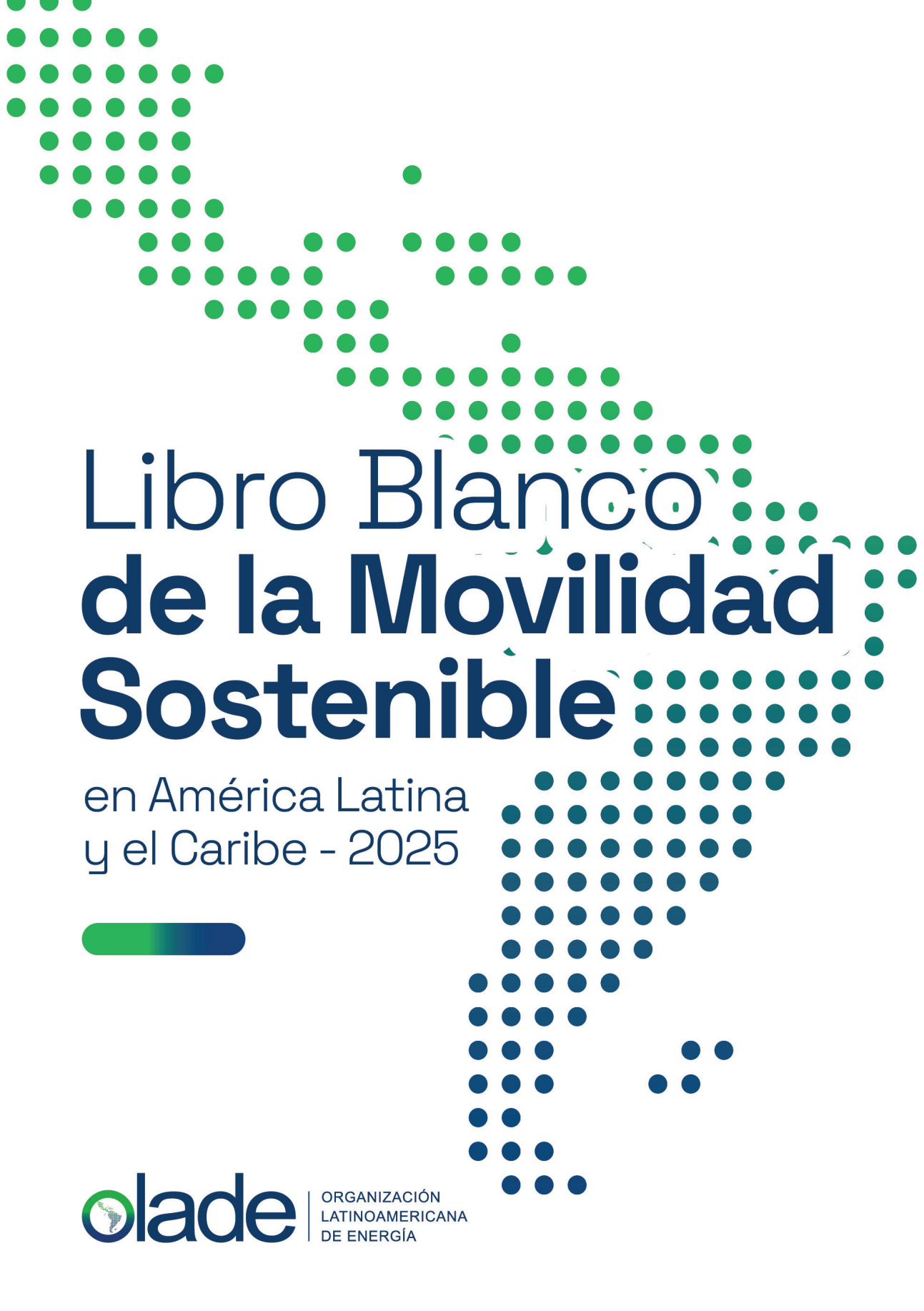




Libro Blanco de la Movilidad Sostenible

en América Latina
y el Caribe - 2025



ORGANIZACIÓN
LATINOAMERICANA
DE ENERGÍA

Libro Blanco de la Movilidad Sostenible en América Latina y el Caribe 2025

Este documento fue preparado bajo la dirección de:
Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

Andrés Rebolledo Smitmans

Secretario Ejecutivo

Fitzgerald Cantero Piali

Director de Estudios, Proyectos e Información

Este documento contó con la colaboración de:

Sebastián Lattanzio - Claudio Mena Cavieres - Fabio García Lucero - Isabel Vaca - Katherine Segura González - Luis Guerra - Marco Yujato Toasa - María José Ventura - Medardo Cadena - Melanie Andersen - Tatiana Castillo Moreno - Targelia Rivadeneira Merino - Nilton Sandoval.

Apoyo a la Estrategia Chilena de Transporte Sostenible (CLETS) - Asociación Latinoamericana de Distribuidores de Automotores (ALADDA) - Comisión Latinoamericana de Empresarios de Combustibles (CLAEC) - Energías Limpias de Costa Rica (ELCO) - Instituto de las Américas - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) - Universidad Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica - REDTRANSPORTE CHILE - Agencia de Sostenibilidad de Chile.

Testimonios:

Andrés Baretín Calvo - Eric Orlich Soley - Fabio García Lucero - Gerardo Sastre - Martín Piñeyro - Pablo Díaz Gómez de Enterría - Rodrigo Salcedo Campino.

Las denominaciones empleadas en los mapas y la forma en que están presentados los datos que contienen no implican, de parte de OLADE, juicio de valor alguno sobre la condición jurídica y la división político – administrativa de los países, territorios, ciudades o zonas.

Imágenes: se han utilizado recursos de Envato bajo licencia Premium, autorizados para uso comercial sin obligación de atribución, conforme a sus Términos de uso.

—

Primera Edición – setiembre 2025

ISBN: 978-9978-70-160-7



Copyright © OLADE 2025

Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de sus autores y no comprometen a la Organización Latinoamericana de Energía. Se permite la reproducción total o parcial del contenido de este documento a condición de que se cite la fuente.

Contacto

OLADE

Avenida Mariscal Antonio José de Sucre
N58-63 y Fernández Salvador
Edificio OLADE- Sector San Carlos
Quito - Ecuador

Teléfono: (593-2) 2598-122/2531-674
movilidad@olade.org



Contenido

- EDITORIALES 8
- I. ANÁLISIS DE COYUNTURA 13
 - La Movilidad Sostenible en ALC 14
 - Factores Clave de la Coyuntura 15
 - La Movilidad Sostenible en el resto del Mundo 19
- II. ACTUALIDAD DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE EN ALC 25
 - Introducción..... 26
 - Datos estadísticos de electromovilidad en ALC 27
 - Parque vehicular liviano electrificado en ALC 27
 - Ranking de los países de ALC..... 28
 - Evolución del parque vehicular electrificado liviano en los 10 países de ALC con presencia más significativa de la electromovilidad 30
 - Ranking de los países de ALC con mayor número de buses eléctricos a diciembre de 2024 39
 - Evolución del parque de buses electrificados en los cinco países de ALC con mayor presencia 40
 - Estaciones de carga públicas en ALC a diciembre de 2024 42
 - Regulación para la movilidad sostenible..... 44
 - Financiamiento para la movilidad sostenible 104
 - ¿Qué entendemos por movilidad sostenible?..... 104
 - Tipos y modelos de adquisición de vehículos eléctricos 105
 - Necesidades de financiamiento para avanzar hacia una movilidad sostenible 106
 - Actores que financian la transición hacia la movilidad sostenible 106
 - Consideraciones finales y necesidad de estudios futuros..... 109
- III. BATERÍAS DE LITIO Y MINERALES CRÍTICOS EN ALC111
 - Baterías de litio..... 112
 - Contexto global de la movilidad eléctrica 112
 - Importancia de las baterías en los vehículos eléctricos..... 113
 - Objetivos y alcance 114
 - Tipos de Baterías para Vehículos Eléctricos 115
 - Aspectos Técnicos y de Diseño 120
 - Desempeño y Ciclo de Vida 122
 - Impacto Ambiental y Reciclaje..... 125
 - Aspectos Económicos y de Mercado 128
 - Producción global y cadenas de suministro 133

Desafíos y Perspectivas Futuras.....	139
Conclusiones.....	142
Geopolítica de los Minerales Críticos.....	144
ALC en el nuevo contexto geopolítico de la energía	145
Gobernanza regional de los minerales críticos.....	148
Barreras y oportunidades para ALC en la geopolítica del litio	150
IV. INFRAESTRUCTURA DE CARGA.....	152
Infraestructura de carga para vehículos eléctricos.....	153
Introducción	153
Definición y clasificación de la infraestructura de carga	153
Niveles de la red de carga de VE.....	154
Infraestructura para vehículos livianos y de micromovilidad	155
Tipos de conectores para vehículos eléctricos.....	155
Consideraciones energéticas para la planificación de infraestructura....	157
Perspectivas de las redes de carga a nivel mundial	158
Las rutas eléctricas que unen a ALC.....	160
Proyecciones y estudios futuros.....	161
Infraestructura de Recarga para la Electromovilidad	163
Introducción	163
Tipos de Recarga.....	164
Recarga Conductiva	164
Recarga Inalámbrica	165
Battery Swap (Intercambio de Baterías).....	167
Carga Conductiva AC y DC	170
Normativa Internacional en infraestructura	174
Normas de conectores	177
Armonización y Comparación entre regiones.....	181
Preliminares del Caso Chileno	182
V. MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	193
Movilidad de última milla	194
Modalidades y soluciones sostenibles	195
Impacto energético y ambiental.....	195
Sostenibilidad social y económica	196
Relevancia regional.....	196
Plataformas digitales, movilidad compartida e intermodalidad	198
Plataformas digitales y eficiencia en el transporte.....	198
Movilidad compartida y reducción de emisiones	199

Intermodalidad y optimización energética del sistema.....	199
Sistemas inteligentes de transporte (ITS) y ciudades inteligentes.....	200
Reducción del uso del coche privado y eficiencia energética.....	200
Optimización del espacio urbano y beneficios colaterales	201
Perspectivas futuras.....	201
Conclusión	202
Innovaciones en el transporte marítimo urbano sostenible y ferris de cero emisiones	203
Tendencias globales emergentes	204
Ferries eléctricos de batería e híbridos de doble potencia	206
Ferries híbridos solares y eléctricos	212
Biocombustibles y Diésel Renovable.....	212
Conclusión	214
Transporte Terrestre con Hidrógeno	216
Resumen Ejecutivo.....	216
Tipologías del Hidrógeno y Tendencias Globales.....	217
Entorno de políticas para el hidrógeno en California.....	222
Transporte Público Cero Emisiones.....	225
Desafíos Políticos	225
Ventajas Comparativas y Desafíos del Hidrógeno frente a los Vehículos Eléctricos a Batería	226
Lecciones aprendidas y recomendaciones para ALC	228
VI. VISIONES	229
Políticas de movilidad eléctrica en Brasil	230
Movilidad Eléctrica en Costa Rica.....	235
Movilidad Sostenible en América Latina: un compromiso compartido	239
Energías Limpias de Costa Rica	242
De los distribuidores de combustible.....	244
Santiago de Chile: Liderazgo latinoamericano en la transición hacia un transporte público 100% eléctrico	245
Ley de Eficiencia Energética Chilena.....	248
Regulaciones del lado de la oferta (SSR) para acelerar la adopción de vehículos eléctricos en América Latina	266
Entrevistas	277
VII. ASPECTOS SOCIOTERRITORIALES	301
Ciudad y movilidad sostenible.....	302
Dimensiones clave de la movilidad sostenible urbana	302
Urbanismo, diseño y planificación para la eficiencia energética	303

Medidas urbanas para fomentar la movilidad sostenible	303
Enfoques integrados: sostenibilidad energética, ambiental, económica y social	304
Género y movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe.....	307
Antecedentes	307
La electromovilidad como motor de cambio.....	310
Contexto entre el género y la movilidad en Ecuador	311
Contexto entre el género y la movilidad en Colombia	313
VIII. ENERGÉTICOS	315
Generación de energía eléctrica en ALC	316
Introducción	316
Generación eléctrica en ALC por fuente a marzo 2025	317
Índice de renovabilidad de la generación de energía eléctrica.....	318
Comentarios finales.....	319
IX. BUENAS PRÁCTICAS	321
El Proyecto CLETS y su relevancia en la movilidad sostenible en Chile.....	322
Santiago de Chile y la transformación del transporte público hacia la electromovilidad	328
Ministerio de Energía de Chile y AgenciaSE: Programas que impulsan una estrategia de electromovilidad con resultados concretos	341
AGRADECIMIENTOS	347

Transporte Sostenible: Pilar de las transiciones energéticas



• **Andrés Rebolledo Smitmans**

Secretario Ejecutivo
OLADE

La movilidad sostenible constituye uno de los pilares estratégicos de la transición energética en América Latina y el Caribe (ALC). El sector transporte, representa una de las principales demandas de energía en la región y es responsable de una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que plantea la necesidad de una transformación profunda y urgente. La creciente urbanización, el dinamismo económico y el aumento sostenido de la demanda de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial, refuerzan el desafío de orientar este sector hacia un modelo más limpio, resiliente y alineado con los compromisos climáticos globales.

En este contexto, el desarrollo de la movilidad sostenible ofrece oportunidades únicas para contribuir a la descarbonización de la economía regional, fomentar la innovación tecnológica, impulsar empleos verdes y mejorar la calidad de vida de nuestras sociedades. La abundancia de recursos renovables en ALC, que se refleja en una de las matrices energéticas más limpias del mundo, brinda condiciones particularmente favorables para impulsar la transición en el transporte. Ello se complementa con un mercado urbano en expansión y con una ciudadanía cada vez más consciente de los desafíos ambientales, condiciones que habilitan la adopción acelerada de soluciones innovadoras.

Con este marco de referencia, OLADE presenta la primera edición del Libro Blanco de la Movilidad Sostenible en América Latina y el Caribe, concebido como una herramienta de análisis y apoyo a la toma de decisiones para gobiernos, sector privado, organismos multilaterales y academia. Su propósito es aportar una visión integral de los avances, barreras y perspectivas de la movilidad sostenible, colocando la dimensión energética como eje articulador del cambio.

El documento aborda la electromovilidad y su impacto en la región, in-

cluyendo la evolución del parque vehicular eléctrico, la infraestructura de carga y los marcos regulatorios vigentes. Destaca el crecimiento exponencial del parque eléctrico liviano, que ha pasado de cifras incipientes en el año 2020, a más de 440 mil unidades en 2024, impulsado por la combinación de políticas públicas, avances tecnológicos y mejoras en la competitividad de los vehículos eléctricos. Este fenómeno refleja la estrecha relación entre la movilidad eléctrica y la creciente penetración de energías renovables en las redes eléctricas de nuestra región.

No obstante, el alcance de la movilidad sostenible en ALC trasciende la electromovilidad. En el sector aéreo, la introducción de combustibles sostenibles de aviación (SAF, por sus siglas en inglés) se perfila como un instrumento fundamental para reducir la huella de carbono, considerando que la aviación internacional se encuentra entre los segmentos de transporte de más difícil descarbonización. Asimismo, los biocombustibles avanzados constituyen una alternativa estratégica para diversificar las fuentes energéticas y aprovechar el potencial de biomasa disponible en la región.

El transporte marítimo y fluvial, esenciales para la integración territorial y el comercio internacional, representan un ámbito prioritario en esta discusión. La incorporación de combustibles alternativos es un paso necesario para alinear este segmento con los objetivos de sostenibilidad. La inclusión del transporte fluviomarítimo en los análisis del Libro Blanco, refleja la importancia de considerar todos los modos de transporte en la planificación energética y climática de la región.

La agenda energética de la movilidad sostenible también incorpora el análisis de vectores energéticos como el hidrógeno verde, que podría desempeñar un papel decisivo en segmentos de transporte de alta demanda de energía, como el transporte pesado, la aviación y la navegación de larga distancia. De igual manera, el desarrollo de baterías de litio y la disponibilidad de minerales críticos reafirman la relevancia estratégica de ALC en la cadena de valor global de la movilidad del futuro.

El Libro Blanco de la Movilidad Sostenible en ALC presenta un panorama detallado de los avances regulatorios y de políticas públicas implementadas en los países de la región. Estos esfuerzos incluyen incentivos fiscales, subsidios a la adquisición de vehículos eléctricos, tarifas preferenciales de electricidad y regulaciones que fomentan la interoperabilidad de la infraestructura de carga. Sin embargo, existen desafíos relacionados con la planificación urbana y energética, la estandarización tecnológica y

la necesidad de financiamiento sostenible para acelerar las inversiones.

Este esfuerzo editorial refleja la convicción de OLADE de que la movilidad sostenible no es únicamente una política sectorial, sino un componente estructural de la transición energética regional. El avance en electromovilidad, el despliegue de SAF, el fortalecimiento de biocombustibles y la modernización del transporte marítimo y fluvial, deben ser concebidos como parte de un proceso integral, donde la innovación tecnológica, la cooperación regional y el acceso inclusivo a soluciones energéticas limpias sean prioridades.

