas las baterías deberán especificar la cantidad de contenido reciclado que incluyen.
Pasaporte digital de la batería	Las baterías de vehículos eléctricos con más de dos kWh necesitarán un “pasaporte digital de la batería”, con información sobre el modelo de la batería, la batería específica y su uso. Todas las baterías deben llevar etiquetas y códigos QR que detallen su capacidad, rendimiento, durabilidad y composición química, así como mostrar el símbolo de “recolección selectiva”.

Además de este reglamento, que ya ha entrado en vigor, en 2022 y 2023 la Comisión Europea publicó dos propuestas de reglamento que contienen disposiciones relevantes para promover la circularidad de las cadenas de valor de los vehículos eléctricos: **La propuesta de reglamento sobre vehículos al final de su vida útil y el Reglamento sobre diseño ecológico de productos sostenibles.**

La propuesta de Reglamento sobre vehículos al final de su vida útil (ELV)²⁸, publicada el 13 de julio de 2023, forma parte del Plan de Acción de la UE para la Economía Circular. Amplía y, en última instancia, sustituirá a la Directiva 2000/53/CE sobre vehículos al final de su vida útil y a la Directiva 2005/64/CE sobre la homologación de vehículos de motor en lo que respecta a su reutilización, reciclado y valorización. Aunque la propuesta de reglamento no se refiere específicamente a los vehículos eléctricos, abarca componentes y materiales comunes tanto a los vehículos con motor de combustión interna como a los eléctricos, como los plásticos, el acero y el aluminio. La propuesta tiene por objeto promo-

ver la transición del sector automotriz hacia la economía circular, adoptando un enfoque de ciclo de vida completo que tenga en cuenta todas las etapas, desde el diseño hasta el tratamiento al final de su vida útil. Entre otras cosas, la propuesta introduce las siguientes medidas relevantes para los vehículos eléctricos:

La propuesta promueve además la responsabilidad ampliada del productor, incluida la responsabilidad financiera por los vehículos al final de su vida útil, y obliga a los fabricantes a desarrollar estrategias de circularidad para cada nuevo tipo de vehículo.

El 30 de marzo de 2022 se publicó la propuesta de **Reglamento sobre el diseño ecológico de productos sostenibles (ESPR)**²⁹. Su objetivo es ampliar la actual Directiva sobre diseño ecológico 2009/125/CE, que actualmente solo cubre los productos relacionados con la energía, a la mayoría de los productos comercializados en el mercado interior, con la única excepción de los alimentos, los productos médicos y los organismos vivos. Con el objetivo de que los productos

Tabla 7: Disposiciones aplicables a los vehículos eléctricos de conformidad con la propuesta de reglamento sobre vehículos al final de su vida útil

Tema	Descripción de la disposición
Contenido reciclado	Mínimo obligatorio del 25% de contenido reciclado en los plásticos utilizados en los vehículos nuevos. Además, la Comisión Europea está facultada para establecer en el futuro contenidos mínimos reciclados para otros materiales, como el acero. Estos deben basarse en estudios de viabilidad.
Sustancias tóxicas	Se definen los niveles máximos de concentración de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los vehículos: Se tolerarán concentraciones de hasta el 0.1% en peso en materiales homogéneos para el plomo, el cromo hexavalente y el mercurio, y de hasta el 0.01% para el cadmio. (ANEXO III).
Requisitos de diseño	El diseño de los vehículos nuevos no debe impedir la retirada de piezas y componentes que tengan un importante potencial de reutilización. Los vehículos eléctricos deben diseñarse de manera que las baterías y los motores eléctricos puedan sustituirse tanto durante la fase de uso como durante la fase de eliminación.
Seguimiento de los ELF	Mejora de la supervisión de los ELF mediante un mayor número de inspecciones, la mejora de la interoperabilidad de los sistemas nacionales de matriculación de vehículos, una mejor distinción entre los vehículos usados y los vehículos al final de su vida útil y la prohibición de exportar ELF que ya no sean aptos para circular a países no pertenecientes a la OCDE.
Pasaporte de circularidad del vehículo	Se establece un pasaporte de circularidad del vehículo, una herramienta digital utilizada para mejorar el suministro de información sobre la retirada y sustitución seguras de piezas y componentes de vehículos, que es interoperable con otras herramientas y plataformas de información digital que ya existen o se están desarrollando en el sector del automóvil.

duren más y sean más fáciles de reparar, actualizar y reciclar, es un elemento clave del enfoque de la Comisión Europea para lograr productos más sostenibles desde el punto de vista ambiental y circulares.

La propuesta establece un marco para fijar requisitos de diseño ecológico para grupos de productos específicos con el fin de mejorar significativamente su circularidad, rendimiento energético y otros aspectos de sostenibilidad ambiental. Los planes de trabajo de diseño ecológico guían el camino hacia la versión final del ESPR.

Aunque los vehículos aún no están incluidos en los grupos de productos prioritarios que se abordarán en la primera fase, la lista incluye importantes aportaciones de la industria, como el acero, el aluminio, los neumáticos y las pinturas. Al igual que en los demás reglamentos introducidos, el ESPR exigirá el uso de **pasaportes digitales de productos** para los grupos de productos regulados. Estos pasaportes deben contener información relevante para los operadores económicos y otros actores, como los reparadores y recicladores, así como para los consumidores, a fin de que puedan tomar decisiones de compra informadas basadas en indicadores de sostenibilidad.

Estados Unidos

Hasta la fecha, Estados Unidos no tiene requisitos federales de circularidad para los vehículos eléctricos. Sin embargo, a nivel subnacional, estados como California han comenzado a tomar medidas importantes para promover la circularidad de las cadenas de valor de los vehículos eléctricos mediante requisitos de durabilidad y trazabilidad.

La normativa sobre vehículos limpios avanzados II de California establece requisitos de durabilidad de las baterías que van más allá de los requisitos mínimos establecidos en el GTR de la ONU N.º 22 (véase más arriba). En consecuencia, los vehículos eléctricos de los años modelo 2026-2029 deberán mantener al menos el 70% de su autonomía certificada en el ciclo

de pruebas durante 10 años o 240 000 km (150 000 millas), lo que ocurra primero³⁰. Este requisito se irá incrementando gradualmente con el tiempo: Para los vehículos eléctricos del año 2030 y posteriores, el requisito se incrementa al 80% de su autonomía certificada en el ciclo de pruebas para la misma edad o nivel de uso. De forma similar al GTR de la ONU N.º 22, la normativa también exigirá un control del estado de salud (SOH) de la batería accesible para los compradores y usuarios. Con base en esta métrica, los fabricantes de vehículos eléctricos estarán obligados a especificar claramente el porcentaje de SOH que califica para la reparación en garantía.

Además, y en línea con los requisitos establecidos en la Directiva de la UE sobre baterías, California comenzará a exigir que los vehículos eléctricos registrados a partir de 2026 tengan las baterías etiquetadas con un identificador digital que enlace con información en línea sobre la composición química de la batería, el fabricante, la fecha de fabricación, el voltaje mínimo y la capacidad nominal.

Normas

México

Los organismos privados de normalización y certificación mexicanos, como ANCE y NYCE, han participado activamente en el desarrollo de normas nacionales y la adopción de normas internacionales que son relevantes para la implementación de estrategias de circularidad para los vehículos eléctricos.

La primera, **NMXJ-692-ANCE-2014 (07/05/2015) Lineamientos para la información de la vida útil proporcionada por los fabricantes y recicladores para el cálculo de la tasa de reciclabilidad de los equipos eléctricos**, es una norma genérica aplicable al tren de potencia de los vehículos eléctricos y a otros componentes eléctricos que también se pueden encontrar en los vehículos con motor de combustión interna. Se basa en la norma internacional IEC/TR 62635 ed1.0 (2012-10), que lleva el mismo nombre y proporciona una metodología para el intercambio de

información entre fabricantes y recicladores de equipos eléctricos y para el cálculo de las tasas de reciclabilidad y recuperabilidad. La **NMXJ-692-ANCE-2014** tiene por objeto permitir a los recicladores aplicar operaciones de tratamiento adecuadas y optimizar el fin de la vida útil, a fin de que los fabricantes puedan aplicar lineamientos de diseño eficaces y respetuosos con el medio ambiente que faciliten el reciclaje de materiales y evalúen las tasas de reciclabilidad y recuperabilidad en función de las características de los productos.