Quiero destacar y agradecer la participación activa de los gobiernos de los Estados Miembros, de las instituciones académicas, del sector privado y de los organismos multilaterales que han contribuido a la construcción de este documento. Su conocimiento, compromiso y visión han sido determinantes para que esta primera edición se constituya en un referente regional y una base para fortalecer el diálogo, y compartir aprendizajes.

El desafío es considerable, pero la oportunidad también lo es. América Latina y el Caribe cuentan con las condiciones energéticas y los recursos necesarios para liderar la transformación hacia una movilidad sostenible, incluyente y competitiva. Este Libro Blanco busca ser un aporte en ese camino, convencidos de que el futuro del transporte en la región será, necesariamente, más limpio, más eficiente y más resiliente.

Nuestro aporte a la movilidad sostenible



Fitzgerald Cantero Piali

Director de Estudios, Proyectos e Información
OLADE

La forma en que nos movemos define la calidad de vida en nuestras ciudades. Con el crecimiento acelerado de la población urbana —una tendencia que continuará en los próximos años— la movilidad se ha convertido en un desafío central para los gobiernos, la planificación territorial y las estrategias de desarrollo.

Ciudades en expansión requieren políticas públicas que garanticen habitabilidad y bienestar. Para ello, la movilidad debe ser sostenible: sistemas de transporte que reduzcan los tiempos de traslado, que resulten accesibles y cómodos para las personas, y que al mismo tiempo sean respetuosos con el ambiente.

Las estrategias varían según la realidad de cada país y la disponibilidad de recursos energéticos. Algunos apuestan por la movilidad eléctrica, otros por los biocombustibles, el hidrógeno o una combinación de alternativas. Lo común a todos es la prioridad en descarbonizar un sector clave.

En América Latina y el Caribe, varios países cuentan con una alta generación eléctrica a partir de fuentes renovables, lo que representa una oportunidad estratégica para impulsar la movilidad eléctrica. En contraste, aquellos cuya matriz sigue dependiendo fuertemente del petróleo enfrentan mayores dificultades para esta transición. Sustituir combustibles fósiles importados no solo contribuye al ambiente, sino que también reduce la exposición a la volatilidad de los precios internacionales, con efectos positivos en toda la economía.

Comprender las características, ventajas y desafíos de la movilidad sostenible se vuelve, por tanto, fundamental. Desde OLADE asumimos este compromiso. En 2024 publicamos el primer Monitor de Movilidad Eléctrica, con actualizaciones semestrales, y hoy damos un paso más con esta primera edición del Libro Blanco de la Movilidad Sostenible.

Nuestro objetivo es que este material se convierta en una herramienta

de consulta para gobiernos, sector privado, academia e instituciones vinculadas a la movilidad en todas sus formas. Reunimos aquí información clave para perfeccionar las políticas públicas: avances alcanzados, metas pendientes, infraestructura de carga, desarrollo de baterías, programas de capacitación y buenas prácticas para extender la vida útil de los vehículos eléctricos.

La movilidad sostenible —y en particular la eléctrica— aporta beneficios ambientales inmediatos: reducción de emisiones de CO₂, mejora en la calidad del aire y disminución de la contaminación acústica que afecta a nuestras ciudades.

Este libro también examina la dimensión geopolítica de la transición. Nuestra región posee minerales críticos esenciales para el desarrollo de nuevas tecnologías. Ello representa una oportunidad única para pasar de la simple exportación de materias primas a la generación de valor agregado mediante la fabricación y ensamblaje de componentes estratégicos.

Un desafío adicional es la integración regional. La construcción de corredores eléctricos que trasciendan fronteras, junto con la digitalización de los puntos de carga, resulta esencial para planificar viajes, asegurar interoperabilidad y facilitar los pagos en cualquier país.

Este Libro Blanco es, entonces, nuestro aporte en este momento al debate y la acción sobre movilidad sostenible. Sabemos que vendrán nuevos desafíos, y los enfrentaremos con entusiasmo y convicción, en alianza con todos los actores que día a día hacen posible la transformación de la movilidad en América Latina y el Caribe.

Finalmente, expresamos un deseo: que este libro sea útil, que inspire nuevas iniciativas y que contribuya a consolidar un sector decisivo para nuestras economías y para la vida de quienes habitamos la región. Nuestro profundo agradecimiento a todos los que lo hicieron posible.



Análisis de Coyuntura

La Movilidad Sostenible en América Latina y el Caribe

En las últimas décadas, la movilidad sostenible se ha consolidado como un componente clave en las estrategias internacionales para combatir el cambio climático y alcanzar objetivos de desarrollo sostenible. Esto probablemente se deba a que el sector transporte es uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global, lo que lo convierte en un área de oportunidad para ofrecer soluciones más claras y de alto impacto. En América Latina y el Caribe (ALC), el sector transporte es también el principal generador de CO₂ por combustión con un 37,7% del total, seguido en importancia por el sector industrial con un 28,2% y el sector residencial con un 13,6% (PNUD, 2024).

Este contexto ha impulsado a los países a acelerar su transición energética y adoptar estrategias integrales que permitan disminuir las emisiones contaminantes asociadas al transporte. En la región, 27 de los 33 países han definido al sector transporte como prioritario para alcanzar las metas de reducción de emisiones en la primera edición de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN), y la mayoría cuenta con Estrategias Nacionales de Largo Plazo (LTS, por sus siglas en inglés) (PNUMA, 2021).

Por otro lado, el mercado de vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe se encuentra en expansión acelerada, impulsado por políticas públicas, incentivos financieros y mayor conciencia social y ambiental. Según datos recientes de la Agencia Internacional de Energía (AIE), la participación de vehículos eléctricos en el mercado regional alcanzó aproximadamente el 4% del total de ventas en 2024, reflejando un crecimiento notable respecto a años anteriores.

Brasil lidera esta tendencia en términos absolutos, con casi 125.000 vehículos eléctricos vendidos en 2024, más del doble que en 2023. No obstante, otros países muestran una penetración aún mayor en términos relativos, destacando particularmente Costa Rica con una cuota de ventas cercana al 15%, Uruguay con un 13% y Colombia con aproximadamente un 7,5% (AIE, 2025).

En términos relativos a su población, los países con mayor número de vehículos eléctricos livianos per cápita a diciembre de 2024, son Uruguay,



Costa Rica, Brasil, Guatemala y México (OLADE, 2025). Estos números indican no solo un mercado emergente con rápido crecimiento, sino también el impacto positivo de medidas políticas específicas como incentivos fiscales, exenciones impositivas y subsidios directos para la compra de vehículos eléctricos.

En lo que respecta al transporte público, a diciembre de 2024 la región contaba con una flota aproximada de 6,700 unidades, lo cual significó un 32% de incremento respecto al cierre de 2023. La flota creció sustancialmente desde 2017 con una tasa de crecimiento promedio del 33,5% anual. Este crecimiento fue impulsado inicialmente por la incorporación de autobuses eléctricos en Chile y Colombia, seguidos por Brasil y México (OLADE, 2025; ICCT, 2025), mientras que otros países como Belice, Costa Rica y Paraguay se han quedado rezagados en la electrificación de este segmento.

Factores Clave de la Coyuntura

Económicos

Diversos países de América Latina y el Caribe han implementado políticas financieras específicas para fomentar la adopción de vehículos eléctricos. Estas incluyen subsidios directos a la compra, créditos preferenciales, exenciones tributarias, descuentos en impuestos vehiculares y eliminación de restricciones de circulación. Costa Rica, por ejemplo, ofrece exoneraciones de impuestos sobre vehículos eléctricos, incluyendo IVA, impuesto selectivo de consumo y derechos arancelarios (Gobierno de Costa Rica, 2022).

En Uruguay, se otorgan beneficios fiscales y reducción de impuestos a la importación de vehículos eléctricos (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2021). En Brasil, ciertos Estados aplican reducciones en el IPVA (Impuesto sobre la Propiedad de Vehículos Automotores) y se impulsan líneas de financiamiento verde (ICCT, 2022). Estos incentivos han contribuido significativamente al crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en dichos países.

Sin embargo, aún existen barreras económicas relevantes, entre estas, los altos costos iniciales de adquisición de vehículos eléctricos, los limitados recursos financieros públicos disponibles para apoyar grandes

inversiones en la electrificación del transporte público e infraestructura de carga, y la falta de instrumentos financieros específicos dirigidos al sector privado para incentivar la inversión en movilidad eléctrica a gran escala.

Políticos e Institucionales

Un factor determinante para el avance de la movilidad sostenible en la región es la estabilidad y continuidad de las políticas públicas. Actualmente, existe una fragmentación política e institucional que limita el alcance y la continuidad de iniciativas estratégicas para la movilidad sostenible. En América Latina y el Caribe es usual observar que las políticas de movilidad eléctrica y sostenible están expuestas a ciclos políticos y cambios gubernamentales, lo que dificulta la implementación estable de estrategias de largo plazo.

Adicionalmente, aún no existe una visión regional unificada para abordar la transición hacia la movilidad eléctrica, aunque sí se identificaron iniciativas subregionales como el Grupo de Trabajo Regional de Vehículos Eléctricos de la Comunidad del Caribe (CARICOM) y el Grupo Técnico de Electromovilidad impulsado por el Sistema de Integración Centroamericana (SICA) que buscan compartir experiencias, lecciones aprendidas y mejores prácticas sobre el uso y desempeño de los vehículos eléctricos; y asesorar al Consejo de Ministros de Energía en asuntos vinculados con la electromovilidad, promoviendo la transición hacia esta tecnología y una movilidad más limpia y sostenible (PNUMA, 2021; SICA, 2023).

Sociales y Territoriales

La desigualdad socioeconómica existente en América Latina y el Caribe es un desafío clave para la adopción equitativa de la movilidad sostenible. La concentración de la infraestructura de carga y vehículos eléctricos en las principales ciudades genera brechas territoriales, limitando el acceso a tecnologías limpias en áreas rurales o ciudades intermedias. Además, el alto costo inicial de estas tecnologías restringe su accesibilidad generando resistencia al cambio.

Este contexto implica la necesidad de abordar políticas de inclusión social, transición justa y acceso equitativo a las nuevas tecnologías, asegurando que las transformaciones en la movilidad sean percibidas como



beneficios colectivos y no privilegios exclusivos. También implica reforzar la conciencia ciudadana sobre los beneficios ambientales, económicos y sociales derivados de una movilidad más limpia y sostenible.

Externos

Los factores externos también influyen de manera decisiva en la coyuntura actual. América Latina y el Caribe enfrentan desafíos relacionados con la dependencia tecnológica y económica respecto a mercados externos, principalmente China, que domina actualmente más del 70% de la cadena global de suministro de baterías eléctricas (AIE, 2022). Esta situación presenta riesgos considerables, pues podría profundizar aún más el rol tradicional de América Latina como exportadora de materias primas sin suficiente valor agregado local. Ante esto, resulta estratégico para la región impulsar políticas regionales que promuevan no solo la diversificación de proveedores tecnológicos sino también el desarrollo endógeno de capacidades industriales propias, fortaleciendo su autonomía tecnológica y reduciendo la vulnerabilidad ante fluctuaciones del mercado global.

Para lograr una movilidad sostenible efectiva en América Latina y el Caribe, es fundamental contar con políticas públicas integradas, coordinadas y consistentes a largo plazo. Una estrategia regional robusta debe ir más allá de los esfuerzos nacionales aislados e incluir acuerdos comerciales que impulsen la producción regional de vehículos eléctricos, baterías y componentes clave. Esto permitiría aprovechar los recursos estratégicos de la región y generar valor agregado local.

En este sentido, un componente clave sería establecer acuerdos comerciales regionales con cuotas específicas para vehículos eléctricos, similares al Acuerdo de Complementación Económica N° 14 (ACE N° 14) entre Argentina y Brasil. Asimismo, sería importante implementar instrumentos arancelarios preferenciales que fomenten la fabricación regional de componentes críticos. Otro pilar esencial es el desarrollo de la infraestructura de carga. Para avanzar en la movilidad eléctrica, se requiere un plan regional integrado que priorice corredores estratégicos de carga rápida, conectando ciudades clave y principales vías de transporte. Esto debe ir acompañado de estándares técnicos unificados que garanticen la interoperabilidad entre países vecinos.

La transición hacia una movilidad sostenible también requiere de una

estrategia educativa y de desarrollo de capacidades técnicas. La región necesita centros especializados de formación en movilidad eléctrica vinculados a universidades, institutos técnicos y al sector privado. Estos centros deben fomentar la cooperación técnica regional y promover el intercambio de experiencias y conocimientos prácticos.

Desde una perspectiva social, es necesario garantizar que esta transformación tecnológica se lleve a cabo de forma justa e inclusiva. La transición no puede dejar atrás a los trabajadores del transporte tradicional ni a las comunidades directamente impactadas por la extracción de minerales críticos. Se requieren políticas públicas que ofrezcan oportunidades de capacitación y reconversión laboral, así como mecanismos de redistribución que aseguren beneficios tangibles para las comunidades afectadas. Este enfoque de transición justa debe ser transversal en los proyectos de movilidad sostenible.

El financiamiento y la inversión también juegan un rol decisivo en la viabilidad de esta estrategia, una alternativa viable sería fomentar alianzas público-privadas (APP) para movilizar capital hacia proyectos clave, especialmente en infraestructura, producción local y desarrollo tecnológico. Además, la creación de fondos regionales específicos para movilidad sostenible permitiría canalizar recursos de financiamiento climático internacional, como los provenientes del Fondo Verde para el Clima.

Finalmente, una transición exitosa exige la creación de espacios de diálogo multiactor que incluyan a gobiernos, sector privado, academia, organizaciones de la sociedad civil y comunidades locales para legitimar las decisiones y asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

Muchos de estos elementos —políticos, técnicos, sociales y financieros— serán desarrollados en mayor profundidad a lo largo de esta primera edición del Libro Blanco con el fin de ofrecer un marco estratégico integral para avanzar hacia una movilidad sostenible y justa en América Latina y el Caribe.

Bibliografía:

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2022). Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- Agencia Internacional de Energía (AIE). (2025). Global EV Outlook 2025: Expanding sales in diverse markets. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). Cadenas de valor de la electromovilidad en América Latina: Oportunidades para el desarrollo regional. <https://publications.iadb.org/es/cadenas-de-va->



- Gobierno de Costa Rica. (2022). Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico N.º 9518. <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2022/ley-de-incentivos-al-transporte-electrico>
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2024, mayo 28). Latin America e-bus market monitor, 2024 [Informe]. <https://theicct.org/publication/es-latin-america-e-bus-market-monitor-2024-may25/>
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2022). Latin America's electric vehicle policy ecosystem. <https://theicct.org/publication/latin-americas-ev-policy-ecosystem/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe. <https://move.accionclimatica-alc.org/4ta-edicion/>
- Sistema de Integración Centroamericana (SICA). (2023). Consejo de Ministros de Energía del SICA destaca avances y logros en proyectos e iniciativas para la implementación de la Transición Energética en la Región. Retrieved from https://www.sica.int/noticias/consejo-de-ministros-de-energia-del-sica-destaca-avances-y-logros-en-proyectos-e-iniciativas-para-la-implementacion-de-la-transicion-energetica-en-la-region_1_132255.html

La Movilidad Sostenible en el resto del Mundo: Estados Unidos, Europa y China

En la actualidad, Estados Unidos, Europa y China representan los tres polos tecnológicos y comerciales más influyentes en el desarrollo global de la movilidad sostenible.

Estados Unidos había canalizado aproximadamente USD 369 mil millones a través del Inflation Reduction Act (IRA) de 2022 para impulsar energía limpia, electrificación del transporte y la producción doméstica de baterías de litio. Sin embargo, a partir del cambio de administración en enero de 2025, se emitió la orden Unleashing American Energy, la cual suspendió todos los fondos pendientes del IRA y revocó programas clave en movilidad sostenible, incluida la infraestructura de carga para vehículos eléctricos (Economic Policy Institute, 2025). La actual administración se ha enfocado en impulsar leyes como la Ley One Big Beautiful Bill, de julio de 2025, que elimina paulatinamente los incentivos fiscales a los vehículos eléctricos, infraestructura de carga y energías limpias antes de lo previsto. Si bien el IRA sigue vigente, su implementación se encuentra en pausa, reorientando la agenda federal hacia combustibles fósiles y políticas energéticas tradicionales.

A nivel estatal, California ha mantenido su mandato de cero emisiones para el año 2035, el cual prohíbe la venta de vehículos nuevos a combus-

tión interna a partir de ese año. Además, ha implementado medidas de apoyo como incentivos para la compra de vehículos eléctricos y la creación de programas como el crédito fiscal federal, el Proyecto de Reembolso de Auto Limpio y Recompensas de Combustibles Limpios. Adicional a esto, California ha creado programas de incentivos para compradores de bajos recursos que cuenten con los requisitos para asegurar que se está apoyando a las poblaciones más vulnerables, entre estos: el Programa de Asistencia de Autos Limpios y el Clean Cars 4 All (California Air Resources Board, s.f.).

Además de sus políticas regulatorias, California también juega un rol estratégico en la cadena de valor de la movilidad eléctrica por su capacidad industrial. En el Estado, se ubica la planta de Tesla en Fremont, la cual es considerada la fábrica automotriz más grande de Estados Unidos. Según el Tesla Impact Report 2022 (Tesla, 2023), esta planta ensambló cerca de 560.000 vehículos en ese año, generando un impacto económico estimado en más de USD 16.600 millones para el Estado y empleando directamente a más de 22.000 personas.