La norma mexicana **NMX-E-285-NYCE-2021 Industria del plástico – Lineamientos para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos**, publicada por la organización de normalización y certificación NYCE, se aplica a los componentes plásticos de los vehículos eléctricos y los vehículos con motor de combustión interna. Proporciona orientación genérica para el desarrollo de normas y especificaciones que abarcan el reciclaje de diferentes tipos de residuos plásticos, incluidas diferentes opciones de gestión de los residuos plásticos posconsumo y posindustriales, siendo estos últimos los relevantes para la industria automotriz. Esta norma establece los requisitos de calidad que deben tenerse en cuenta en todas las etapas del proceso de reciclaje y proporciona lineamientos generales para su inclusión en las normas sobre materiales, los métodos de prueba y las especificacio-

nes de los productos. Se basa en la norma internacional ISO 15270:2008 Plásticos – Guía para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos.

Internacional

A nivel internacional, se han desarrollado varias normas relevantes para la implementación de estrategias de circularidad para los vehículos eléctricos en el Comité Técnico N.º 21, encargado de la normalización de las baterías dentro de la IEC, y en el TC N.º 323 de la ISO. Abordan diferentes componentes de los vehículos eléctricos y diferentes estrategias de reciclaje.

Segunda vida

Los criterios actuales de retirada de las baterías de iones de litio de los vehículos eléctricos citan una capacidad del 75-80% al final de su primera vida útil, ya que la autonomía de los vehículos eléctricos se ve significativamente afectada en ese momento. Sin embargo, aunque ya no son aptas para alimentar vehículos eléctricos, las baterías pueden utilizarse como baterías industriales o prestar servicios de almacenamiento de energía para equilibrar la generación intermitente de energías renovables, lo que también se conoce como “segunda vida” de la batería. Estudios recientes indican que la huella de carbono de una batería de iones de litio de un vehículo eléctrico puede reducirse hasta un 17% si se reutiliza en una segunda vida.³¹

Tabla 8: Normas pertinentes para la segunda vida útil de las baterías de vehículos eléctricos

Norma	Descripción
IEC 62620:2014: Celdas y baterías secundarias que contienen electrolitos alcalinos u otros electrolitos no ácidos – Celdas y baterías secundarias de litio para uso en aplicaciones industriales	Especifica el marcado, las pruebas y los requisitos para las celdas y baterías secundarias de litio utilizadas en aplicaciones industriales, incluidas las aplicaciones estacionarias y de propulsión. Las aplicaciones estacionarias incluyen telecomunicaciones, sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, conmutación de servicios públicos y energía de emergencia, entre otras. Las aplicaciones de propulsión incluyen carretillas elevadoras, carritos de golf, vehículos guiados automáticamente (AGV), ferrocarriles y embarcaciones, excluidos los vehículos de carretera. Se aplica a celdas y baterías.

Norma	Descripción
IEC 61427-1:2013: Celdas y baterías secundarias para el almacenamiento de energía renovable – Requisitos generales y métodos de prueba – Parte 1: Aplicación fotovoltaica fuera de la red	Esta norma forma parte de la serie IEC 61427. Proporciona información general sobre los requisitos para las baterías secundarias utilizadas en sistemas de energía fotovoltaica (PVES) y sobre los métodos de prueba utilizados para la verificación del rendimiento de las baterías. Esta parte trata de las celdas y baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas fuera de la red . Es aplicable a todos los tipos de baterías secundarias.
IEC 61427-2:2015: Celdas y baterías secundarias para el almacenamiento de energía renovable – Requisitos generales y métodos de prueba – Parte 2: Aplicaciones en red	Esta norma forma parte de la serie IEC 61427. Proporciona métodos de prueba asociados para la verificación de la resistencia, las propiedades y el rendimiento eléctrico de las baterías secundarias utilizadas en aplicaciones de almacenamiento de energía eléctrica (EES) conectadas a la red. En las aplicaciones conectadas a la red, las baterías se conectan a una red eléctrica y actúan como fuentes y absorbentes de energía para estabilizar el rendimiento de las redes ante las fluctuaciones de la energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables. Es aplicable a todos los tipos de baterías secundarias.
IEC 62933-4-4: Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (EES) – Parte 4-4: Norma sobre cuestiones ambientales relacionadas con los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS) con baterías reutilizadas – Requisitos	El documento proporciona detalles y requisitos para identificar y prevenir problemas ambientales en cada etapa del ciclo de vida, es decir, desde el diseño hasta el desmontaje de esas baterías reutilizadas en un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS).

Dado que el uso de baterías de vehículos eléctricos retiradas como baterías industriales implica tanto un propósito como un entorno de aplicación diferentes, la batería debe evaluarse según las normas de seguridad y rendimiento aplicables a la nueva industria. En la tabla 8 se muestran las normas pertinentes para la segunda vida de las baterías de vehículos eléctricos publicadas por la IEC, junto con una breve descripción, ya que la tabla ya no se encuentra directamente debajo de ella.

Sin embargo, hay que señalar que solo la última de estas normas es específica para las baterías reutilizadas. Si bien las normas anteriores se aplican en principio a todo tipo de baterías, en última instancia será importante desarrollar normas específicas para las baterías de vehículos eléctricos reutilizadas, debido a los mayores riesgos asociados a las baterías de iones de litio envejecidas.

Reciclaje

Si bien, como se ha mencionado antes, las estrategias y tecnologías de reciclaje de las baterías de vehículos eléctricos aún se encuentran en fase de desarrollo, existen normas internacionales bien probadas que ofrecen orientación sobre los métodos de reciclaje de otros componentes de los vehículos eléctricos. En la tabla 13, presentamos la norma IEC/TR 62635:2012: Lineamientos para la información sobre el fin de la vida útil proporcionada por los fabricantes y recicladores y para el cálculo de la tasa de reciclabilidad de aparatos eléctricos y electrónicos e ISO 15270:2008: Lineamientos para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos como ejemplos a los que hacen referencia los organismos de normalización ANCE y NYCE en

Tabla 9: Normas internacionales pertinentes para la información sobre el fin de la vida útil y para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos

Norma	Descripción
IEC/TR 62635:2012: Lineamientos para la información sobre el fin de la vida útil proporcionada por los fabricantes y recicladores y para el cálculo de la tasa de reciclabilidad de los equipos eléctricos y electrónicos	Esta norma proporciona una metodología para el intercambio de información entre los fabricantes y recicladores de EEE, y para el cálculo de las tasas de reciclabilidad y recuperabilidad.
ISO 15270:2008: Lineamientos para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos	Esta norma proporciona orientación para el desarrollo de normas y especificaciones que abarquen la recuperación de residuos plásticos, incluido el reciclaje. La norma establece las diferentes opciones para la recuperación de residuos plásticos procedentes de fuentes preconsumo y posconsumo. También establece los requisitos de calidad que deben tenerse en cuenta en todas las etapas del proceso de recuperación y ofrece recomendaciones generales para su inclusión en normas de materiales, normas de pruebas y especificaciones de productos.

México.

Para explorar otras normas internacionales relevantes para el reciclaje de productos electrónicos o plásticos integrados en los vehículos eléctricos, consulte la [hoja de ruta de normalización de la economía circular](#) de los organismos de normalización alemanes DIN y DKE, que ofrece un mapa completo de las normas internacionales y nacionales publicadas.

Unión Europea/Alemania

En la UE, los organismos de normalización europeos **Comité Europeo de Normalización (CEN)** y **Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC)** cuentan con un Comité Técnico Conjunto responsable de desarrollar normas de circularidad para productos relacionados con la energía, el **TC 10 "Productos relacionados con la energía: aspectos de eficiencia de los materiales para el diseño ecológico"**³².

El Comité Técnico tiene el mandato de desarrollar normas y publicaciones europeas relativas a los aspectos de eficiencia de los materiales para los productos incluidos en el ámbito de aplicación de la **Directiva 2009/125/CE** sobre diseño ecológico y la propuesta de Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles (véase más arriba). Los temas clave abordados por el Comité son la prolongación de la vida útil de los productos, la reutilización de los

componentes de los productos y la reciclabilidad de los materiales, así como la integración de componentes reutilizados y materiales reciclados en nuevos productos. Por lo tanto, el comité adopta un enfoque integral hacia la circularidad que va más allá del reciclaje, con publicaciones correspondientes a múltiples estrategias R, incluidos también el replanteamiento (aumento de la durabilidad), la reparación, la reutilización, la remanufacturación y la renovación.

El TC 10 ha elaborado una serie de ocho normas europeas (EN) que contienen principios genéricos relativos a la aplicación de estas estrategias R a los productos relacionados con la energía. Aunque no son específicas para los vehículos eléctricos, al contener principios genéricos aplicables a cualquier producto relacionado con la energía, son sin embargo relevantes y pueden sentar las bases para el desarrollo de normas más específicas para las baterías y los sistemas de propulsión de los vehículos eléctricos. Algunas de las normas, como la EN 45553:2020 (WI=65686) y la EN 45555:2019 (WI=JT010001), requieren información específica del producto para una selección y aplicación correctas de los métodos de evaluación incluidos.

En la tabla siguiente se puede observar una selección de las normas desarrolladas por CEN-CENELEC TC 10.

Tabla 10: Normas CEN/CENELEC desarrolladas dentro del TC 10 sobre productos relacionados con la energía.

Estrategia de circularidad	Norma	Descripción
Infraestructura de recarga		
Provisión de información Reciclaje	EN 45558:2019 (WI=65687) Método general para declarar el uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía	Esta norma describe los requisitos para la declaración adecuada de información sobre el uso y la reciclabilidad de los materiales críticos contenidos en productos relacionados con la energía.
Provisión de información	EN 45559:2019 (WI=65688) Métodos para facilitar información relativa a los aspectos de eficiencia de los materiales de los productos relacionados con la energía	La presente norma describe las directrices para proporcionar la información adecuada relativa a la eficiencia de los materiales en la documentación y/o el marcado de los productos relacionados con la energía
Reciclaje	EN 45557:2020 (WI=JT010002) Método general para evaluar la proporción de contenido de material reciclado en productos relacionados con la energía	Esta norma proporciona una metodología general para evaluar la proporción de material reciclado en productos relacionados con la energía.
	EN 45555:2019 (WI=JT010001) Métodos generales para evaluar la reciclabilidad y la recuperabilidad de productos relacionados con la energía	Esta norma proporciona una metodología general para evaluar la reciclabilidad de los productos relacionados con la energía, su recuperabilidad, la capacidad de acceder o retirar componentes y la reciclabilidad de las materias primas críticas que contienen. Si bien aborda estas cuestiones de forma genérica y transversal a todos los productos, una evaluación correcta debe ser específica para cada producto. En consecuencia, la norma define los parámetros que deben tenerse en cuenta al calcular las tasas de reciclabilidad y recuperabilidad específicas de cada producto.
Reparación Reutilización Reacondicionamiento	EN 45554:2020 (WI=65685) Métodos generales para evaluar la capacidad de reparación, reutilización y mejora de los productos relacionados con la energía	Esta norma define los parámetros y métodos para evaluar la capacidad de reparar y reutilizar productos, actualizar productos, acceder a determinados componentes o conjuntos o retirar los para facilitar la reparación, la reutilización o la actualización. También define índices o criterios de reutilización

Estrategia de circularidad	Norma	Descripción
	Infraestructura de recarga	
Remanufactura	EN 45553:2020 (WI= 65686) Métodos generales para evaluar la capacidad de remanufactura de los productos relacionados con la energía	Esta norma proporciona una metodología general para evaluar la capacidad de remanufacturar productos relacionados con la energía. Sin embargo, una evaluación correcta debe ser específica para cada producto.

Tabla 11: Normas CEN/CENELEC desarrolladas dentro del TC 10 sobre productos relacionados con la energía

Norma	Descripción
DIN VDE V 0510-100 “Seguridad de las baterías de iones de litio de vehículos de carretera de propulsión eléctrica para su uso en aplicaciones estacionarias”.	Este proyecto de prenorma nacional establece los requisitos básicos de seguridad para esta reutilización, por ejemplo, en la industria como almacenamiento temporal o auxiliar. El proyecto se publicó en 2021.
Serie VDI 2343 “Reciclaje de productos eléctricos y electrónicos”	Las partes 1 a 7 de la serie de lineamientos VDI 2343 proporcionan a todas las partes interesadas recomendaciones para actuar en el reciclaje de productos eléctricos y electrónicos. Especifica los términos utilizados en el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (WEEE), describe la planeación y los procesos logísticos necesarios, así como las estructuras para la recolección eficiente de WEEE, el funcionamiento de los puntos de recolección y/o los puntos de transferencia, y el traslado a las plantas de tratamiento desde un punto de vista económico y ecológico.
DIN SPEC 91446 “Clasificación de plásticos reciclados por niveles de calidad de datos para su uso y comercio (digital)”.	La DIN SPEC establece un sistema para clasificar los plásticos reciclados según la profundidad de los datos de su descripción, lo que elimina los obstáculos para su uso industrial. Esto permite clasificar el material según cuatro niveles diferentes de calidad de los datos.
DIN/TS 54405 “Adhesivos para la construcción: lineamientos para la separación y el reciclaje de adhesivos y sustratos de uniones encoladas”.	Esta especificación establece los procesos comúnmente disponibles para separar y recuperar adhesivos de juntas encoladas. Se aplica a superficies metálicas y plásticas de uso común y a superficies de piezas de unión inorgánicas no metálicas. De este modo, esta especificación técnica contribuye a una mejor reciclabilidad de los recursos

Además del trabajo realizado por los organismos europeos de normalización CEN y CENELEC, los organismos alemanes de normalización (SB) DIN y DKE, así como la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI) y la Asociación de Electrotécnicos Alemanes (VDE) han publicado varias normas y lineamientos relevantes para la implementación de estrategias de circularidad para los vehículos eléctricos.

Abarcan diferentes componentes de los vehículos eléctricos, incluidas la batería y la cadena cinemática, pero también los plásticos industriales y los adhesivos utilizados para unir piezas metálicas y no metálicas en los vehículos. Abordan las estrategias R de reutilización y reciclaje.

Estados Unidos

En Estados Unidos, la UL, una organización de desarrollo de normas (SDO) acreditada por el Instituto Estadounidense de Normas Nacionales (ANSI), es una activa desarrolladora y promotora de normas para mejorar la circularidad de las cadenas de valor de los vehículos eléctricos. Las dos normas pertinentes identificadas se refieren a las baterías de los vehículos eléctricos y abarcan las estrategias R de reutilización y replanteamiento (aumento de la durabilidad).

UL 1974: Crear una segunda vida segura para las baterías de los vehículos eléctricos aborda los procesos de clasificación y calificación de los paquetes, módulos y celdas de baterías usadas que se reutilizarán en diferentes aplicaciones, como los sistemas de almacenamiento de energía. Incluye lineamientos para determinar el estado de salud (SOH) de la batería con el fin de decidir sobre la viabilidad y la seguridad de su uso posterior, así como protocolos para medir el estado, la seguridad y la capacidad energética de cada paquete de baterías individual antes de que pueda integrarse en un sistema de almacenamiento de energía estacionario.

La segunda norma relevante publicada por UL es la **UL 2580: Pruebas y certificación de baterías de vehículos eléctricos**. Ofrece lineamientos para evaluar el rendimiento, la gestión térmica, el diseño y la construcción de las baterías. Entre los métodos de prueba para evitar posibles peligros como el sobrecalentamiento, los cortocircuitos y las fallas mecánicas, la UL 2580 incluye pruebas mecánicas para evaluar la **durabilidad y la resistencia** de una batería a los peligros comunes en la carretera. Es importante garantizar que las baterías cumplan los requisitos mínimos de durabilidad para evitar un fin de vida prematuro y maximizar el tiempo que las baterías pueden utilizarse para la propulsión de los vehículos eléctricos antes de entrar en una posible segunda vida como baterías industriales o sistemas de almacenamiento de energía.