En lo que respecta a la infraestructura de carga, la Ley 2127 de la Asamblea del Estado nombró a la Comisión de Energía de California (CEC) como el ente encargado de evaluar la infraestructura de carga necesaria para alcanzar los ambiciosos objetivos de electrificación que fijó el Estado. Bajo este mandato, la CEC publicó en julio de 2021, la primera evaluación del estado de la infraestructura de carga, la cual determinó que, para respaldar 8 millones de vehículos eléctricos livianos y 180,000 vehículos eléctricos medianos y pesados en 2030 -según sus objetivos-, el Estado necesitaría aproximadamente 1.2 millones y 157.000 cargadores respectivamente. Ante este escenario, la CEC desarrolló una herramienta llamada EVSE Deployment and Grid Evaluation (EDGE), diseñada para identificar ubicaciones adecuadas para instalar infraestructura de carga en función de la capacidad de red disponible y la demanda energética prevista de acuerdo con las proyecciones realizadas (CEC, 2025).

Lo anterior es solo un ejemplo de cómo, a pesar del desincentivo a nivel federal, es posible avanzar hacia la descarbonización desde los gobiernos subnacionales. No obstante, es importante señalar que California cuenta con la capacidad financiera para liderar esta transición. En 2024, su Producto Interno Bruto (PIB) fue de aproximadamente USD 4.1 billones posicionando al Estado como la cuarta economía más grande del mundo,



superando a Japón y por detrás de la economía de Estados Unidos, China y Alemania (California Governor's Office, 2025). Esta capacidad estructural y productiva le permite no solo resistir lo que sucede a nivel nacional, sino también posicionarse como un actor global en esta transición.

En Europa, la movilidad sostenible se ha estructurado bajo el European Green Deal. En este, la Unión Europea ha establecido metas ambiciosas como la prohibición de venta de vehículos a combustión a partir de 2035 —alineado con las políticas estatales de California— y el despliegue obligatorio de estaciones de carga cada 60 km en carreteras principales (European Commission, 2020). Sin embargo, este Green Deal no se limita a establecer metas de mercado o de escalamiento de la infraestructura asociada como en el caso de California, sino también cuenta con un enfoque transversal que incluye justicia social, economía circular y transición laboral justa.

El European Green Deal cuenta con dos iniciativas que incluyen este enfoque integral: la iniciativa Fit for 55 y NextGenerationEU. La primera es la que establece las políticas legislativas, entre ellas la meta de reducción de al menos el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 con respecto a los niveles de 1990, y las metas de electrificación mencionadas anteriormente. Mientras que el NextGenerationEU es una iniciativa que busca acelerar la transición verde y digital, destinando al menos el 37% de los recursos a objetivos climáticos. En la actualidad, muchos Estados miembro han utilizado estos fondos para desplegar infraestructura de carga, modernizar el transporte público, subsidiar la adquisición de vehículos eléctricos e impulsar la industria de baterías y componentes a través de los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (IPEI, por sus siglas en inglés) (European Commission, 2021; European Parliament, 2023).

En lo que respecta a su política internacional, la UE ha adoptado una estrategia global para impulsar la movilidad sostenible. A través del Global Gateway, por ejemplo, la UE está impulsando una estrategia internacional de inversión en infraestructura de transporte limpio, energía y digital, destinada a movilizar hasta 300,000 millones de euros entre 2021 y 2027 (European Commission, 2021). Bajo este marco, la UE ha promovido la cooperación birregional como un vehículo para establecer cadenas de valor resilientes, impulsar la transición energética justa y fortalecer marcos regulatorios conjuntos.

Un ejemplo de esta cooperación, es el memorando de entendimiento firmado en mayo de 2025 entre la UE y OLADE bajo el cual la UE entra como un Observador Permanente dentro del organismo. Este acuerdo refuerza los vínculos institucionales entre ambas regiones y permite a la UE participar en espacios técnicos y políticos clave para el desarrollo energético regional. Además, facilita el intercambio de experiencias y promueve una plataforma para alinear estándares, acelerar proyectos de movilidad sostenible e impulsar inversiones estratégicas en infraestructura y capacidades locales (OLADE, 2025).

Mientras Europa apuesta por un modelo de gobernanza basado en la cooperación y los principios de transición energética justa, China, por el contrario, ha consolidado su liderazgo global a través de una estrategia centrada en el control de la cadena de suministro, la integración vertical y una fuerte intervención estatal que ha impulsado una gran parte de la adopción mundial de vehículos eléctricos. En 2023, aproximadamente el 60% de todas las nuevas matriculaciones en ese año fueron en China, y las proyecciones de la AIE indican que para 2030 esta cuota alcanzará cerca del 80% del mercado local. China no solo domina la producción y venta de estos vehículos en su mercado, sino que también está liderando las exportaciones globales: en 2024, exportó alrededor del 40% del total mundial (AIE, 2025).

Estos avances responden a políticas industriales internas como Made in China 2025, la cual fue lanzada en 2015. Esta política ha sido fundamental para posicionar al país como líder en la industria de vehículos eléctricos. En ella se define a estos vehículos, las baterías de litio, y las tecnologías asociadas, como sectores prioritarios para la autosuficiencia tecnológica y la competitividad global (Kania, 2019). Para aquellos países que cuentan con un sector automotriz importante, esto puede representar una amenaza para sus economías, de hecho, un informe del Consejo Europeo de Relaciones Exteriores advierte que el corazón industrial de Alemania y Europa central corre riesgo ante un “China Shock” en donde las empresas chinas se expanden dentro de la UE para evitar aranceles y podrían hasta llegar a reemplazar redes industriales locales, especialmente dentro del sector automotriz (ECFR, 2025).

Además de su dominio industrial, China también controla una parte significativa del suministro global de minerales críticos necesarios para la fabricación de vehículos eléctricos y baterías. Según la Agencia Interna-



cional de Energía (2024), China refina aproximadamente el 90% de las tierras raras y más del 60% del litio, cobalto y grafito a nivel mundial. Este control le ha permitido asegurar la resiliencia de su cadena de valor interna, reducir su dependencia de proveedores externos y ejercer una influencia estratégica sobre el mercado global de tecnologías limpias.

Para América Latina y el Caribe, el ascenso de China como potencia exportadora representa una ventana de oportunidad estratégica, ya que puede brindar disponibilidad de modelos más asequibles, especialmente en segmentos de flotas públicas, transporte comercial y vehículos particulares. De hecho, una gran parte de los vehículos eléctricos que ingresan actualmente al mercado latinoamericano utilizan el estándar tecnológico GB/T desarrollado por el gobierno de China. Esta situación no solo reduce los costos de entrada al usuario final, sino que también favorece a la consolidación del estándar chino en la región. Esto puede tener implicaciones a largo plazo en términos de interoperabilidad de la infraestructura de carga y dependencia tecnológica.

En resumen, el panorama de la movilidad sostenible en los tres polos tecnológicos más relevantes es diverso y está en constante transformación. Estados Unidos demuestra cómo los gobiernos subnacionales pueden sostener y expandir políticas de movilidad sostenible incluso cuando el apoyo federal disminuye. Europa destaca por su estrategia integral que combina metas climáticas internas con una política exterior que promueve la cooperación y la construcción de cadenas de valor sostenibles respetando los derechos humanos. Y China destaca por su liderazgo industrial impulsado por una fuerte planificación estatal y un control estratégico de los insumos clave para la transición energética. Estos tres modelos presentan rutas diversas que América Latina y el Caribe pueden observar críticamente para construir una movilidad sostenible adaptada a sus propias realidades sociales, institucionales y productivas.

Bibliografía:

- Economic Policy Institute. (2025, enero 24). *Trump's executive order rescinds key clean energy provisions of the Inflation Reduction Act*. <https://www.epi.org/policywatch/unleashing-american-energy-executive-order-rescinding-eo-14037-strengthening-american-leadership-in-clean-cars-and-trucks/>
- California Air Resources Board. (s. f.). Los autos y las camionetas ligeras serán eléctricos – Preguntas frecuentes. <https://ww2.arb.ca.gov/es/resources/documents/los-autos-y-las-camionetas-ligeras-seran-electricos-preguntas-frecuentes>
- Tesla, Inc. (2023). *Tesla Impact Report 2022*. https://www.tesla.com/ns_videos/2022-tesla-impact-report.pdf
- Office of the Governor of California. (2025, 23 de abril). *California is now the 4th largest economy in the world*. <https://www.gov.ca.gov/2025/04/23/california-is-now-the-4th-largest-economy-in-the-world/>

- European Commission. (2020). *Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0789>
- European Commission. (2021). *NextGenerationEU: Recovery plan for Europe*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/recovery-plan-europe_en
- European Parliament. (2023). *Climate action in the EU: Fit for 55 package*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20211007STO13914/fit-for-55-eu-climate-package-explained>
- **European Commission.** (2021). *Global Gateway: up to €300 billion for the European Union's strategy to boost sustainable links around the world*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_6433
- OLADE. (2025, mayo). *Unión Europea y la Organización Latinoamericana de Energía suscriben importante acuerdo*. <https://www.olade.org/noticias/union-europea-y-la-organizacion-latinoamericana-de-energia-suscriben-importante-acuerdo/>
- International Energy Agency. (2025). *Global EV Outlook 2025: Expanding sales in diverse markets*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- Kania, E. B. (2019). *Made in China 2025, explained*. Center for a New American Security (CNAS). <https://www.cnas.org/publications/reports/made-in-china-2025-explained>
- European Council on Foreign Relations (ECFR). (2025, 15 mayo). *Electric shock: The Chinese threat to Europe's industrial heartland*. <https://ecfr.eu/publication/electric-shock-the-chinese-threat-to-europes-industrial-heartland/>
- Agencia Internacional de Energía. (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>





Actualidad de la Movilidad Sostenible en ALC

Introducción

El tamaño del parque vehicular eléctrico liviano en la región de América Latina y el Caribe (ALC), ha tenido una trayectoria de crecimiento exponencial durante los últimos cuatro años, duplicándose en promedio cada año hasta alcanzar una cantidad cercana a las 444,071 unidades en circulación a finales del 2024, lo que representa un crecimiento en más de 25 veces respecto a los valores registrados en 2020 y casi triplicándose entre 2023 y 2024.

Este rápido crecimiento responde entre otras cosas, a la implementación de políticas públicas en los países de ALC, que buscan alcanzar las metas de descarbonización de sus economías y de sus sistemas energéticos en cumplimiento de sus compromisos internacionales de mitigación del cambio climático recogidos como metas en sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs por su sigla en inglés), de las cuales aproximadamente el 75% identifican el transporte como una fuente importante de reducción de emisiones de GEI, y tres NDCs especifican objetivos para reducir las emisiones de GEI en el transporte.

Asimismo, se destaca que el desarrollo de la electromovilidad va de la mano con la mejora del índice de renovabilidad de la matriz de generación eléctrica en la mayoría de los países de la región, debido a la importante penetración de tecnologías de generación limpia no convencional como la eólica y la solar fotovoltaica. Además, el avance en la tecnología de fabricación de autos eléctricos, el incremento de la oferta de fabricantes y el abaratamiento de las baterías, han determinado que el costo para la adquisición de este tipo de vehículos se hace cada vez más competitivo con relación a los autos de combustión de similares prestaciones. Otros mecanismos de promoción, como la mejora en la infraestructura de carga y la promulgación de leyes de incentivo en América Latina y el Caribe, han permitido mitigar algunas de las brechas y desafíos que aún existen y seguir avanzando hacia una movilidad sostenible.

En cuanto a la regulación, en términos generales se observa que en la mayoría de los países existen marcos normativos que promueven la movilidad eléctrica en menor o mayor avance, lo cual permite indicar que existen casos muy exitosos y cuyas experiencias pueden ser replicadas en otros países, lo que constituye un potencial en la región. Del análisis se deduce que uno de los retos que tiene la región, es la infraestructura de carga, especialmente el tema de interoperabilidad



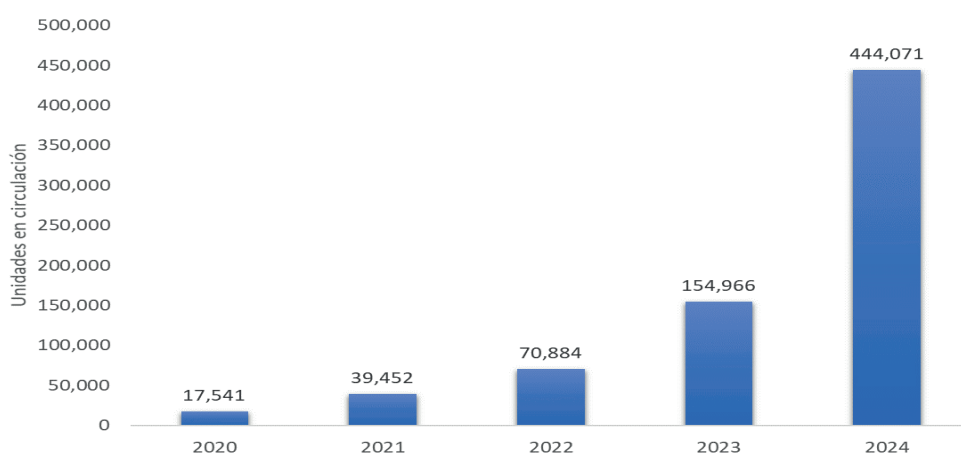
a través de la estandarización de la comunicación auto/red, la cual aún es incipiente. Asimismo, se observa que, en la mayoría de los países analizados, existen incentivos a través de subsidios para la compra de vehículos eléctricos y existen exenciones en cuanto a reducción de impuestos de importación. Por otra parte, aproximadamente el 40% de los países estudiados, tienen tarifa eléctrica preferencial.

Datos estadísticos de electromovilidad en ALC

Parque vehicular liviano electrificado en América Latina y el Caribe

En concordancia con las tendencias mundiales, la incorporación de vehículos electrificados, específicamente de BEV y PHEV al parque vehicular liviano en la región de ALC, ha experimentado en los últimos años un crecimiento exponencial, llegando a casi triplicarse entre 2023 y 2024. Con 444.071 unidades registradas a finales de 2024 de este tipo de vehículos, se estaría alcanzando un 0.3% del tamaño total del parque vehicular liviano de la región. *Ver Figura 1.*

Figura 1. Evolución del parque vehicular liviano electrificado 2020 – 2024

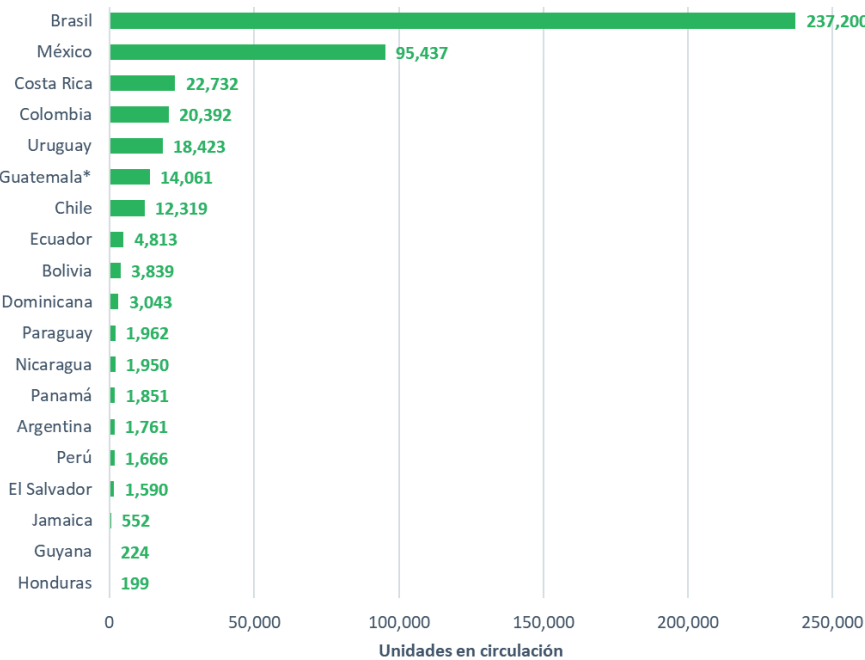


Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Ranking de los países de ALC por el tamaño de su parque vehicular eléctrico liviano

A diciembre de 2024, Brasil se destaca como el país de ALC, con el mayor número de vehículos livianos electrificados, alcanzando las 237,200 unidades, lo que representa más del 50% del número total de este tipo de vehículos circulando en ALC a esa fecha. Le sigue México, con 95,437 unidades y luego Costa Rica, Colombia y Uruguay con cantidades cercanas a las 20,000 unidades. *Ver Figura 2.*

Figura 2. Ranking de los países con mayor número de vehículos eléctricos livianos a diciembre de 2024.