- **Automatización**

- **SAE J3016:** Niveles de automatización de la conducción

- **Cables**

- **UL62:** Norma de seguridad para cables flexibles y cables de fijación, UL 62 en Estados Unidos, México y Canadá.

- **Ciberseguridad**

- **SAE J3061_202112:** Guía de ciberseguridad para sistemas ciberfísicos de vehículos
- **UL 2900-1:** Norma sobre software. Ciberseguridad para productos conectables a la red, Parte 1: Requisitos generales

- **Lineamientos para la seguridad de los vehículos eléctricos**

- **SAE J2344_202010:** Lineamientos para la seguridad de los vehículos eléctricos

- **Batería**

- **UL 2580:** Norma UL de seguridad para baterías de uso en vehículos eléctricos

- **Sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS)**

- **SAE J2929:** Norma de seguridad para sistemas de baterías de propulsión de vehículos eléctricos e híbridos que utilizan celdas recargables de litio
- **SAE J2464_202108:** Sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS) para vehículos eléctricos e híbridos eléctricos – Seguridad y pruebas de abuso

3. Procedimientos de evaluación de la conformidad

Los procedimientos de evaluación de la conformidad (CAP) consisten en un conjunto de acciones ‘utilizadas, directa o indirectamente, para determinar que se cumplen los requisitos pertinentes de las reglamentaciones técnicas o las normas’³³. Estos procedimientos incluyen, entre otros, el muestreo, las pruebas y la inspección, la evaluación, la verificación y la garantía de la conformidad, así como la aprobación. Dado que los procedimientos CAP son transversales a la aplicación efectiva de cualquiera de las reglamentaciones técnicas y normas analizados en la sección anterior, dedicamos este capítulo especial a contrastar los procedimientos de evaluación de la conformidad en México, a nivel internacional, en la UE y en los EE. UU..

México

La **Ley de Infraestructura de la Calidad en México** establece que las NOM deben incluir en la normativa cuál es el CAP aplicable en función del nivel de riesgo o de la protección requerida para salvaguardar los objetivos legítimos de interés público que la NOM pretende cumplir. En el caso de las **normas**, deben contener un CAP cuando sea apropiado, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el bando de la Ley de IQ, que actualmente se encuentra en fase de desarrollo, dependiendo de la naturaleza del bien, producto, proceso o servicio. Cuando la NMX no incluya ni defina un CAP específicamente aplicable, quien sea responsable del bien, producto, proceso o servicio podrá realizar una **autodeclaración de conformidad**, siempre que implique un bajo nivel de riesgo. El bando de la Ley de IQ también establecerá los términos en los que se utilizará una autodeclaración de conformidad.

En México, existen **cuatro procedimientos de evaluación de la conformidad** que pueden utilizarse en función del nivel de riesgo o de la protección necesaria para salvaguardar los objetivos legítimos de interés público:

1. **Pruebas de laboratorio:** Son realizadas por laboratorios de prueba acreditados de acuerdo con la NMX-EC-17025-IMNC-2018 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de prueba y calibración”³⁴. En lo que respecta a las NOM, el laboratorio de prueba debe contar con la aprobación de la autoridad reguladora que emitió la NOM en cuestión. Los laboratorios de prueba extranjeros también pueden ser reconocidos y sus informes de prueba aceptados si existe un acuerdo de reconocimiento mutuo, un acuerdo de equivalencia o un acuerdo de reconocimiento mutuo en vigor.
2. **Inspección:** Este procedimiento es realizado por organismos de inspección debidamente acreditados de conformidad con la NMX-EC-17020-IMNC-2014 “Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de los diferentes tipos de organismos que realizan inspecciones”, y aprobados por la autoridad reguladora competente. El proceso consiste en la verificación visual mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio o examen de documentos que realizan las unidades de inspección para evaluar la conformidad en un momento determinado y a petición de una parte interesada. Estos organismos de evaluación de la conformidad (CAB) suelen expedir certificados de conformidad con las NOM relativas a la información comercial para la importación.
3. **Certificación:** Los organismos de certificación (CB), que por naturaleza son terceros, son los responsables de este CAP. Los CB deben estar acreditados de acuerdo con la NMX-EC-17065-IMNC-2014 “Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que certifican productos, procesos y servicios”. En el caso de las NOM, los CB deben contar con la aprobación de la autori-

dad reguladora que emitió la NOM en cuestión. Estos organismos de evaluación de la conformidad emiten certificados de conformidad para efectos de la importación de productos. Este CAP se utiliza cuando la NOM implica un alto nivel de riesgo.

4. **Autodeclaración:** Este procedimiento lo lleva a cabo una primera parte, es decir, el proveedor del producto, proceso o servicio, para declarar el cumplimiento de las NOM o normas. Se utiliza generalmente para las NOM cuando el nivel de riesgo es considerado bajo por la autoridad reguladora correspondiente. La autodeclaración suele ir acompañada de pruebas de laboratorio acreditados y aprobados, así como de otros requisitos que se determinarán en el bando de la Ley de QI.
5. Otros mecanismos adoptados por México para impulsar el comercio internacional son los acuerdos de reconocimiento mutuo (MRA), los acuerdos de reconocimiento mutuo y los acuerdos de equivalencia (EA). Estos mecanismos contribuyen a ahorrar costos, tiempo y recursos implicados en la importación y exportación.

Un **MRA** es un acuerdo intergubernamental que especifica las condiciones en las que los organismos de evaluación de la conformidad son reconocidos mutuamente y los resultados de sus pruebas de conformidad son aceptados en el territorio del otro país socio.

Un **acuerdo de reconocimiento mutuo o acuerdo de reconocimiento multilateral** es un acuerdo internacional o regional entre organismos de acreditación para reconocer mutuamente los resultados de los organismos de evaluación de la conformidad signatarios o la equivalencia de los sistemas de acreditación basados en la revisión por pares.

Un **acuerdo de equivalencia** es una resolución que especifica las condiciones en las que se reconocen de forma unilateral o re-

cíproca las normas técnicas, las medidas sanitarias y fitosanitarias o los resultados de la evaluación de la conformidad extranjeros, con al menos el mismo grado de conformidad para alcanzar los objetivos legítimos de interés público perseguidos por la NOM correspondiente.

Estos tres mecanismos también contribuyen a generar confianza entre los agentes económicos. Para lograrlo, los requisitos y directrices establecidos por las normas técnicas y los estándares de los países signatarios de estos acuerdos deben ser proporcionales. Por ejemplo, una ventaja de los CAP en México es el reconocimiento del certificado de origen para demostrar el cumplimiento de una NOM concreta, cuando los requisitos de la normativa del país de origen son comparables a los de la NOM. Esto facilita el comercio al eliminar la necesidad de realizar pruebas y certificaciones duplicadas y ayuda a generar confianza en la calidad y seguridad de los productos.

En cuanto a la infraestructura de recarga, aunque la seguridad y la calidad están garantizadas mediante el cumplimiento de las NOM, la falta de una reglamentación técnica específica para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos dificulta su funcionalidad, así como el desarrollo de la infraestructura de evaluación de la conformidad. Los laboratorios de prueba son fundamentales para demostrar que los productos cumplen con las reglamentaciones y normas. Sin embargo, la infraestructura de evaluación de la conformidad requiere una inversión significativa para su desarrollo y mantenimiento, lo que a su vez depende de la demanda de servicios de evaluación de la conformidad. Por lo tanto, es necesario desarrollar las reglamentaciones técnicas necesarias para cubrir los requisitos mínimos de seguridad y calidad, así como los CAP adecuados tanto para la infraestructura de recarga como para los vehículos eléctricos, con el fin de fortalecer y desarrollar aún más las capacidades y la infraestructura de los laboratorios de pruebas, que al mismo tiempo también deben estar acreditados.

Internacional

Los CAP armonizados contribuyen a reducir las barreras comerciales, ya que aumentan la fiabilidad y la objetividad en lo que respecta a la seguridad y la calidad de los productos y servicios. De este modo, se puede aumentar la aceptación de los resultados y certificados de evaluación de la conformidad extranjeros, lo que contribuye a reducir los costos y facilita el comercio internacional. Las normas y guías de evaluación de la conformidad elaboradas por la ISO y la IEC son un ejemplo de los esfuerzos que se están realizando para promover la armonización de los CAP.

Unión Europea/Alemania

En la Unión Europea, el **sistema de homologación de tipo vehículos completos (WVTA)** permite a un fabricante obtener la certificación de un tipo de vehículo en un país de la UE³⁵. A través del proceso de homologación de tipo, las autoridades nacionales certifican que un tipo de vehículo cumple con todos los requisitos de la UE en materia de seguridad, medio ambiente (por ejemplo, ruido y emisiones) y aspectos de producción. Estas homologaciones emitidas por los Estados miembros son reconocidas mutuamente dentro de la UE, lo que permite a los fabricantes comercializar el tipo de vehículo homologado en toda la UE sin necesidad de realizar pruebas adicionales. El **Reglamento (UE) 2018/858338**³⁶ constituye la base jurídica del marco de homologación de vehículos de la UE.

Los países de la UE designan autoridades de **homologación de tipo** y las notifican a la Comisión Europea. Estas autoridades de homologación son competentes para todo el proceso de homologación de un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente, así como para el proceso de autorización.

También son responsables de la expedición y, cuando procede, de la retirada o denegación de los certificados de homologación. Actúan como punto de contacto para las autoridades de homologación de otros países de la UE, designan los servicios técnicos y se aseguran de que el

fabricante cumpla sus obligaciones en materia de conformidad de la producción. En Alemania, la **Autoridad Federal de Transporte Motorizado (Kraftfahrt-Bundesamt, KBA)** es la autoridad nacional de homologación de tipo³⁷.

Por su parte, la autoridad nacional de homologación designa a organizaciones u organismos de servicios técnicos como laboratorios de prueba para realizar pruebas. También pueden ser designados como CAB para llevar a cabo la evaluación inicial y otras pruebas o inspecciones en nombre de la autoridad de homologación. Los países de la UE deben notificar a la Comisión Europea el nombre y los datos de los servicios técnicos designados para los vehículos de motor, sus remolques, sistemas y componentes, entre otros tipos de vehículos.

El cumplimiento de la legislación de la UE y de los requisitos de homologación de la UE se acredita mediante el **certificado de conformidad (CoC)** expedido por el fabricante para cada vehículo³⁸. Este certificado permite la matriculación del vehículo en cualquier lugar de Europa³⁹. El CoC incluirá la descripción de las principales características del vehículo, su rendimiento técnico y la fecha de fabricación. Se entregará al comprador, junto con el vehículo.

El sistema de homologación ofrece a los fabricantes la ventaja de la libre circulación de mercancías en el mercado único de la UE. Una vez que la autoridad de un país miembro de la UE ha emitido su homologación, esta es válida en todos los demás países miembros.

Estados Unidos

El **Título 15 del Código de Reglamentaciones Federales de los Estados Unidos** se refiere al comercio y al comercio exterior. En su capítulo II sobre el Instituto Nacional de Normas y Tecnología, Departamento de Comercio, la **sección 287.2** establece la definición de evaluación de la conformidad: Una demostración, directa o indirecta, de que se cumplen los requisitos especificados relacionados con un producto, proceso, sistema, persona u organismo⁴⁰. Los requisitos para los productos, servicios, sistemas,

personas y organizaciones son los definidos por la ley o la normativa, por un organismo regulador o de contratación pública o por una política establecida por el organismo. Es importante señalar que la evaluación de la conformidad no incluye los procedimientos administrativos obligatorios (como la notificación de registro) para conceder el permiso para que un bien o servicio se produzca, comercialice o utilice para un fin determinado o en condiciones establecidas.

La ley 15 CFR 287⁴¹ también indica las responsabilidades de cada organismo federal en relación con la evaluación de la conformidad de las reglamentaciones. El organismo encargado de la seguridad vial en los Estados Unidos es la **Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA)**.

De acuerdo con las Normas federales de seguridad para vehículos motorizados (FMVSS) y las reglamentaciones de la Administración Federal de Seguridad de Transportistas Motorizados (FMCSA), que dependen del Departamento de

Transporte (DOT), la NHTS es responsable de elaborar y publicar las reglamentaciones correspondientes de seguridad vehicular o de revisar las reglamentaciones publicadas para su actualización. Esto con el fin de reducir los accidentes, los daños materiales y humanos y las muertes que involucran a camiones pesados y autobuses. Ambas dependencias trabajan en coordinación.

Las reglamentaciones de la NHTSA establecen cómo llevar a cabo la evaluación de la conformidad para los vehículos terrestres. Los fabricantes de equipos originales realizan las pruebas que consideran necesarias para cumplir con la normativa y no tienen que presentar informes de resultados al DOT. Por el contrario, los vehículos importados sí necesitan la certificación de la NHTSA que acredite el cumplimiento de las reglamentaciones de seguridad FMVSS y FMCSA⁴². En la tabla 16 se muestra qué partes pueden llevar a cabo qué funciones durante los CAP.

Tabla 16: Resumen de las etapas de la evaluación de la conformidad (CA) y los actores responsables de ellas en los EE. UU.

Parte	Declaración de conformidad del proveedor (SDoC) Quién declara	Pruebas	Inspección	Certificación	Acreditación
Primera parte	Fabricante / proveedor	Fabricante / proveedor	Fabricante/ proveedor	-----	-----
Segunda parte	-----	-----		-----	-----
Tercera parte	-----	Laboratorio de pruebas independiente	Organismo de control independiente	Organismo de certificación independiente	Acreditación entidad

Como parte de la NHTSA, la Oficina de Cumplimiento de Seguridad de Vehículos (OVSC) es responsable de desarrollar los procedimientos de prueba (TP). Los TP son una guía para interpretar la normativa, el método de prueba, el registro y la presentación de resultados. Es importante señalar que, a diferencia de las NOM en México, las reglamentaciones estadounidenses solo establecen cuáles son los requisitos que deben cumplir los productos, pero no cómo cumplirlos ni qué CAP utilizar.

A diferencia de la UE, en EE. UU. la evaluación de la conformidad no tiene que ser realizada por unidades u organismos de verificación independientes, sino que es opcional. Según la política estadounidense, la acreditación de los organismos de evaluación de la conformidad tampoco es obligatoria. Los laboratorios de pruebas, los organismos de certificación y los organismos de inspección eligen si desean acreditarse o no en función de las necesidades y requisitos de sus clientes (por ejemplo, fabricantes, reguladores, consumidores, proveedores, etc.).

La certificación de las unidades de verificación también es voluntaria. La sección 280.101 de la ley 15CFR41 establece el proceso para la aprobación de documentos relacionados con la certificación, acreditación de personas y laboratorios. La aprobación de los organismos de acreditación se realiza a través del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST).

4. Recomendaciones

En las secciones anteriores se identificaron elementos importantes del marco de infraestructura de la calidad existente para las tres áreas de interés: infraestructura de recarga, seguridad operativa y circularidad en México. Además, se mapearon las reglamentaciones técnicas, las normas y los procedimientos de evaluación de la conformidad a nivel internacional, así como en la UE, Alemania y EE. UU.

Al contrastar la situación actual en México con la evolución internacional, se identificó un conjunto de recomendaciones para cada área de interés con el objetivo de orientar los próximos pasos para reforzar la infraestructura de la calidad para la movilidad eléctrica.

1. Recomendaciones para la infraestructura de recarga

En refuerzo de las recomendaciones formuladas en el volumen del documento sobre políticas de infraestructura de recarga, seguridad y eliminación de baterías, y en complemento con su interrelación con los vehículos eléctricos, a continuación se presentan recomendaciones para robustecer las reglamentaciones técnicas y normas relacionadas con la infraestructura de recarga, su seguridad eléctrica, la funcionalidad y la interoperabilidad.