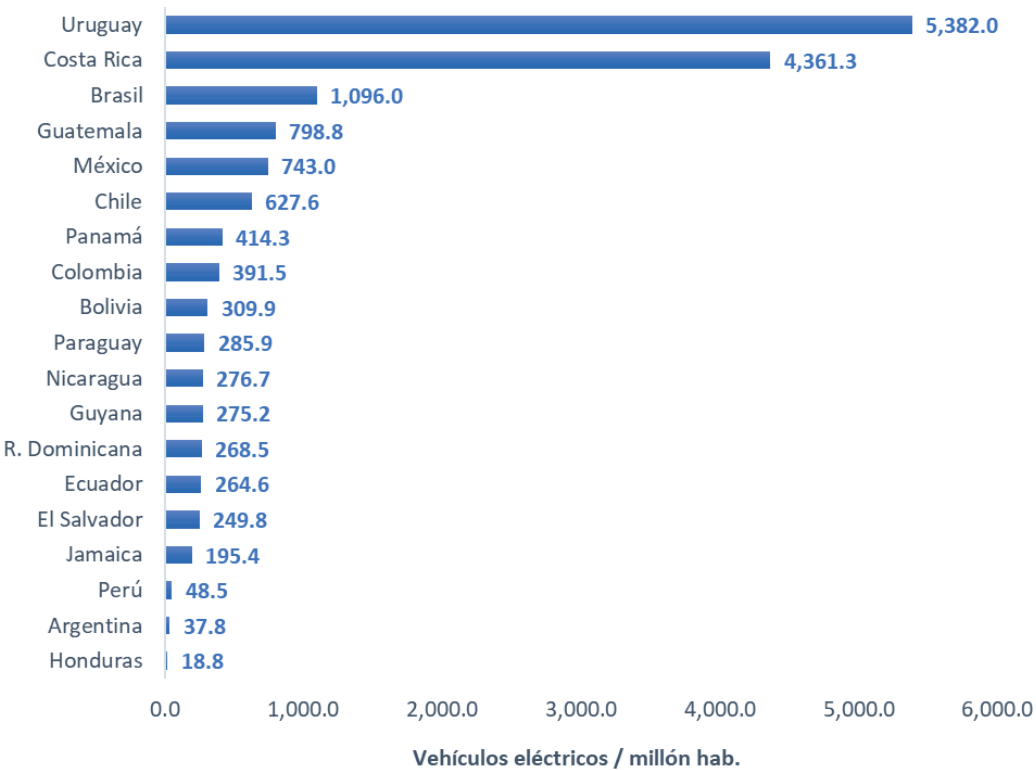
(*) El dato para Guatemala corresponde a vehículos eléctricos más híbridos.

Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

En términos relativos a su población, los países con mayor número de vehículos eléctricos livianos per cápita a diciembre de 2024, son Uruguay, Costa Rica, Brasil, Guatemala y México. *Ver Figura 3.*



Figura 3. Ranking de los países con mayor número relativo de vehículos eléctricos livianos, respecto a su población a diciembre de 2024



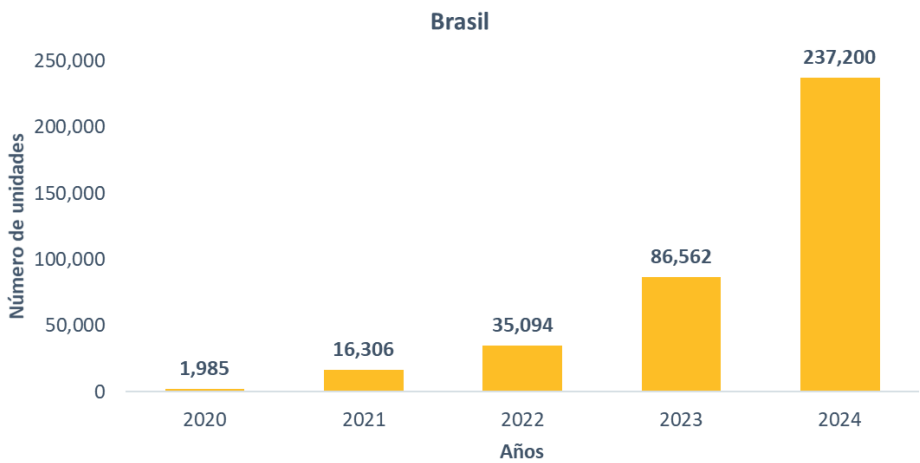
Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Evolución del parque vehicular electrificado liviano en los 10 países de ALC con presencia más significativa de la electromovilidad

Brasil

Brasil se ha convertido en el mayor mercado para vehículos eléctricos, lo que ha permitido que el número de estos vehículos en circulación, se incremente en 119 veces en los últimos 4 años. Además, algunas empresas fabricantes internacionales de este tipo de vehículos, principalmente chinas como BYD, han instalado sus plantas de producción en este país.

Figura 4. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Brasil 2020-2024



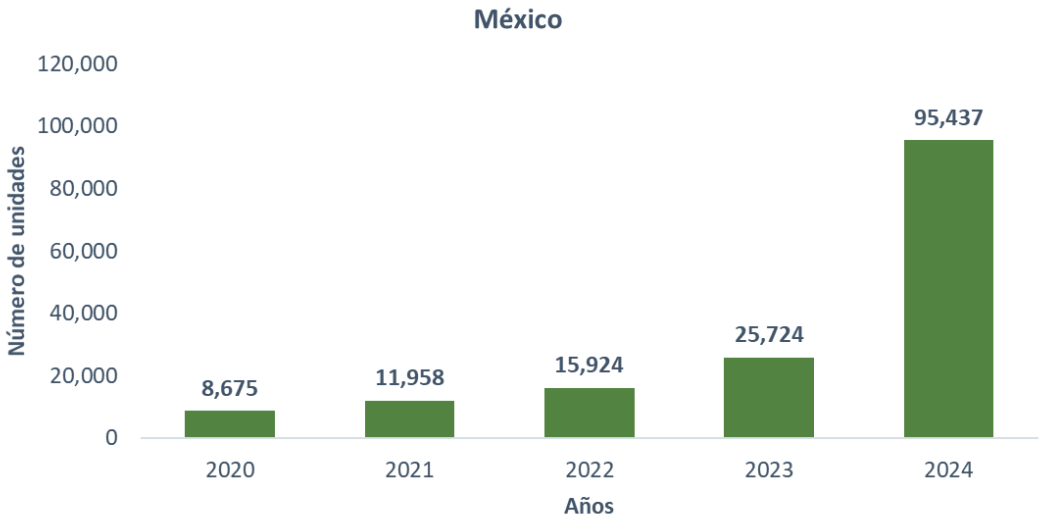
Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

México

En México el tamaño del parque vehicular liviano electrificado se ha disparado sobre todo entre 2023 y 2024 con un crecimiento de 271%, es decir que casi se ha triplicado, como se observa en la Figura 5, ubicándose como el segundo mercado en importancia para este tipo de vehículos en ALC. Además, gracias a la gran capacidad de manufactura de vehículos que tiene el país, le permite incursionar en la fabricación de automóviles eléctricos, no solo para abastecer el mercado nacional sino también para exportar tanto a mercado regionales como extra regionales.



Figura 5. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en México 2020-2024

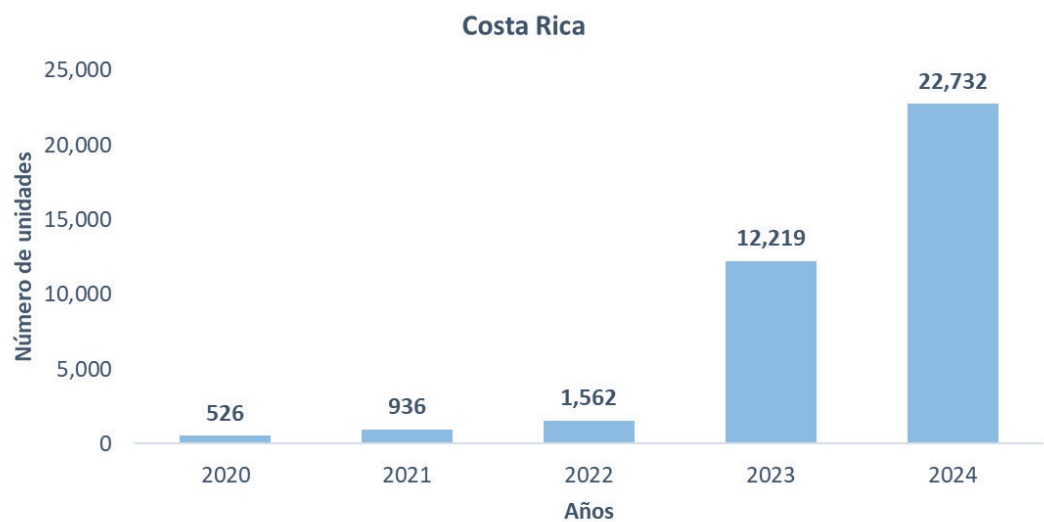


Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Costa Rica

Costa Rica pese a su pequeña extensión territorial y baja población, ha alcanzado en 2024 el tercer puesto en la región de ALC, en cuanto a número de vehículos electrificados en circulación, con un crecimiento vertiginoso en la venta de este rubro, principalmente en 2023 y 2024 donde el crecimiento del total de unidades en circulación fue de 682% y 86% respectivamente. Este alto crecimiento se debe principalmente a la combinación de incentivos fiscales, competitividad del mercado y una gran expansión de la infraestructura de carga, aunque para el 2025, un incremento en el IVA y los impuestos a las importaciones de este tipo de vehículos podría ralentizar sus ventas.

Figura 6. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Costa Rica 2020-2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

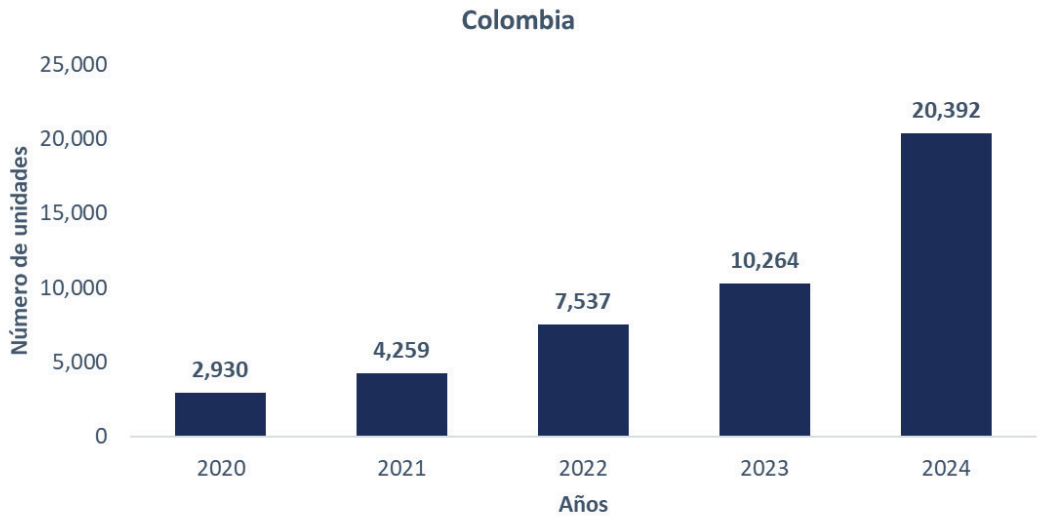
Colombia

En Colombia al igual que en la mayoría de los países de ALC, el crecimiento del parque vehicular liviano electrificado en los últimos 4 años ha sido exponencial, con un incremento de casi el 100% en el último año. Sin embargo, una de las barreras que todavía obstaculiza el mayor crecimiento de dicho parque vehicular, es la insuficiente disponibilidad de estaciones y puntos de carga y de las redes eléctricas para abastecerlas de energía.

Colombia cuenta también con la potencialidad para convertirse en productor de componentes para la fabricación de vehículos eléctricos y baterías, gracias a la disponibilidad de recursos minerales como el níquel y el cobre.



Figura 7. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Colombia 2020-2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

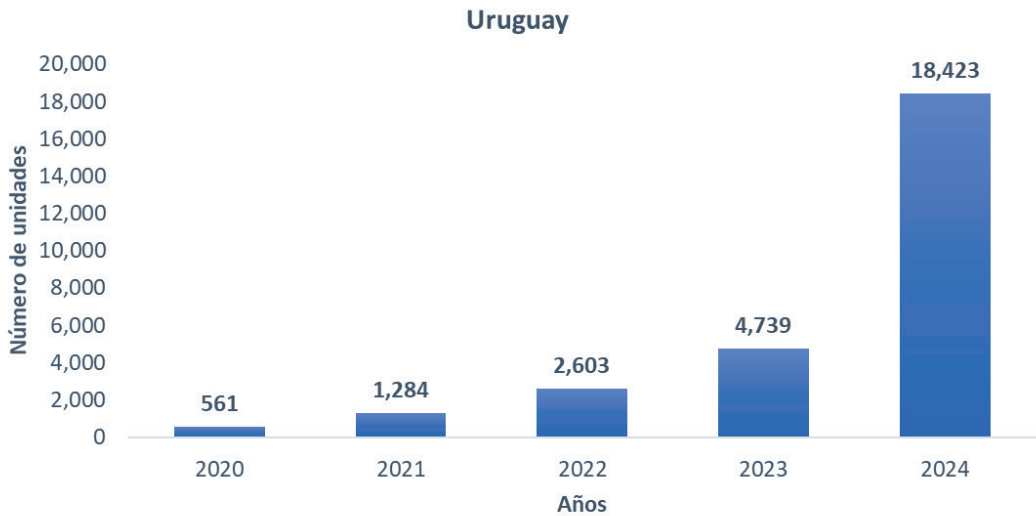
Uruguay

Uruguay al igual que Costa Rica, destaca por ser un país de pequeño tamaño territorial y baja población, pero con un número muy significativo de unidades de vehículos livianos electrificados en circulación, ocupando el quinto lugar en la región en este aspecto.

Al igual que en otros países de la región, en el 2024, el crecimiento del parque vehicular liviano electrificado en Uruguay fue sustancial, cuadruplicándose respecto al del 2023, con excelentes perspectivas de crecimiento para el 2025, ya que, durante el primer trimestre del 2025, el número de vehículos 100% eléctricos (BEV) vendidos, es el triple de las ventas durante el mismo período del 2024.

Si bien el mercado uruguayo, puede ser en términos absolutos limitado para este segmento en comparación a otros países de la región con mayor población, ha demostrado tener una gran receptividad para la innovación tecnológica en las modalidades eficientes y sostenibles de transporte.

Figura 8. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Uruguay 2020-2024



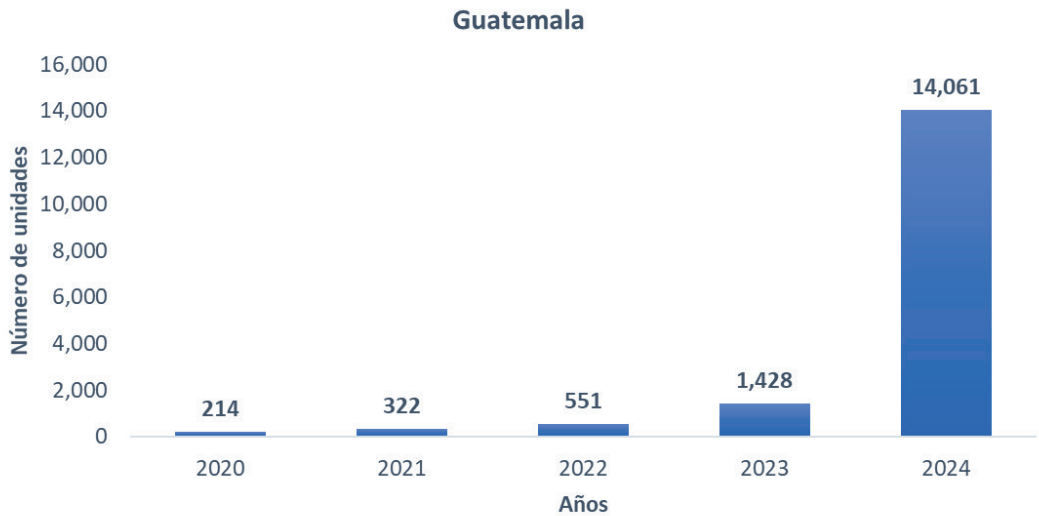
Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Guatemala

Guatemala es otro de los países donde el 2024, fue un año de incremento rotundo en las ventas de autos eléctricos livianos y por ende de la cantidad de unidades de este tipo de vehículos en circulación, multiplicándose por alrededor de 10 el número de unidades que circulaban en 2023. Esto se debe principalmente a los incentivos fiscales y a la expansión de la infraestructura de carga. Ver Figura 9.