En cuanto a las reglamentaciones técnicas

Modificaciones de las reglamentaciones técnicas existentes. Como primer paso, **se sugiere actualizar las reglamentaciones actuales NOM-001-SEDE-2012 y NOM-003-SCFI-2014**, que abordan aspectos eléctricos fundamentales, también aplicables a la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Dado que, debido a la armonización regional, el sistema eléctrico nacional mexicano se basa en las normas UL/NEMA, es importante que las actualizaciones

de la reglamentación mexicana estén en consonancia con la evolución internacional. Dado que la versión actual de la NOM-001-SEDE data de 2012 y toma como referencia la NEC® 2011, resulta más pertinente actualizar esa NOM de acuerdo con la versión actual de la NEC® que se publicó en 2023.

Se sugiere que las actualizaciones de esas NOM incluyan los siguientes aspectos:

- **NOM-001-SEDE-2012 sobre instalaciones eléctricas:**
 - Debería incluir nuevos lineamientos técnicos específicos para la instalación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, a fin de garantizar no solo la seguridad, sino también la funcionalidad.
 - Deben incluirse requisitos para los centros de recarga de vehículos eléctricos en condominios, en particular en lo que respecta a la distribución de energía. También deben tenerse en cuenta las características de potencia e infraestructura necesarias desde la planeación de la instalación, a fin de garantizar un suministro de energía eficaz.
- **NOM-003-SCFI-2014 sobre productos eléctricos y especificaciones de seguridad:**
 - Incluir referencias adicionales a las normas mexicanas ya existentes para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos específicamente.

Nuevas reglamentaciones técnicas

Como se indica en los demás volúmenes de esta serie de documentos sobre políticas, **los conectores y tomas de corriente para vehículos** son un tema crucial cuyos requisitos mínimos

de seguridad deben establecerse en **una nueva NOM**. México debe definir, en función de la demanda del mercado y las características de la red eléctrica, qué tipo de conectores y tomas de corriente se utilizarán en el país. Esto es importante para garantizar la interoperabilidad, la seguridad del proceso de recarga y el acceso a la infraestructura de recarga para todos los usuarios de vehículos eléctricos. Su uso está asociado a un alto riesgo de accidentes, dada la alta tensión y la dificultad de eliminar la posibilidad de errores humanos en el uso del adaptador. La reglamentación debe ser adaptable para facilitar una rápida adopción de los futuros avances tecnológicos en materia de conectores y tomas de corriente. De esta manera, también se puede evitar la necesidad de una revisión normativa exhaustiva.

Del mismo modo, se considera necesaria **una nueva NOM sobre protocolos de comunicación**. Esta debería tener en cuenta un estándar de protocolo de comunicación de código abierto para facilitar la interacción eficaz y el intercambio de datos entre la infraestructura de recarga y el vehículo eléctrico, así como para permitir procesos de actualización rápidos. Se debe utilizar la norma **IEC 63110-1:2022** como referencia, ya que abarca aspectos que también forman parte del Protocolo Abierto de Puntos de Carga (OCPP), como:

- Gestión de la transferencia de energía durante las sesiones de carga, incluidos los informes y los intercambios de información relacionados con el uso de la energía, el uso de la red, los datos contractuales y los datos de medición.
- Gestión de activos de la infraestructura de recarga, incluidos su control, supervisión, mantenimiento y actualizaciones de firmware.
- Autenticación, autorización y pago de las sesiones de carga y descarga, incluida la itinerancia, los precios y la información de medición.
- Ciberseguridad

Nuevas normas

- En cuanto a la normalización, se recomienda el **desarrollo de una norma en México para certificar** a los técnicos específicamente **para la instalación y el mantenimiento de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos**. De esta manera, los técnicos pueden garantizar que poseen los conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo sus tareas de forma segura y eficaz. La certificación normalizada también garantiza un nivel constante de calidad y profesionalidad en el sector, lo que infunde confianza tanto a los consumidores como a los fabricantes.

2. Recomendaciones para la seguridad operativa

En cuanto a las reglamentaciones técnicas

Modificaciones de las reglamentaciones técnicas existentes. La emisión mínima de ruido de los vehículos eléctricos es un factor de seguridad relevante para los peatones y otras personas en las vías de circulación. Sin embargo, en México no existen actualmente niveles mínimos de emisión de ruido definidos para los vehículos eléctricos. Por consiguiente, se recomienda actualizar la **NOM-079-SEMARNAT-1994**, que especifica los límites máximos de emisión de ruido permitidos para los vehículos de motor nuevos, y su método de medición, a fin de incluir un requisito de **niveles mínimos de emisión de ruido para los vehículos eléctricos a bajas velocidades**. Las reglamentaciones técnicas internacionales **CEPE R138**, que establecen los niveles mínimos de emisión de ruido deben utilizarse como referencia para evitar la creación de obstáculos técnicos al comercio e imponer costos adicionales a la industria automotriz debido a la existencia de normativas diferentes.

Nuevas reglamentaciones técnicas

La batería del VE es el principal componente nuevo de los VE asociado a riesgos de seguridad para los usuarios y otros actores, como los técnicos de mantenimiento. Debido al riesgo de

descarga eléctrica y fuga de sustancias tóxicas, recomendamos la elaboración de una nueva NOM que establezca los requisitos mínimos para las baterías de los VE nuevos y adaptados en lo que respecta a la protección contra descargas eléctricas y fugas de líquidos, el soporte estructural adecuado de la batería, las etiquetas de precaución y advertencia, y las indicaciones de manipulación y almacenamiento. **Se recomiendan las reglamentaciones técnicas internacionales GTR de la ONU N.º 20 sobre Seguridad de los vehículos eléctricos (EVS) y CEPE R100: “disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en lo que respecta a los requisitos específicos para el tren de potencia eléctrico”** como referencias para esta nueva NOM.

En cuanto a las normas

En lo que respecta a las **pruebas de seguridad y rendimiento de las baterías**, México también debería prestar mucha atención y participar activamente en las normas armonizadas a nivel internacional sobre esta materia para su posterior adopción. Las pruebas estandarizadas garantizan procedimientos rigurosos y coherentes, lo que garantiza la fiabilidad y la seguridad de los usuarios. Esto también facilitaría el comercio mediante conjuntos de procedimientos de prueba comunes y mutuamente reconocidos. Al mismo tiempo, esto generaría una demanda que, a su vez, promovería un mayor desarrollo de las capacidades y la infraestructura de los laboratorios de pruebas. **Se sugiere como referencia el Manual de pruebas y criterios de las Naciones Unidas: Requisitos de prueba de las baterías de litio.**

Dada la creciente interconectividad de los vehículos y los dispositivos, y teniendo en cuenta especialmente los riesgos de seguridad asociados al tren motriz de los vehículos eléctricos, se recomienda adoptar una norma de ciberseguridad para los vehículos en México que especifique lineamientos para la prevención de ciberataques destinados a tomar el control del vehículo. Arriba, enumeramos **SAE J3061_202112: Guía de ciberseguridad para sistemas ciberfísicos de vehículos** y **UL 2900-1: Norma de ciberse-**

guridad de software para productos conectables a redes, Parte 1: Requisitos generales como referencias importantes de los Estados Unidos que podrían ser adoptadas por los organismos de normalización mexicanos. Al mismo tiempo, se deben realizar esfuerzos para sensibilizar e informar a las partes interesadas de la industria y a los usuarios sobre los riesgos de ciberseguridad asociados a los vehículos eléctricos y, de este modo, promover la demanda activa del uso de estas normas en el desarrollo de los componentes de software de los vehículos, tanto por parte de los usuarios finales como de los fabricantes.

3. Recomendaciones para la circularidad

A partir del mapeo de las mejores prácticas internacionales, a continuación presentaremos una serie de recomendaciones para fortalecer las reglamentaciones técnicas y las normas relacionadas con la promoción de las estrategias de circularidad, incluidos los temas de la durabilidad de las baterías, la segunda vida de las baterías de los vehículos eléctricos, la trazabilidad y la manipulación y almacenamiento seguros de las baterías al final de su vida útil, pero también de otros componentes de los vehículos eléctricos.

En cuanto a las reglamentaciones técnicas

Modificaciones de las reglamentaciones técnicas existentes. Un aspecto crucial para la implementación exitosa de estrategias de circularidad al final de la vida útil es la manipulación segura de las baterías de vehículos eléctricos envejecidas, dado el mayor riesgo de que entren en un proceso de sobrecalentamiento y provoquen incendios. A este respecto, el Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte de la Secretaría de Relaciones Exteriores recomendó **modificar la NOM-052-SEMARNAT-205**, que define los criterios para clasificar los residuos peligrosos, ya que en su forma actual excluye las baterías de iones de litio de esta clase. En consonancia con la recomendación del

Grupo de Trabajo para la Electrificación del Transporte, se considera importante actualizar esta clasificación para garantizar condiciones de seguridad adecuadas en la manipulación, el transporte y el almacenamiento de las baterías de vehículos eléctricos retiradas que contienen sustancias peligrosas. Si la NOM-052 se modificara según lo sugerido, esto implicaría que las baterías de vehículos eléctricos entrarían en el ámbito de aplicación de la norma técnica NOM-055-SEMARNAT-2003, que establece los requisitos para los sitios que se utilizarán para el confinamiento controlado de residuos peligrosos, lo que mitigaría los riesgos de seguridad en el almacenamiento de baterías al final de su vida útil.

Nuevas reglamentaciones técnicas

En cuanto al tema de la durabilidad de las baterías, el grupo bilateral de expertos recomienda **elaborar una nueva NOM que especifique los requisitos mínimos de rendimiento de las baterías y los respectivos procedimientos de prueba basados en el GTR de la ONU N.º 22 “Durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos”**. El establecimiento de requisitos mínimos obligatorios en materia de durabilidad, que se amplían gradualmente a medida que evolucionan las baterías de los vehículos eléctricos, es una importante estrategia de circularidad para los vehículos eléctricos en el contexto actual, en el que las tecnologías de reciclaje aún no han alcanzado la madurez necesaria en el mercado. El GTR de la ONU N.º 22 representa un sólido marco de referencia internacional no solo para especificar los requisitos mínimos (véase más arriba), sino que también introduce los procedimientos de evaluación de la conformidad (CAP) pertinentes, incluidas especificaciones detalladas para las pruebas que deben realizarse para evaluar el cumplimiento de la normativa y los niveles umbral admisibles.

En cuanto a las normas

Una segunda estrategia R relevante para las baterías de los vehículos eléctricos, en ausencia de normas de reciclaje, es la reutilización de las baterías usadas de los vehículos eléctricos

para el almacenamiento de energía en plantas industriales o parques de energía renovable. Sin embargo, al día de hoy, en México hay poca experiencia y conciencia sobre la práctica de la reutilización de las baterías de los vehículos eléctricos al final de su primera vida útil. Debido a la ausencia de una normativa o estándar pertinente, cuando se practica la reutilización, se hace sin observar necesariamente las directrices de seguridad en la manipulación de baterías de vehículos eléctricos al final de su vida útil. La falta de fiabilidad que esto implica para los posibles clientes de baterías de segunda vida representa un obstáculo para la creación de mercados de baterías de vehículos eléctricos retiradas y el establecimiento de baterías de vehículos eléctricos de segunda vida como alternativas seguras y fiables a las baterías industriales nuevas. Para abordar este problema, se recomienda introducir una norma sobre requisitos de seguridad para las aplicaciones de segunda vida de las baterías de vehículos eléctricos en México. Como posibles referencias, el grupo recomienda considerar la norma DIN VDE V 0510-100, Seguridad de las baterías de iones de litio de vehículos de carretera de propulsión eléctrica para su uso en aplicaciones estacionarias”, UL 1974: Creación de una segunda vida segura para las baterías de vehículos eléctricos, la serie IEC 61427 “Celdas y baterías secundarias para el almacenamiento de energía renovable” y la serie IEC 62933 sobre sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (EES).

Recomendaciones generales

Por último, un requisito previo importante para la aplicación eficaz de diferentes estrategias de circularidad es la disponibilidad de información relevante sobre la batería, como su composición material y las instrucciones para su manipulación segura. Aunque en la UE se promueve un pasaporte de baterías como contenedor de esta información, aún se encuentra en fase de desarrollo y todavía se están debatiendo varias cuestiones de normalización, como los formatos de datos y la información específica que debe incluirse. En este sentido, se recomienda esperar a los resultados respectivos y a las nuevas normas antes de establecer regulaciones

propias, participar en intercambios internacionales sobre los avances tecnológicos y de normalización del pasaporte de baterías y reforzar las medidas existentes para promover activamente la digitalización de las PYMES del sector, lo que será un requisito previo para la adopción del pasaporte de baterías y, en última instancia, para acceder a los crecientes mercados de vehículos eléctricos de la UE.

5. Conclusiones

En todo el mundo, el compromiso de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) está transformando la industria automotriz hacia la electromovilidad. México, que ya es el séptimo productor de vehículos del mundo, es candidato a convertirse en un importante centro de fabricación de vehículos eléctricos en el contexto de la tendencia actual hacia la deslocalización cercana. Sin embargo, un paso necesario para una transición exitosa hacia la electromovilidad y la materialización de las oportunidades que ofrece la doble tendencia de la movilidad eléctrica y la deslocalización cercana es la alineación de la infraestructura de la calidad (QI) pertinente en México con las exigencias técnicas específicas de los vehículos eléctricos y las normas internacionales pertinentes para garantizar la seguridad y la sostenibilidad de esos vehículos.

En este sentido, el presente documento sobre políticas exploró las posibles modificaciones de la IQ existente, en particular las reglamentaciones técnicas, las normas y los procedimientos de evaluación de la conformidad que son necesarios para facilitar una evolución segura de la electromovilidad en México y eliminar las barreras reglamentarias que persisten para la proliferación de los vehículos eléctricos de pasajeros en particular.

Con base en un mapeo comparativo del estado de las reglamentaciones técnicas, las normas y los procedimientos de evaluación de la conformidad para los vehículos eléctricos de pasajeros en México, a nivel internacional, en la UE y en los EE. UU., el grupo bilateral de expertos identificó una serie de recomendaciones para fortalecer y armonizar la infraestructura de la calidad mexicana para la electromovilidad con las normas internacionales. Dada su importancia para garantizar que los vehículos eléctricos sean fiables, seguros y tengan un impacto ambiental



Carga de vehículos eléctricos.

limitado, los mapeos y las recomendaciones se agruparon en tres áreas temáticas: 1) infraestructura de recarga, 2) seguridad operativa, que comprende tanto la seguridad mecánica como la ciberseguridad y 3) circularidad de las cadenas de valor de los vehículos eléctricos.

Las recomendaciones resultantes incluyen modificaciones de las reglamentaciones técnicas existentes en México que actualmente no tienen en cuenta las características específicas de los vehículos eléctricos, lo que hace imposible su cumplimiento o no garantiza las normas básicas de seguridad de los vehículos eléctricos. Además, se propone la introducción de nuevas reglamentaciones técnicas que adopten, por ejemplo, los criterios mínimos de durabilidad para las baterías de los vehículos eléctricos ya definidos en las reglamentaciones técnicas internacionales, y se sugieren normas internacionales que podrían adoptarse en México para,

por ejemplo, reforzar la ciberseguridad de los vehículos eléctricos y promover la reutilización segura de las baterías de los vehículos eléctricos al final de su vida útil.

Estas recomendaciones presentan medidas específicas y viables que pueden adoptarse para adaptar la infraestructura de la calidad, en particular las normas y reglamentaciones técnicas de México, a las necesidades de los vehículos eléctricos de pasajeros, promoviendo así una transición segura, fiable y sostenible hacia la electromovilidad y contribuyendo a la competitividad de México como lugar clave para los vehículos eléctricos.

Las recomendaciones resultantes incluyen modificaciones de las reglamentaciones técnicas existentes en México que actualmente no tienen en cuenta las características específicas de los vehículos eléctricos, lo que hace imposible su cumplimiento o no garantiza las normas básicas de seguridad de los vehículos eléctricos. Además, se propone la introducción de nuevas reglamentaciones técnicas que adopten, por ejemplo, los criterios mínimos de durabilidad para las baterías de los vehículos eléctricos ya definidos en las reglamentaciones técnicas internacionales, y se sugieren normas internacionales que podrían adoptarse en México para, por ejemplo, reforzar la ciberseguridad de los vehículos eléctricos y promover la reutilización segura de las baterías de los vehículos eléctricos al final de su vida útil.