Figura 9. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Guatemala 2020-2024

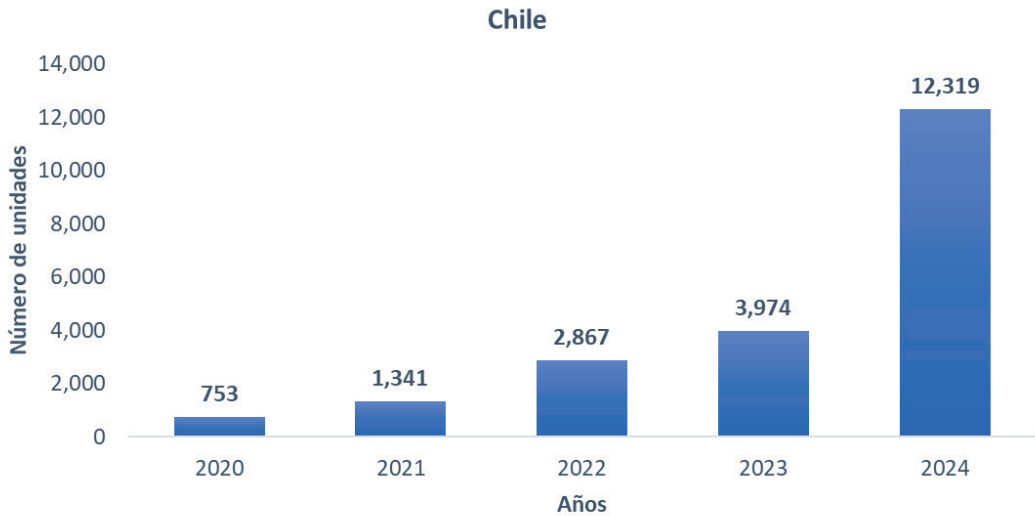


Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Chile

En Chile el número de autos eléctricos livianos en 2024, se triplicó respecto al 2023, siendo uno de los países de la región que mayores incentivos brinda para la electromovilidad. Aunque el avance en la electrificación del parque vehicular liviano en Chile es importante, este país se destaca más por la electrificación del transporte público, ya que ocupa el primer lugar en la región en número de buses eléctricos en circulación.

Figura 10. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Chile 2020-2024



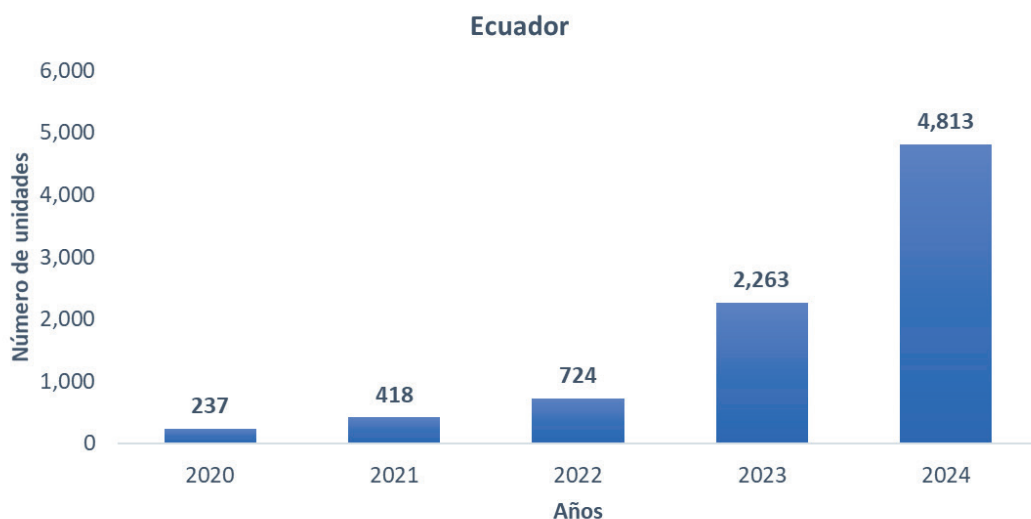
Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Ecuador

En el Ecuador, el número de unidades de automóviles livianos eléctricos en circulación se duplicó entre 2023-2024. Aunque el país tiene algunos incentivos para promover la electromovilidad, la principal barrera para la masificación de ese tipo de vehículos es la todavía precaria infraestructura de carga existente. Ver Figura 11.



Figura 11. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Ecuador 2020-2024

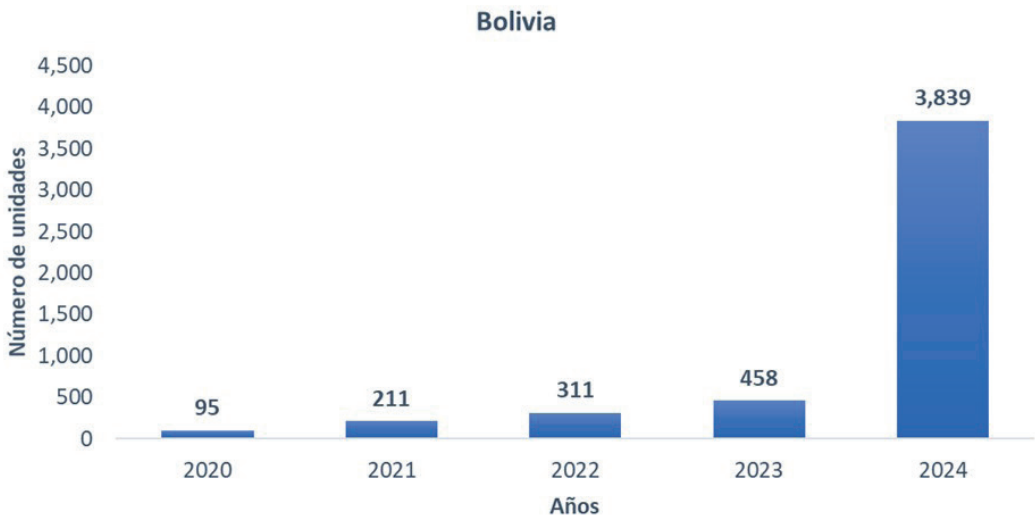


Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Bolivia

Bolivia dio un vertiginoso salto en el tamaño de su parque de VEs entre 2023 y 2024, siendo uno de los países de ALC que mayor crecimiento presentó entre estos años, fruto de las políticas e incentivos que se encuentra implementando el Gobierno. Bolivia cuenta, además, con su propia marca de vehículo eléctrico, el Quantum, de fabricación nacional.

Figura 12. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en Bolivia 2020-2024



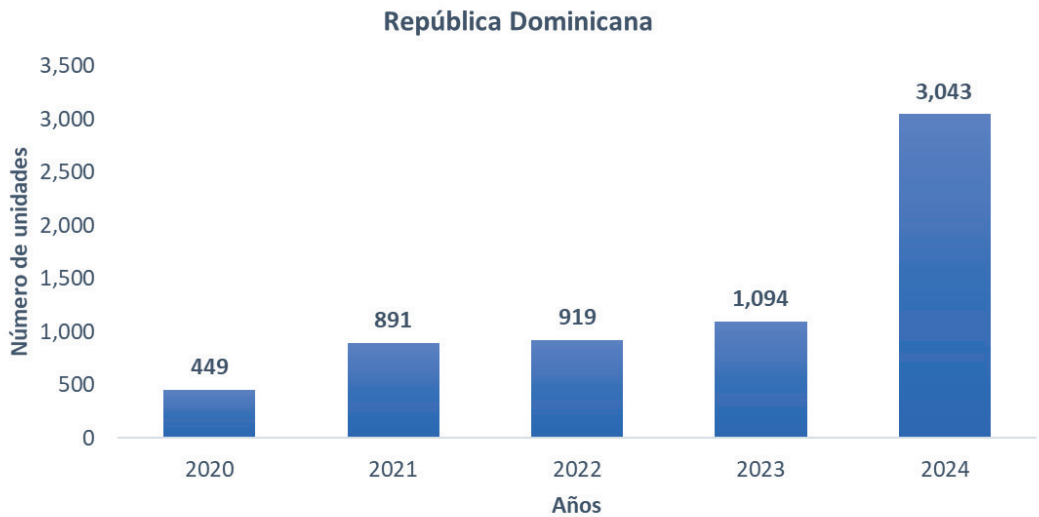
Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

República Dominicana

Como se observa en la Figura 13, el tamaño del parque vehicular liviano electrificado en República Dominicana, casi se triplicó entre 2023 y 2024. Además de formar parte de los 10 países con mayor tamaño de su parque vehicular liviano electrificado en ALC, República Dominicana se destaca por ser uno de los países de la región que más incentivos tributarios brinda para impulsar la electromovilidad.



Figura 13. Evolución del parque de automóviles electrificados livianos en República Dominicana 2020-2024

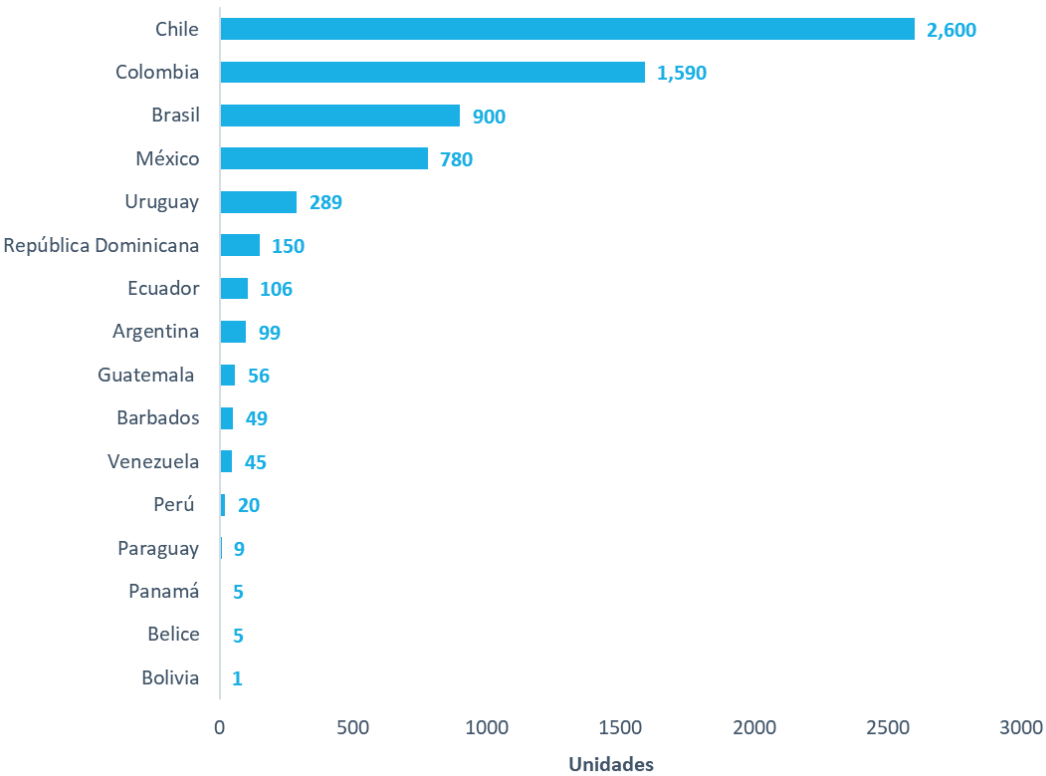


Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Ranking de los países de ALC con mayor número de buses eléctricos a diciembre de 2024

El desarrollo de la electromovilidad en ALC, también involucra a los sistemas de transporte público. El ranking de los países con mayor número de buses eléctricos lo lidera Chile seguido de Colombia, quedando en los tres siguientes puestos Brasil, México y Uruguay. La región de ALC, a diciembre de 2024, tiene una flota de buses eléctricos de 6,704 unidades, evidenciando un 32% de incremento respecto al cierre del 2023. Ver *Figura 14*.

Figura 14. Ranking de los países con mayor número de buses eléctricos a diciembre de 2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Evolución del parque de buses electrificados en los cinco países de ALC con mayor presencia

Chile

Vale la pena destacar que Chile, no solo lidera el ranking de los países de ALC con mayor número de buses eléctricos en circulación, sino que ocupa el segundo puesto a nivel mundial después de China. Además, según anuncios del gobierno chileno, se prevé que, al cierre de 2025, las dos terceras partes de todos los buses que operan en Santiago serán eléctricos, lo que significa un parque de 4.400 unidades.



Colombia

Por su parte Colombia, apuesta también firmemente para convertirse en un referente regional y mundial en transporte público eléctrico, comenzando ya en 2025, el ensamblaje de buses biarticulados eléctricos de la marca china BYD.

Brasil

Brasil, pese a que en 2024 ocupó el tercer puesto en la región en número de buses eléctricos en circulación, por detrás de Chile y Colombia, tiene el potencial de convertirse en el corto plazo en el principal mercado regional para este tipo de vehículos, en gran parte por la capacidad de producción de su industria nacional y el impulso que brinda en este país la Alianza Zebra, acrónimo de “Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator” integrada por el “International Council on Clean Transportation (ICCT)” y C40 Cities.

México

La Ciudad de México cuenta con la flota de buses eléctricos articulados más grande de América Latina y una de las más grandes a nivel mundial. Mediante el apoyo de la Alianza Zebra, el sistema BRT de la Ciudad de México (Metrobus), planea electrificar toda su flota de buses hasta el 2035.

Uruguay

Uruguay en 2024, logró posicionarse dentro del “Top 5” de los países con mayor número de buses eléctricos en circulación, con la visión de alcanzar una participación de este segmento en el parque de buses total del país, del 50% al 2030 y del 100% al 2040.

Estaciones de carga públicas en ALC a diciembre de 2024

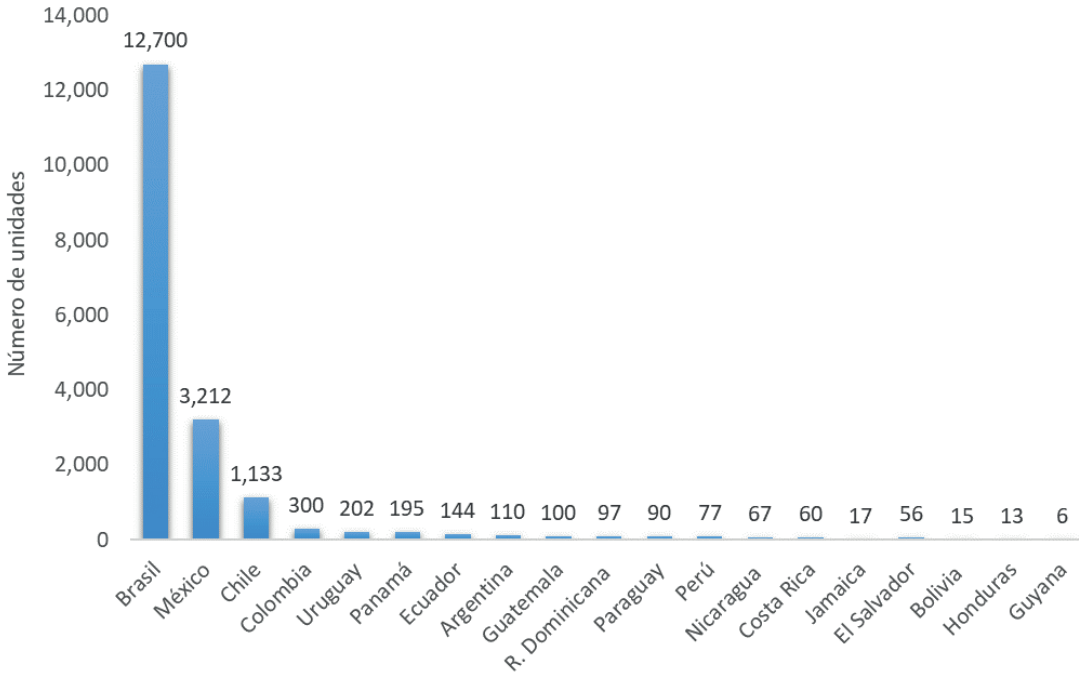
Con el incremento del parque vehicular eléctrico, surge la necesidad de incrementar el número de estaciones de carga públicas. A diciembre de 2024, la región de ALC, alcanzó la cifra de 18,594 estaciones de carga, concentradas en un 92% en Brasil, México y Chile, mientras que los otros 24 países solo tienen, en conjunto, el 8% del total regional. Esto constituye una de las principales brechas o barreras que enfrentan los países de ALC, para masificar la venta y uso de vehículos eléctricos, principalmente de los BEV.

El déficit de estaciones de carga surge del círculo vicioso que se produce entre la oferta y la demanda de este servicio que generalmente se delega su implementación al sector privado. Al no existir todavía una demanda lo suficientemente alta por parte de los usuarios de la electromovilidad, no se considera todavía la instalación de estaciones de carga pública como un negocio costo efectivo para los inversionistas; y al mismo tiempo, al no existir la suficiente infraestructura de carga, se frena la adopción de vehículos eléctricos, sobre todo para el recorrido de grandes distancias.

Otros aspectos que de alguna manera frenan también el incremento en la oferta de estaciones de carga pública, son la tramitología para obtener los correspondientes permisos de instalación, la regulación de las tarifas y los requisitos de interoperabilidad y digitalización, temas que se los tratan de manera más detallada en el **capítulo IV** de esta publicación.



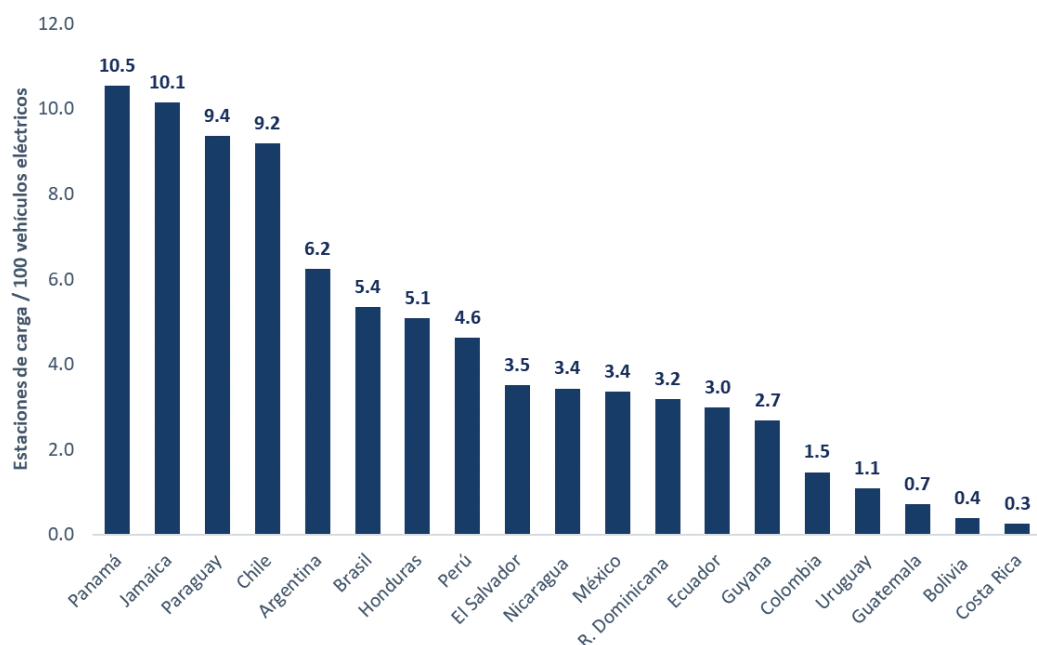
Figura 15. Ranking de los países con mayor número de estaciones de carga públicas a diciembre de 2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

En cuanto al número relativo de estaciones de carga respecto a la cantidad de vehículos eléctricos en circulación, los países que más se destacan son Panamá, Jamaica, Paraguay, Chile, Argentina y Brasil, mientras que algunos países con un importante parque vehicular eléctrico, como Colombia, Uruguay y Costa Rica, quedan en los últimos lugares, por tener relativamente un número reducido de estaciones de carga en comparación al tamaño de su parque vehicular electrificado y las dimensiones físicas de cada país.

Figura 16. Países con mayor número de estaciones de carga públicas por cada 100 vehículos eléctricos a diciembre de 2024



Fuente: Elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

Regulación para la movilidad sostenible

Con el fin de promover el desarrollo y avance de la electromovilidad en los países de ALC, los gobiernos han venido implementando una serie de instrumentos normativos con incentivos para el uso de esta tecnología de transporte, tales como: exenciones tributarias, tarifas preferenciales de la energía para vehículos eléctricos, exoneración de restricciones de movilidad y facilidades de parqueo en espacio público.

También se ha incluido el tema de la electromovilidad en la promulgación de leyes sectoriales, como las que promueven la eficiencia energética y la protección ambiental; y se están impulsando acuerdos internacionales sobre interoperabilidad y estandarización de los sistemas de carga de baterías de los autos eléctricos, impulsando la creación de corredores de movilidad limpia regionales.

En el ámbito de los instrumentos de la promoción de la electromovilidad nos enfocaremos en los siguientes instrumentos:



- 1) Subsidio al valor de compra, corresponde a incentivo económico otorgado por el Estado o entidades privadas para reducir el costo de adquisición de vehículos eléctricos.
- 2) Exención / reducción de impuesto de importación, se refiere a la eliminación o disminución de aranceles o impuestos aplicables a la importación de vehículos eléctricos, sus componentes (como baterías) o estaciones de carga.
- 3) Exención de peajes / parqueaderos, consiste en permitir que los vehículos eléctricos accedan de forma gratuita o con tarifa reducida a peajes, estacionamientos públicos o zonas de parqueo regulado.
- 4) Exención de restricción vehicular, permite que los vehículos eléctricos estén exentos de medidas de restricción a la circulación como el “pico y placa” o “no circula”.
- 5) Tarifa eléctrica preferencial, es una tarifa reducida en el costo por kWh aplicada al consumo eléctrico destinado a la carga de vehículos eléctricos.
- 6) Regulación de centros de carga, hace referencia al conjunto de normas técnicas, de seguridad y administrativas que rigen la instalación, operación y mantenimiento de estaciones de carga eléctrica.
- 7) Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, es un plan o política pública integral diseñada por un gobierno para fomentar el desarrollo y adopción de la movilidad eléctrica.

En las siguientes tablas, se pueden observar los instrumentos e incentivos que han implementado los diferentes países de ALC en la materia. El visto verde significa que el país lo tiene, la x roja que no lo tiene y la barra amarilla que el ítem está levemente desarrollado.

Tabla 01. Instrumentos de promoción de la electromovilidad

PAÍS/INCENTIVO	SUBSIDIO AL VALOR DE COMPRA	EXENCIÓN/ REDUCCIÓN DE IMPUESTO DE IMPORTACIÓN	EXENCIÓN DE PEAJES/ PARQUEADEROS	EXENCIÓN DE RESTRICCIÓN VEHICULAR	TARIFA ELÉCTRICA PREFERENCIAL	REGULACIÓN CENTROS DE CARGA	ESTRATEGIA NACIONAL DE MOVILIDAD ELÉCTRICA
Argentina	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Bolivia	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
Brasil	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓
Chile	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Colombia	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓
Costa Rica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ecuador	✓	✓	✓	—	✓	✗	✓
El Salvador	✓	✓			✗	✗	✗
Guatemala	✓	✓			✗	✓	
Jamaica	✗	✓	✗	✗	✓	—	✓
México	✓	✓	—	✓	✓	✓	—
Panamá	✗	✓	✗	✗	✗	✓	—
Paraguay	✓	✓	—	✓	✗	✓	✓
Perú	—	✗	—	✗	✗	✗	✗
Uruguay	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓

Fuente: OLADE, elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

En la Tabla 01, se detalla cada uno de los incentivos que han permitido promocionar los vehículos eléctricos dentro de los países incluidos en este análisis. Además, este tipo de información permite conocer acerca de los avances tomados por parte de cada uno de los Estados frente a la inclusión de los vehículos eléctricos dentro de su planta automotriz, con el fin de promover el uso y compra de autos eléctricos.

En resumen, la situación de los países analizados en términos de incentivos a la electromovilidad es la siguiente:

- **Argentina**, aun no presenta avances en la promoción de la electromovilidad en el país.
- **Bolivia** aún no presenta avances normativos en materia de exención de peajes, restricción vehicular ni en el establecimiento de una estrategia nacional de movilidad eléctrica. Actualmente, los vehículos eléctricos deben pagar los peajes establecidos y circulan por las vías del país en igualdad de condiciones con los vehículos de combustión interna.



En contraste, el país ha dado pasos importantes en otros frentes. La Ley N.º 1151 de Movilidad Eléctrica/2019 (Asamblea Legislativa Plurinacional, 2019) contempla subsidios aplicables al valor de compra de vehículos eléctricos. Asimismo, el Decreto Supremo N.º 4539 (Arce, 2019) establece incentivos tributarios y financieros para la importación, ensamblaje y adquisición de vehículos eléctricos e híbridos. Respecto a la tarifa eléctrica preferencial, esta se encuentra regulada mediante la Resolución AETN N.º 480/2021 (Sedano, 2021), que fija las tarifas máximas de comercialización por kWh en estaciones de recarga públicas, diferenciando por tipo de cargador y bloque horario.

En cuanto a la regulación de centros de carga, la Resolución AETN N.º 479/2021 (Sedano Julia, 2021) establece el Reglamento Técnico y de Seguridad para Instalaciones de Recarga de Vehículos Eléctricos, mientras que la Resolución AETN N.º 473/2021 (Montaño, 2022) define los procedimientos y requisitos para la autorización de instalaciones de recarga eléctrica.

- **Brasil** cuenta con una de las estructuras normativas más completas en materia de movilidad eléctrica en la región, posicionándose como uno de los países pioneros en este ámbito. No obstante, aún se encuentra pendiente la implementación de beneficios como la exención o descuentos en peajes para vehículos eléctricos.

En relación con el subsidio al valor de compra, actualmente no existen incentivos directos al consumidor final. Sin embargo, se ha implementado el programa federal Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), el cual promueve la innovación tecnológica y la eficiencia energética mediante incentivos fiscales dirigidos a fabricantes e inversionistas que cumplan estándares de bajas emisiones y reciclabilidad. Este programa fue recientemente reforzado por la Ley N.º 15.071/2024 (Barbosa Luciana, 2024), que consolida su marco tributario y operativo para fomentar la electromovilidad.

En cuanto a la exención o reducción de impuestos a la importación, Brasil aplica la medida CAMEX/GECEX (GECEX-CAMEX, 2025) emitida en 2023, mediante la cual se regula la reintroducción gradual del Impuesto de Importación (II) sobre vehículos eléctricos, tras haber estado exento desde 2015 hasta finales de 2023.

Respecto a la exención de restricciones vehiculares, destaca la Ley Municipal N.º 15.997/2014 (Haddad Fernando, 2014), vigente en São Paulo, que exime del esquema de rodizio vehicular a los vehículos 100 % eléctricos, híbridos eléctricos y aquellos impulsados por hidrógeno.

Sobre el régimen tarifario, la Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) emitió la Resolução Normativa N.º 819/2018 (ANEEL, 2018), que permitió por primera vez la comercialización de servicios de recarga para vehículos eléctricos. Posteriormente, la Resolução Normativa N.º 1.000/2021 (ANEEL, 2021) consolidó el marco regulatorio de distribución de energía, estableciendo la recarga como una prestación permitida con cobros a precios de mercado, sin sujeción a regulación tarifaria estatal.

En lo que respecta a la regulación de centros de carga, el país exige que las estaciones de recarga cuenten con certificación del Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), conforme a la norma técnica ABNT NBR IEC 61851-1:2021, la cual garantiza condiciones de interoperabilidad y seguridad. Finalmente, la Ley N.º 14.902/2024 (Rebelo Luis, 2024) refuerza el Programa MOVER estableciendo metas obligatorias de eficiencia energética, reciclabilidad y reducción de emisiones de CO₂ para vehículos, aplicables a partir de junio de 2025 y con proyección hasta el año 2030–2031. Esta legislación también contempla requisitos técnicos específicos para la comercialización e importación de vehículos eléctricos e híbridos.

- **Chile**, a pesar de ser un referente regional en materia energética, aún no contempla un subsidio directo al valor de compra de vehículos eléctricos (VE). Asimismo, no cuenta con un régimen impositivo diferenciado para la importación de este tipo de vehículos, ni con tarifas reducidas en el cobro de peajes para su circulación. No obstante, el país sí ha implementado medidas significativas en otras áreas clave. La exención de restricción vehicular para vehículos eléctricos y vehículos híbridos enchufables está contemplada en la Resolución Exenta N.º 1555/2020 (Roldán Eddy, 2020) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, la cual los exceptúa del sistema de restricción vehicular en la Región Metropolitana de



Santiago.

En cuanto a la tarifa eléctrica preferencial, Chile opera bajo un sistema de tarifas reguladas fijadas por el Ministerio de Energía, las cuales se establecen con una vigencia de cuatro años. Aunque no existe una tarifa exclusiva para la recarga de vehículos eléctricos, se prevé su inclusión futura en esquemas de distribución diferenciada.

Respecto a la infraestructura de carga, el país ha avanzado con normativas técnicas específicas. El Pliego Técnico N.º 15/2020 (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2024) regula los requisitos mínimos de seguridad, diseño, compatibilidad electromagnética y protección eléctrica para cargadores públicos y privados. Complementariamente, la Resolución Exenta N.º 33.675 (Ávila, 2020) establece que todos los sistemas de alimentación eléctrica y cables utilizados en la recarga de VE deben contar con aprobación previa por parte de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Finalmente, en el marco de la Estrategia Nacional de Electromovilidad, Chile ha definido metas ambiciosas: a partir del año 2035 (Ministerio de Energía, 2021b), todos los vehículos livianos nuevos vendidos en el país deberán ser 100 % eléctricos, y se proyecta que al menos el 40 % del parque vehicular privado esté electrificado para el año 2050.

- **Colombia** se posiciona como uno de los países pioneros en la región en la promoción de la electromovilidad, al contar con un marco normativo integral que impulsa la adopción de vehículos eléctricos (VE). Actualmente, la única área pendiente de implementación corresponde a la tarifa eléctrica preferencial para propietarios de VE; el resto de los instrumentos clave ya han sido desarrollados por el Estado.

En cuanto al subsidio al valor de compra, la Ley 1964 de 2019 (Ley de Movilidad Eléctrica) (Suárez, 2019) establece un conjunto de incentivos dirigidos a fomentar la adquisición de VE, incluyendo exenciones tributarias, deducciones fiscales y otros beneficios para los usuarios. Por su parte, la exención o reducción del im-

puesto de importación está reglamentada en el Decreto 1116 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2017) de 2017, el cual fija un arancel del 0 % para vehículos eléctricos y tarifas reducidas para híbridos, sujetos a contingentes anuales limitados.

Respecto a la exención de peajes y beneficios en estacionamientos, la misma Ley 1964 de 2019 determina en su Artículo 7 que los municipios de categoría especial, primera o segunda (según Ley 617 de 2000) deben asignar al menos el 2% de sus plazas de parqueo público y privado para vehículos eléctricos. Además, ciudades como Bogotá y Medellín han eximido a vehículos eléctricos e híbridos del esquema de restricción vehicular (pico y placa), conforme a lo dispuesto en dicha ley.

En el ámbito de la infraestructura de carga, la Resolución 40223 de 2021 (Régimen Legal de Bogotá D.C, 2021), emitida por el Ministerio de Minas y Energía, establece los requisitos técnicos mínimos para las instalaciones de carga eléctrica, abordando aspectos como estandarización, calidad del servicio, seguridad y derechos del usuario.

Finalmente, la Ley 1964 de 2019 también crea el Fondo Nacional de Movilidad Eléctrica, establece metas para la electrificación de al menos el 1% de las flotas de transporte público, y contempla diversos mecanismos fiscales y financieros de apoyo. Este marco fue complementado por el Decreto 1898 de 2023 (Bonilla, 2023), que refuerza la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica al condicionar los beneficios arancelarios al cumplimiento de estándares técnicos, criterios de seguridad y producción nacional de tecnologías de movilidad sostenible.

- **Costa Rica** se destaca como uno de los países líderes de América Central en materia de electromovilidad, al contar con un marco normativo integral que abarca todos los instrumentos necesarios para fomentar la adopción de vehículos eléctricos (VE).

El subsidio al valor de compra está contemplado en la Ley N.º 9518 (2018), “Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico” (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2018a), la cual establece exoneraciones temporales del Impuesto al Valor Agrega-



do (IVA), del Impuesto Selectivo de Consumo (ISC) y del Impuesto sobre el Valor Aduanero. En cuanto a la exención de impuestos a la importación, la misma Ley 9518 aplica una estructura escalonada de beneficios tributarios, en función del precio del vehículo. Las exoneraciones completas se otorgan para vehículos cuyo valor no exceda los USD 30.000; mientras que para aquellos con un valor entre USD 30.001 y USD 60.000 se aplican tasas de descuento reducidas.

Respecto a los beneficios en peajes y estacionamientos, la Ley 9518 autoriza a los gobiernos locales a establecer exoneraciones en el uso de parquímetros y obliga a reservar al menos el 2 % de las plazas de estacionamiento en espacios públicos y establecimientos comerciales visibles para vehículos eléctricos.

La exención de restricción vehicular también se encuentra establecida por la Ley 9518 y su reglamentación técnica, impulsada por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) desde 2012. De acuerdo con esta normativa, los vehículos eléctricos están exentos de la restricción vehicular por número de placa en el Área Metropolitana de San José.

En cuanto a la tarifa eléctrica preferencial, esta se encuentra regulada por la Resolución RE-0056-IE-2019 (*RE-0129-IE-2020*, 2020) de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), en cumplimiento del Decreto Ejecutivo N.º 41642-MINAE (2019) (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2018b) y la Ley 9518. Esta resolución establece una tarifa transitoria de ₡182.72 por kWh para la red nacional de carga rápida.

La regulación de centros de carga se encuentra normada en el Decreto Ejecutivo N.º 41642-MINAE, que establece el reglamento técnico para la construcción y operación de la red de recarga por parte de las empresas distribuidoras de electricidad. Finalmente, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica también está enmarcada en la Ley 9518, la cual define la estructura institucional del transporte eléctrico en Costa Rica, incluyendo beneficios fiscales, tránsito libre, despliegue de infraestructura (como buses y taxis eléctricos), políticas para flotas públicas y privadas, así como formación técnica. Esta estrategia se complementa con el Plan Nacional de Descarbonización 2018–2050 (Ministerio del Ambiente

y Energía (MINAE, 2019), que establece metas concretas como la renovación de flotas públicas y privadas hacia tecnologías de cero emisiones, y la construcción de infraestructura de carga rápida en intervalos de 80 km en carreteras nacionales y 120 km en cantonales.

- **Ecuador**, se encuentra implementando una regulación integral para los centros de carga, el país avanza progresivamente hacia la consolidación de su ecosistema de movilidad eléctrica. Actualmente, se encuentra en proceso de incorporar normativas que permitan la libre circulación de vehículos eléctricos en todo el territorio nacional. Sin embargo, el resto de los incentivos clave ya han sido desarrollados y se encuentran vigentes.