Estas recomendaciones presentan medidas específicas y viables que pueden adoptarse para adaptar la infraestructura de la calidad, en particular las normas y reglamentaciones técnicas de México, a las necesidades de los vehículos eléctricos de pasajeros, promoviendo así una transición segura, fiable y sostenible hacia la electromovilidad y contribuyendo a la competitividad de México como lugar clave para los vehículos eléctricos.

6. Reconocimientos

Esta publicación se elaboró en el marco del Diálogo Alemán-Mexicano sobre Infraestructura de la Calidad, dirigido por el Ministerio Federal de Economía y Energía (BMWE) de Alemania y la Secretaría de Economía (SE) de México. Es el resultado de un esfuerzo de colaboración entre los miembros del grupo bilateral de expertos dentro de la línea de proyectos 'Cooperación estratégica en electromovilidad: normalización, certificación y reglamentación técnica' (por orden alfabético de la institución a la que representan): Osvaldo Belmont (AMIA), Luis Iván Hernández (ANCE), Francisco Aguirre (BMW), Alejandro Saniger y Heidy Domínguez (Bosch), Leonardo Fernández, Edgar Bañuelos y Rogelio Carmona (CANAME), Iris López y Salvador Echeverría (CENAM), Leidy García y Filiberto Rodríguez (IMNC), Omar Martínez (INA), Marco Antonio Hernández-Nochebuena (IMT), Javier Amozurrutia (Mazmobi), Isaac Aldana (Secretaría de Economía), Danae Díaz (TÜV Rheinland), Rodolfo Martínez e Isabel Gómez (Volkswagen Group México), Alan Nieto (Vltway) y Alberto de Icaza (ZF).

Además, la publicación contó con las valiosas contribuciones y el apoyo de Mario Beier (DIN) y Daniel Pacner (VDA).

La publicación fue coordinada y editada por Josefina Lozano Soto, Sophia Appl Scorza, Iris Joaquín Cruz y Daniel Solterbeck, de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en el marco del Proyecto Global de Infraestructura de la Calidad (GPQI) del BMWE.

7. Notas

- [1] Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). (2022). Reporte de Venta de Vehículos Híbridos y Eléctricos a Mayo 2022. [🔗](#)
- [2] Agencia Internacional de la Energía (IEA). (n.d.). Electric Vehicles (Vehículos eléctricos). [🔗](#)
- [3] Organización Mundial del Comercio (OMC) Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio. [🔗](#)
- [4] Ibid.
- [5] Sirapa S., Bivek B., Malesh S., Sailesh C., Bim. (2022) Measures to resolve range anxiety in electric vehicle users (Medidas para resolver la inquietud sobre la autonomía en los usuarios de vehículos eléctricos). [🔗](#)
- [6] GPQI. (2022). Quality Infrastructure for Electromobility – Charging Infrastructure, battery safety and disposal (Infraestructura de calidad para la electromovilidad: infraestructura de recarga, seguridad y eliminación de baterías). [🔗](#)
- [7] Shell Recharge. (2023). Encuesta a conductores de vehículos eléctricos 2023. [🔗](#)
- [8] Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). (2023). Recomendaciones para una Política Nacional de Electromovilidad. p.5. [🔗](#)
- [9] AMIA. (2022). Reporte de Venta de Vehículos Híbridos y Eléctricos. [🔗](#)
- [10] Katis, C., Karlis, A. (2023) Evolution of Equipment in Electromobility and Autonomous Driving Regarding Safety Issues (Evolución de los equipos en la electromovilidad y la conducción autónoma en relación con cuestiones de seguridad). [🔗](#)
- [11] DIN y DKE (2023). Hoja de ruta para la normalización de la economía circular. [🔗](#)
- [12] Véase, por ejemplo, el reciente Reglamento de la UE sobre baterías: Reglamento de la UE 2023/ 1542. [🔗](#)
- [13] Véase Comisión Europea (2022). Propuesta de Reglamento sobre el diseño ecológico de productos sostenibles. La propuesta se adoptó en marzo de 2022 como parte de la Iniciativa de Productos Sostenibles de la UE. Sustituirá a la actual Directiva 2009/125/CE sobre diseño ecológico una vez que entre en vigor. [🔗](#)
- [14] Diario Oficial de la Federación – DOF. NOM-001-SE-DE-2012. [🔗](#)
- [15] Diario Oficial de la Federación – DOF. NOM-003-SC-FI-2014. [🔗](#)
- [16] El término “normas” se introdujo en el marco jurídico mexicano hasta la entrada en vigor de la Ley de Infraestructura Nacional de Calidad en agosto de 2020. Las NMX se conocían antes como “normas mexicanas”.
- [17] Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA). (n.d.). NEC® enforcement. [🔗](#)
- [18] Underwriter Laboratories (UL). (2011). Sistemas de carga para vehículos eléctricos. [🔗](#)
- [19] NEMA. (n.d.). Acerca de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos. [🔗](#)
- [20] Ampcontrol. (2022). What are OCPP, IEC 63110 & ISO 15118 and How Do They Relate to V2G? (¿Qué son OCPP, IEC 63110 e ISO 15118 y cómo se relacionan con V2G?). [🔗](#)
- [21] Naciones Unidas. [🔗](#)
- [22] TÜV SÜD. (2019). Pruebas de baterías de litio conforme a la UN/DOT 38.3.
- [23] SEMARNAT. (n.d.). Guía para el consumo y manejo sustentable de pilas.
- [24] Diario Oficial de la Federación (2005). NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- [25] Comisión EU (2023). Propuesta de reglamento sobre vehículos al final de su vida útil. [🔗](#)
- [26] Comisión EU (2023). Propuesta de Reglamento sobre el diseño ecológico de productos sostenibles. [🔗](#)
- [27] Consejo de Recursos del Aire de California. (2022). Reglamento sobre vehículos limpios avanzados II, Sección 1962.4, Título 13. Código de Reglamentaciones de California.
- [28] Yanqiu T., Christopher D., Lynden A. y Fengqi Y. (2021). Second life and recycling: Energy and environmental sustainability perspectives for high-performance lithium-ion batteries (Segunda vida y reciclaje: perspectivas de sostenibilidad energética y ambiental para las baterías de iones de litio de alto rendimiento). Science Advances, Vol. 7, N.º 45. [🔗](#)
- [29] CEN-CENELEC. (n.d.). CEN/CLC/JTC 10: Aspectos de eficiencia de los materiales para los productos incluidos en el ámbito de aplicación de la legislación sobre diseño ecológico. [🔗](#)
- [30] Organización Mundial del Comercio (OMC). Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio – Anexo I. [🔗](#)
- [31] Diario Oficial de la Federación (2018) NMX-EC-17025-IM-NC-2018. [🔗](#)
- [32] Comisión Europea (2020). Armonización técnica en la UE. [🔗](#)
- [33] EUR-Lex. (2022). Reglamento (UE) 2018/858. [🔗](#)
- [34] Comisión Europea (2021) Vehículos de motor – Autoridades de homologación en los Estados miembros. [🔗](#)
- [35] EUR-Lex. (2022). Reglamento (UE) 2018/858. [🔗](#)
- [36] Comisión Europea Preguntas frecuentes – Homologación de tipo de vehículos. [🔗](#)
- [37] Código de Reglamentaciones Federales (2023). Parte 287 – Lineamientos sobre la evaluación de la conformidad federal. [🔗](#)
- [38] Ibid.
- [39] NHTSA. (n.d.). Documentos de los lineamientos. [🔗](#)
- [40] ANSI. (n.d.). Sistema de evaluación de la conformidad de EE. UU.: evaluación de la conformidad utilizada en EE. UU. [🔗](#)
- [41] Código de Reglamentaciones Federales 15 CFR 280.101. [🔗](#)
- [42] Secretaría de Relaciones Exteriores. (2023). Grupo de trabajo para la electrificación del transporte: Diagnóstico y Recomendaciones para la Transición de la Industria Automotriz en México.