El subsidio al valor de compra está contemplado en la Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo y Estabilidad Fiscal, complementada por la Resolución COMEX N.º 016-2019 (COMEX, 2019), que establece un arancel de importación del 0 %, exención del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) para vehículos eléctricos, baterías y cargadores, siempre que el valor FOB no supere los USD 40.000. Respecto a la exención o reducción de impuestos de importación, la Resolución COMEX N.º 016-2019 actúa como instrumento principal, eliminando por completo los aranceles para la importación de vehículos eléctricos, así como sus componentes esenciales.

En términos de circulación, la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible establece, en sus artículos 214C y 214D, que los vehículos 100 % eléctricos están exentos de restricciones como el “pico y placa”, y gozan de gratuidad en parqueaderos públicos tarifados bajo la administración de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

En lo que respecta a la tarifa eléctrica preferencial, Ecuador fue pionero con la Resolución ARCONEL N.º 038/2015 (ARCONEL, 2015), que fijó una tarifa nocturna preferencial de USD 0.05/kWh para la carga de vehículos eléctricos mediante medidor independiente. Posteriormente, en 2023, se establecieron disposiciones más específicas para estaciones públicas a través de la Resolución



ARCONEL N.º 036/2023 y el Pliego Tarifario SCVE 2024, los cuales fueron actualizados por la Resolución ARCONEL N.º 024/2024 (ARCONEL, 2024), estableciendo tarifas máximas diferenciadas por tipo de cargador y horario.

Finalmente, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (BID, 2021) proyecta alcanzar al menos 100.000 vehículos eléctricos en circulación para el año 2030 y más de 750.000 hacia 2040. Esta estrategia incluye incentivos tributarios, despliegue de infraestructura de carga, regulaciones técnicas, incorporación de flotas públicas y privadas, y planes de transición, todo ello alineado con la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible 2023-2030.

- **El Salvador** aún no cuenta con una regulación específica para las estaciones de carga ni ha implementado una tarifa eléctrica preferencial para la recarga de vehículos eléctricos (VE). Asimismo, no se ha adoptado una estrategia nacional formal que impulse de manera integral la movilidad eléctrica. No obstante, el país ha tomado medidas iniciales relevantes en el marco legislativo a través del Decreto Legislativo N.º 738/2020, “Ley de Fomento e Incentivos para la Importación y Uso de Vehículos Eléctricos e Híbridos” (Asamblea Legislativa, 2021), el cual establece una serie de beneficios fiscales y tributarios dirigidos a promover la adopción de tecnologías de transporte más limpias.

Entre los incentivos relacionados con el subsidio al valor de compra, la ley contempla:

- Exoneración del Impuesto al Valor Agregado (IVA) en la importación de vehículos eléctricos nuevos.
- Exoneración del Impuesto a la Primera Matrícula (ISPM) para vehículos eléctricos e híbridos nuevos.
- Exoneración del pago de refrenda anual de matrícula durante los primeros dos años (100 % del costo).
- Exención del Impuesto sobre la Renta (ISR) a los ingresos generados por empresas que presten servicios de recarga eléctrica, durante un período de cinco años.

En cuanto a la exención o reducción de impuestos a la importación, el mismo decreto establece:

- Exoneración total del arancel de importación para vehículos

- eléctricos e híbridos nuevos.
- Exoneración de IVA e ISPM aplicables a este tipo de vehículos.
- Inclusión de bicicletas y velocípedos eléctricos dentro del régimen de exoneración del IVA.
- Equipos, componentes y repuestos para estaciones de carga también se benefician con exoneraciones arancelarias e impositivas.

Adicionalmente, en agosto de 2022 (Asamblea Legislativa, 2022), se introdujo una reforma al marco normativo que amplió estos beneficios a vehículos eléctricos e híbridos usados, otorgando una exoneración parcial del 25 % sobre el IVA para estas unidades.

- **Guatemala** ha establecido una sólida base normativa para impulsar la movilidad eléctrica, aunque aún no contempla una tarifa eléctrica preferencial específica para la recarga de vehículos eléctricos (VE). El resto de los incentivos, sin embargo, han sido incorporados mediante la legislación vigente, destacando especialmente la Ley de Incentivos para la Movilidad Eléctrica (Decreto N.º 40-2022) (Congreso de la República, 2022) y el Acuerdo Gubernativo 295-2022 que es reglamento de la Ley de Incentivos para la Movilidad Eléctrica, el cual complementa la Ley de Incentivos Fiscales para la Movilidad Eléctrica (Decreto 40-2022), que define principalmente como se aplicarán los incentivos fiscales para la compra y uso de vehículos eléctricos y busca promover el uso de vehículos eléctricos reduciendo emisiones.

En cuanto al subsidio al valor de compra, la normativa contempla los siguientes beneficios:

- Exoneración del 100 % del Impuesto al Valor Agregado (IVA) en la importación y primera venta de vehículos eléctricos, híbridos, a hidrógeno y de teletransporte eléctrico, ya sean nuevos o ensamblados localmente.
- Exoneración completa del Impuesto Específico a la Primera Matrícula (IPRIMA) durante un período de 10 años desde la entrada en vigor de la ley.
- Exoneración del impuesto anual de circulación para vehículos eléctricos utilizados tanto en el ámbito público como privado, aplicable por 10 años, con una reducción progresi-



va a lo largo del tiempo.

- Exención del Impuesto Sobre la Renta (ISR) por un período de 10 años para los ingresos generados por actividades de ensamblaje, producción de VE o por prestación de servicios de transporte público eléctrico.

En lo que respecta a la exención o reducción del impuesto de importación, el Decreto 40-2022 establece un arancel del 0 % durante la vigencia de la ley (10 años) para la importación de vehículos eléctricos, híbridos y de hidrógeno, así como sus componentes, cargadores y bicicletas eléctricas.

En relación con la regulación de estaciones de carga, la Resolución CNEE-69/2023 (Solórzano, 2023), emitida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), fija los requisitos técnicos mínimos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de electrolineras. La normativa prohíbe la reventa de energía en puntos de carga no autorizados y contempla sanciones específicas en caso de incumplimiento.

- **Honduras**, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Honduras (ENME) surge como una iniciativa de la Secretaría de Energía (SEN) para impulsar la electromovilidad, para reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. El documento estratégico fue elaborado con apoyo de cooperantes (GIZ, MOVE/PNUMA), traza una hoja de ruta para la implementación de la electromovilidad, buscando mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y cumplir con los compromisos climáticos globales. La ENME se alinea con el Plan Bicentenario de Gobierno 2022-2026, promoviendo vehículos de alta eficiencia y bajo consumo, y se integra con la Agenda para la Justicia Climática, buscando soluciones para incrementar la resiliencia y capacidades de adaptación al cambio climático; el sector transporte es uno de los mayores consumidores de hidrocarburos, generando un alto porcentaje de las emisiones totales del país dentro del sector energía. El estado actual de la movilidad eléctrica en Honduras aún sin incentivos se caracteriza por un incipiente incremento de vehículos eléctricos (VE) e híbridos livianos, algunos camiones eléctricos para logística de productos, motocicletas y de vehículos carga pesada entre otros, contando ya con varios

concesionarios de VE que instalan cargadores semi rápidos, opciones de financiamiento de banca comercial y productos de seguros. Se ha avanzado con la adopción de normas técnicas acerca de requisitos de instalaciones eléctricas para VE, sistema conductor de carga e interoperabilidad, baterías, requisitos de centros de carga, etc. La ENME busca abordar las principales barreras que dificultan la adopción de la movilidad eléctrica, incluyendo la falta de un marco legal y regulatorio, la carencia de incentivos económicos y sociales, y las limitaciones en infraestructura y tecnología. La implementación de la ENME requiere la participación coordinada de diversos actores, incluyendo el gobierno, el sector privado, la academia y la sociedad civil. Se establecen metas concretas para el año 2030 y 2050, buscando que los vehículos eléctricos representen un porcentaje significativo del parque vehicular nacional, contribuyendo así a un futuro más sostenible y limpio para Honduras. (Fuente: <https://sen.hn/electromovilidad/>)

- **Jamaica** se encuentra en pleno desarrollo normativo para consolidar un marco legal que regule el uso y la interoperabilidad de estaciones de carga eléctrica. No obstante, aún no cuenta con subsidios directos para la adquisición de vehículos eléctricos por parte de personas naturales. Tampoco existen disposiciones que eximan a estos vehículos de restricciones de circulación ni se ha establecido un tratamiento diferencial en el cobro de peajes respecto a los vehículos de combustión.

En lo que respecta a la exención o reducción de impuestos de importación, se han adoptado medidas concretas mediante la Customs Tariff (Amendment) (No. 2)(ALPHEA SUMNER, 2022), Resolution 2022 (CMC, 2022) y el Road Traffic (Licence Duties) Order (Bennettk, 2024). Estas normativas redujeron el arancel de importación de vehículos eléctricos nuevos (con antigüedad menor o igual a tres años) del 30 % al 10 %, y eximen del pago de la licencia de circulación por un período de cinco años.

Con relación a la tarifa eléctrica preferencial, desde 2021, la empresa Jamaica Public Service (JPS) (Bennettk, 2021), principal distribuidora eléctrica del país, recibió autorización de la Office of Utilities Regulation (OUR) para aplicar esquemas tarifarios diferenciados según el horario de consumo (time-of-use rates), con el ob-



jetivo de incentivar la carga en horas de baja demanda.

En cuanto a la estrategia nacional de movilidad eléctrica, esta se desarrolla en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Energía y Tecnología (MSETT) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La hoja de ruta contempla:

- El diseño de una política nacional de electromovilidad.
 - La aplicación de estándares fiscales reducidos.
 - La definición de una estructura tarifaria específica para la carga de VE.
 - El establecimiento de regulaciones técnicas para estaciones de carga.
 - Y la evaluación de flotas junto con programas de formación técnica para capital humano.
- **México** se encuentra actualmente en proceso de desarrollar una estrategia nacional de movilidad eléctrica que consolide los distintos esfuerzos regulatorios, fiscales y técnicos en torno a la electromovilidad. Entre los desafíos pendientes se encuentra la incorporación de incentivos específicos que permitan la exención del pago de peajes para vehículos eléctricos.

En cuanto al subsidio al valor de compra, este se aplica a través del Impuesto sobre Automóviles Nuevos (ISAN). Según la Ley de Ingresos de la Federación 2015 (Cámara de Diputados, 2023), en su artículo 16, están exentos del ISAN los vehículos cuya propulsión sea mediante baterías eléctricas recargables, híbridos eléctricos o que utilicen hidrógeno.

Respecto a la reducción de impuestos de importación, el “Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación” establece fracciones arancelarias específicas para vehículos eléctricos nuevos, con un arancel del 0 % durante un período determinado, favoreciendo la importación de este tipo de vehículos.

En materia de exención de restricciones vehiculares, diversos estados —como Ciudad de México y Jalisco— han establecido normativas locales que eximen del programa de verificación vehicular y de restricciones de circulación (como el “Hoy No Circula”) a los

vehículos eléctricos e híbridos enchufables.

Con respecto a la tarifa eléctrica preferencial, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Zarco, 2024) permite la instalación de un medidor exclusivo para la carga de vehículos eléctricos sin costo adicional, lo que facilita una diferenciación tarifaria basada en el consumo específico del usuario. Finalmente, la regulación de estaciones de carga ha sido formalizada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) mediante el Acuerdo A/108/2024 (Comisión Reguladora de Energía, 2024), el cual establece las Disposiciones Administrativas de Carácter General en materia de electromovilidad. Este documento regula la integración de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables al Sistema Eléctrico Nacional, abordando aspectos técnicos, de conexión, y de seguridad operativa.

- **Panamá** ha implementado hasta el momento el incentivo relacionado con la reducción de impuestos para la importación de vehículos eléctricos, mientras avanza en el desarrollo de una estrategia nacional de movilidad eléctrica. En este sentido, la Ley N.º 295 de 2022 (Asamblea Nacional, 2022) establece incentivos para promover la movilidad eléctrica en el transporte terrestre. Según esta normativa, los vehículos eléctricos nuevos están exentos del Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) hasta el 31 de diciembre de 2030; a partir de esa fecha, se aplicará una tasa reducida del 5 %. Asimismo, la importación de estos vehículos está sujeta únicamente al pago del 7 % del ITBMS (equivalente al IVA), sin recargos adicionales por ISC.

Por otra parte, la regulación de las estaciones de carga eléctrica se encuentra normada mediante el Decreto Ejecutivo N.º 51 de 2023 (Ministerio de la Presidencia, 2023), que reglamenta la Ley 295 y define los lineamientos técnicos, operativos y procedimentales de cumplimiento obligatorio para la instalación y funcionamiento de infraestructura de carga eléctrica en todo el territorio nacional.

- **Paraguay** ha demostrado avances sustanciales en la promoción de la electromovilidad, con esfuerzos concretos orientados a establecer una tarifa preferencial en peajes para vehículos eléctricos —actualmente en etapa de implementación—, aunque todavía no



cuenta con una normativa nacional vigente que regule integralmente las estaciones de carga.

En cuanto al subsidio al valor de compra, este está contemplado en la Ley N.º 6925/2022 (Osorio, 2022), conocida como “Ley de Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico en el Paraguay”. Esta legislación otorga exoneración del Impuesto Aduanero a la Importación y del Impuesto al Valor Agregado (IVA) para la importación de vehículos eléctricos nuevos, así como también para la importación de repuestos vinculados al sistema de tracción eléctrica y baterías de estos vehículos. La misma Ley 695/2022 también ampara la reducción o exoneración del impuesto de importación, incluyendo beneficios tributarios para partes y componentes esenciales del ecosistema de movilidad eléctrica.

Con respecto a la exención de restricción vehicular y patentes, el Artículo 13 de la Ley 695/2022 establece una exoneración del impuesto de patente de rodados para vehículos eléctricos por un periodo de cinco años, aplicando una reducción progresiva anual.

En lo referente a la regulación de estaciones de carga, la Municipalidad de Asunción ha emitido la Ordenanza N.º 204/2019 (Comisiones de Legislación y de Hacienda y Presupuesto, 2019), que regula la instalación de centros de recarga eléctrica en espacios públicos. Esta normativa local establece condiciones técnicas mínimas y lineamientos de instalación para garantizar seguridad y funcionalidad de la infraestructura de carga.

Finalmente, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) se oficializó mediante el Decreto N.º 8840/2023 (Ministerio de Industria y Comercio, 2023), que establece un marco estratégico integral para fomentar la transición hacia una movilidad sostenible y crea el Consejo Estratégico de Movilidad Eléctrica (CEME). Este decreto busca capitalizar el potencial energético limpio del país e impulsa políticas de electrificación del transporte, desarrollo de infraestructura, incentivos fiscales y coordinación institucional.

- **Perú** se encuentra en proceso de aprobación de incentivos como un subsidio al valor de compra de un VE, y el cobro de un valor preferencial en los peajes por donde este tipo de transporte circule. Con respecto, al resto de incentivos no cuenta con ninguno por lo

que se encuentra por delante de Argentina, solamente por esos incentivos que se encuentran en vías de aprobación.

- **Uruguay** se ha consolidado como un referente regional en el ámbito energético, gracias a su matriz eléctrica predominantemente renovable. Asimismo, el país ha implementado la reducción en un 50 % de la patente de rodados a los vehículos eléctricos (Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). Uruguay, 2024).

En cuanto al subsidio al valor de compra, se implementó el Programa SUBITE, instrumento impulsado por la Dirección Nacional de Energía del MIEM, para promover la transición hacia una movilidad más sostenible mediante el uso de vehículos eléctricos. Este programa brinda apoyos directos para la compra de Buses, vehículos de transporte de pasajeros, motos y triciclos y vehículos de logística, asimismo cuenta con un programa de incentivo a la renta de vehículos eléctricos. Algunas de las convocatorias a estos programas se encuentran cerradas al momento de la publicación.

Respecto a la exoneración del impuesto a la importación, el Decreto N.º 325/017, estableció una Tasa Global Arancelaria (TGA) del 0 % para vehículos eléctricos, incluidos en códigos arancelarios específicos del Mercosur, lo que facilitó su incorporación al mercado local, asimismo en 2019 se incorporó en esta exoneración a los sistemas de carga y las baterías de litio para automoción (Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), 2019). Esta decisión fue ratificada en el año 2023.

Es importante destacar la eliminación del IMESI (Impuesto Específico Interno) a los vehículos eléctricos, este impuesto puede representar, en algunos casos, hasta el 45 % del valor de venta de un vehículo, esto se realizó a través del Decreto N° 390/021 publicado el 7 de diciembre de 2021 (Ministerio de Economía y Finanzas Uruguay, 2021).

En el ámbito de la tarifa eléctrica preferencial, la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) lanzó el Plan de Movilidad Eléctrica (UTEC, 2023), el cual contempla tarifas reducidas para propietarios de vehículos eléctricos (categorías M1 y M2 del Reglamento Técnico del Mercosur) adquiridos desde 2018. Para acceder, los vehículos deben contar con batería de litio y des-



tinarse al transporte de pasajeros o carga liviana.

Con respecto a la regulación de centros de carga, la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA) aprobó la Resolución N.º 368/023 (URSEA, 2023), que establece los requisitos técnicos para los Sistemas de Alimentación de Vehículos Eléctricos (SAVE). Entre las disposiciones, se exige que los puntos de carga de acceso público cuenten con al menos un conector tipo 2 (AC) y uno tipo CCS2 (DC), además de garantizar que todos los cargadores del mismo punto ofrezcan potencias similares.

Finalmente, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) se articula a través del Proyecto MOVÉS (UTEC, 2023), una iniciativa estatal que promueve un sistema de transporte sostenible, eficiente, bajo en carbono e inclusivo. Esta estrategia contempla el desarrollo de capacidades institucionales, regulaciones específicas, adopción de nuevas tecnologías y el fomento de un cambio cultural orientado hacia la movilidad limpia.

Tabla 02. Estandarización y operabilidad

PAÍS/INCENTIVO	LEY DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	ESTÁNDARES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	ESTANDARIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE CARGA	ESTÁNDARES PARA LA COMUNICACIÓN AUTO-RED	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS LIVIANOS
Argentina	✓	✗	✗	✗	✓
Bolivia	—	—	✓	✗	✓
Brasil	✓	✓	✓	—	✓
Chile	✓	—	—	✗	✓
Colombia	✓	—	✓	✓	✓
Costa Rica	✓	✓	✓	✗	✓
Ecuador	✓	✓	✓	✗	✓
El Salvador	—	✓	✗	✗	✓
Guatemala	✓	✗	✓	✗	✓
Jamaica	✓	—	—	✗	✓
México	✓	✗	✓	✗	✓
Panamá	—	✗	✗	✗	—
Paraguay	✓	✓	✓	✗	✓
Perú	✓	✓	✓	✗	✓
Uruguay	✓	✓	✓	—	✓

Fuente: OLADE, elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

La Tabla 02 presenta un resumen acerca de qué países cuentan con una estandarización óptima para la inclusión de vehículos eléctricos, dentro de su parque vehicular. De la misma forma, también es importante mencionar que permite tener una idea de la situación respecto a la operabilidad de los vehículos eléctricos (VE's) dentro de su territorio, conociendo cada una de las normas y restricciones respecto a los VE's. Dentro del tema de estandarización y operabilidad se tratarán los siguientes temas:

- Ley de eficiencia energética: Esta ley establece lineamientos obligatorios y voluntarios para que todos los sistemas energéticos, incluido el transporte eléctrico, funcionen bajo criterios de eficiencia mínima estandarizada.
- Estándares para el funcionamiento del VE: Estos estándares definen los requisitos técnicos mínimos que debe cumplir un VE para ser homologado y operar legalmente.
- Estandarización de Infraestructura de Carga: Se refiere al conjunto de normas técnicas que rigen la instalación y operación de estaciones de carga, asegurando que distintos vehículos eléctricos puedan utilizar una red común.



- Estándares para la comunicación Auto-Red: Establecen los protocolos de comunicación entre el vehículo y la red eléctrica inteligente, permitiendo la interoperabilidad entre el software del auto, la estación de carga y los operadores de red.
- Reducción de Emisiones de vehículos livianos: Esta acción implica fijar límites máximos de emisiones para los vehículos nuevos y en circulación, conforme a normas internacionales (como Euro o EPA).

A continuación, se presenta un resumen de la situación por país:

- **Argentina** ha avanzado en la implementación de medidas normativas orientadas a la eficiencia energética y la reducción de emisiones del parque automotor, aunque aún presenta vacíos en materia de estandarización de infraestructura y componentes específicos para vehículos eléctricos (VE).

En materia de eficiencia energética, el país cuenta con un sistema normativo consolidado que regula el consumo energético de los vehículos livianos mediante el etiquetado comparativo obligatorio. Este sistema se establece a través de la Resolución MAdyDS N.º 797-E/2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, 2017), que introduce el etiquetado de eficiencia energética para vehículos livianos nuevos, basado en la norma IRAM-AITA 10274-2. El etiquetado mide y clasifica el rendimiento en consumo y emisiones de CO₂, permitiendo al usuario final tomar decisiones informadas. Esta disposición fue reforzada por la Resolución MAdyDS N.º 383/2021 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, 2021), que exige a todos los puntos de venta, tanto físicos como digitales, exhibir estas etiquetas, las cuales clasifican a los vehículos en categorías que van desde A+ (más eficiente) hasta E (menos eficiente).

En cuanto a la reducción de emisiones vehiculares, Argentina ha adoptado estándares internacionales, especialmente los establecidos por la normativa europea EURO V, para vehículos livianos. La Resolución MAdyDS N.º 1464/2014 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo, 2014) obliga a que los vehículos nuevos comercializados en el país cumplan con los límites de emisiones establecidos por las regulaciones UNECE R83 y R101, los cuales miden emisiones contaminantes y consumo de combustible. Asimismo, el país participa activamente en el Programa Nacional de Evaluación de Consu-

mo y Emisiones Vehiculares. Complementariamente, la reciente Resolución SE-MEC N.º 289/2024 (Ministerio de Economía, 2024) crea el Programa Nacional de Movilidad Sustentable, cuyo objetivo es impulsar la transición hacia tecnologías limpias en el transporte público y privado. El programa promueve la reducción de emisiones a través de incentivos financieros, renovación de flotas y la incorporación de vehículos más eficientes y menos contaminantes.

- **Bolivia** presenta avances parciales en la regulación vinculada a la movilidad eléctrica, con un enfoque particular en la reducción de emisiones contaminantes y la estandarización de la infraestructura de carga. No obstante, aún se encuentra en proceso de incorporar normativas esenciales, como una ley de eficiencia energética y estándares técnicos para el funcionamiento de vehículos eléctricos (VE). De igual forma, el país carece de protocolos de comunicación vehículo-red, fundamentales para una integración inteligente con el sistema eléctrico.

En cuanto a la estandarización de la infraestructura de carga, el Decreto Supremo N.º 4539/2021 (Arce, 2019) promueve la construcción y operación de electrolineras públicas y privadas, como parte de los incentivos a la electromovilidad. Complementariamente, la Autoridad de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN) ha emitido regulaciones clave: por un lado, establece tarifas diferenciadas para la recarga eléctrica y, por otro, regula los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir las instalaciones de recarga.

En materia de reducción de emisiones de vehículos livianos, la Ley N.º 821/2016 (Asamblea Legislativa Plurinacional, 2016), que modifica la Ley General del Transporte, establece en su Artículo 191 que los vehículos importados deben cumplir con normas de emisiones equivalentes a EURO II o superiores. Asimismo, prohíbe la importación de unidades que no cumplan con estos estándares, a menos que existan combustibles compatibles disponibles en el país, contemplando un plazo máximo de cinco años para esta adecuación.

- **Brasil** se posiciona como uno de los países más avanzados en materia de electromovilidad en América Latina, al contar con casi la totalidad de los incentivos necesarios para integrar los vehículos



eléctricos (VE) dentro de su parque automotor. No obstante, aún se encuentra en proceso de incorporar protocolos estandarizados de comunicación entre el VE y la red eléctrica, lo que permitirá una futura interoperabilidad inteligente.

En cuanto a la eficiencia energética, el marco normativo está liderado por el Decreto que regula el Programa Mobilidade Verde e Inovação – MOVER, firmado en abril de 2025 (Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos, 2025). Este instrumento establece parámetros técnicos, ambientales y de eficiencia energética mínima obligatorios para fabricantes e importadores de vehículos, aplicables desde junio de 2025. Dentro de sus lineamientos se incluyen criterios de eficiencia energética bajo el enfoque “poço-a-roda” (well-to-wheel), reciclabilidad de componentes y requisitos para una mayor transparencia ambiental en la comercialización de vehículos.

Respecto a la estandarización del funcionamiento técnico del VE, el mismo programa MOVER establece las bases para la formulación de estándares obligatorios en eficiencia energética a bordo, seguridad eléctrica y etiquetado ambiental. Si bien estos estándares están en fase de desarrollo, el decreto otorga al Estado la autoridad para establecer normas técnicas federales obligatorias, impulsando la estandarización futura del sector. La infraestructura de carga se encuentra normada por la Resolução ANEEL n.º 1.059/2023 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2023), que define los requisitos operativos para la prestación de servicios de recarga de vehículos eléctricos. Esta resolución permite que empresas operadoras de carga (CPOs) ofrezcan servicios sin necesidad de contar con concesión como distribuidoras eléctricas tradicionales. Asimismo, exige condiciones mínimas de seguridad eléctrica, medición de consumo y tarifas horarias diferenciadas, incentivando la carga en períodos fuera del pico de demanda. Aunque aún no constituye una ley definitiva, esta resolución representa el marco regulatorio más cercano a una estandarización operativa vigente en Brasil.

En lo concerniente a la reducción de emisiones de vehículos livianos, Brasil aplica el Programa de Control de la Contaminación del Aire por Vehículos Automotores (PROCONVE), administrado por el

Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Este programa ha adoptado estándares internacionales de emisión equivalentes a las normas europeas:

- Resolución CONAMA n.º 415/2009 (CONAMA, 2009): implementa la fase L6 (equivalente a Euro 5) desde el 1 de enero de 2015, obligatoria para todos los vehículos livianos nuevos.
 - Resolución CONAMA n.º 492/2018 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018): establece la etapa PROCONVE L7 (similar a Euro 6), vigente desde el 1 de enero de 2022. Impone límites estrictos de emisiones para NMOG+NO_x (80 mg/km), PM (6 mg/km), CO (1000 mg/km), y regulaciones para emisiones evaporativas. También exige durabilidad de emisiones por al menos 160.000 km o 10 años, además de pruebas en condiciones reales de conducción.
 - A partir del 1 de enero de 2025, se inicia la implementación progresiva de la fase PROCONVE L8, la cual introduce límites aún más rigurosos e incorpora tecnologías innovadoras como los sistemas de recuperación de vapores (ORVR).
- **Chile** se posiciona como uno de los países latinoamericanos con mayores avances en materia de eficiencia energética aplicada al transporte, así como en la regulación de emisiones contaminantes provenientes del sector vehicular. No obstante, aún se encuentra en fase de desarrollo la implementación de estándares técnicos para el funcionamiento específico de los vehículos eléctricos (VE) y para la infraestructura de recarga, así como protocolos de comunicación entre los VE y la red eléctrica, los cuales todavía no forman parte del marco normativo nacional.

En cuanto a la eficiencia energética, el país cuenta con la Ley N.º 21.305 de 2021 (Ministerio de Energía, 2021a), que establece por primera vez estándares obligatorios de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados. En su Artículo 6, esta ley faculta al Ministerio de Energía a regular el rendimiento energético vehicular, expresado en kilómetros por litro de gasolina equivalente, así como su equivalente en gramos de CO₂ por kilómetro. La reglamentación técnica de esta ley se desarrolla a través del Decreto Supremo N.º 41/2022 (MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL, 2021), que fija los procedimientos para la homologación



de estándares mínimos de eficiencia energética para vehículos nuevos, además de definir las obligaciones de importadores, fabricantes y representantes, la metodología de cálculo y las sanciones por incumplimiento, que pueden llegar hasta 0.2 Unidades de Fomento (UF) por cada décima de kilómetro por litro que el vehículo esté por debajo del estándar establecido.

En el ámbito de la reducción de emisiones contaminantes de vehículos livianos, Chile adopta estándares internacionales equivalentes a la normativa europea mediante un conjunto de decretos progresivos. El Decreto Supremo N.º 211/1991 (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 1989) introdujo el procedimiento de homologación inicial, que luego fue complementado por el D.S. N.º 54/1994 (Nacional, 1990) y el más reciente D.S. N.º 40/2020 (MINISTERIO DE BIENES NACIONALES, 2021), que establecen exigencias de cumplimiento basadas en los estándares Euro 5 y Euro 6 para emisiones de NO_x, CO, partículas y otros contaminantes atmosféricos.

- **Colombia** se destaca por contar con un marco regulatorio avanzado en materia de electromovilidad, siendo uno de los países de la región con mayor cantidad de parámetros normativos implementados. No obstante, aún no ha desarrollado un estándar específico que regule el funcionamiento técnico de los vehículos eléctricos (VE). A pesar de ello, es el único país del estudio que ha adoptado protocolos normativos para la comunicación directa entre el VE y la red eléctrica, promoviendo así la interoperabilidad y eficiencia operativa del sistema.

En relación con la eficiencia energética vehicular, si bien la Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo) (Régimen Legal de Bogotá D.C, 2019) reconoce la importancia de promover la eficiencia energética en el transporte, aún no se ha emitido una regulación concreta que establezca estándares obligatorios en esta materia. La implementación de un reglamento específico se encuentra pendiente. Por su parte, la estandarización de la infraestructura de carga está regulada por la Resolución 40123 de abril de 2024 (Ministerio de Minas y Energía, 2024), emitida por el Ministerio de Minas y Energía, la cual establece condiciones de interoperabilidad para las estaciones de carga públicas. Esta resolución define requisitos operativos, la integración de los puntos de carga al sistema eléctri-

co nacional, y promueve protocolos de gestión compartida. Adicionalmente, la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) ha publicado lineamientos técnicos para el diseño y planificación de infraestructura, diferenciando por segmentos (vehículos livianos, buses, flotas), e incluyendo criterios de continuidad y densidad de red. En lo referente a los estándares de comunicación entre el vehículo y la red (V2G/V2B/V2H), Colombia es pionera en la región.

Actualmente, Colombia impulsa el uso de protocolos abiertos como OCPP (Open Charge Point Protocol) y OCPI (Open Charge Point Interface) para asegurar la interoperabilidad entre operadores de carga (CPO) y proveedores de servicios de movilidad (MSP). La mencionada Resolución 40123/2024 respalda y promueve la implementación de estos protocolos abiertos como parte de la estrategia nacional de movilidad eléctrica.

Finalmente, en cuanto a la reducción de emisiones vehiculares, la Ley 1964 de 2019 (Suárez, 2019) —marco normativo de promoción de la movilidad eléctrica— establece, en su Artículo 1, la adopción de esquemas de cero emisiones y la reducción de gases de efecto invernadero, a través de incentivos para el uso de tecnologías limpias y el reemplazo progresivo del parque automotor basado en combustibles fósiles.

- **Costa Rica** presenta un marco regulatorio amplio en materia de electromovilidad, en el cual únicamente ha desarrollado estándares para la comunicación entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica (V2G/V2H). Sin embargo, aún no cuenta con regulaciones específicas sobre eficiencia energética vehicular, funcionamiento técnico de los VE, ni etiquetado obligatorio, lo que representa oportunidades de mejora en su normativa.

En cuanto a la eficiencia energética, la Ley N.º 9518/2018 (Solís, 2018), denominada Ley de Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico, establece políticas públicas generales para fomentar el transporte eléctrico, pero no contempla estándares mínimos obligatorios de consumo energético ni un sistema de etiquetado de eficiencia vehicular. Asimismo, hasta la fecha no se ha promulgado ninguna regulación técnica complementaria que exija clasificación por consumo o emisiones de CO₂.



Respecto a la estandarización del funcionamiento técnico de los VE, la legislación vigente no establece requisitos operativos específicos para componentes como el sistema de gestión de baterías (BMS), cargadores a bordo (OBC) o estándares de seguridad eléctrica vehicular. La Ley 9518 y su reglamento no abordan estos aspectos de forma detallada, dejando un vacío normativo en la homologación técnica de los VE. Por su parte, la infraestructura de carga sí está normada con mayor claridad. El Decreto Ejecutivo 41642-MINAE/2019 (Sistema Costarricense de información Jurídica, 2018b) regula la construcción y operación de centros de recarga eléctrica, estableciendo que las estaciones deben ser operadas por empresas distribuidoras de electricidad o a través de alianzas con terceros. Además, define lineamientos mínimos en materia de seguridad, iluminación, medición y procedimientos de habilitación. Complementariamente, el país ha adoptado normas técnicas nacionales basadas en estándares internacionales. La INTE N121:2020 (INTECO, 2020b), con base en la norma IEC 61851, regula los requisitos técnicos mínimos para la instalación de estaciones de carga, incluyendo seguridad eléctrica, conectores y compatibilidad de sistemas. Asimismo, la INTE N120:2020 (INTECO, 2020a) aborda la estandarización visual y la interoperabilidad entre cables, conectores y vehículos eléctricos, promoviendo una experiencia de usuario uniforme.

En cuanto a la reducción de emisiones vehiculares, Costa Rica aplica el Reglamento de control de emisiones contaminantes producidas por los vehículos de combustión interna mediante Decreto Ejecutivo N° 39724, el cual establece estándares de emisiones contaminantes.

- **Ecuador** ha consolidado un marco normativo robusto en materia de electromovilidad, que incluye regulaciones específicas para eficiencia energética, funcionamiento técnico de los vehículos eléctricos (VE), infraestructura de carga y reducción de emisiones. Sin embargo, al igual que Brasil, aún no ha implementado un estándar de comunicación entre el vehículo y la red eléctrica (V2G/V2H), lo que representa una brecha en la interoperabilidad futura del sistema.

En cuanto a la eficiencia energética, esta se encuentra normada por la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (Del Pozo, 2019), vigente desde 2019 y reformada en 2024. Su Artículo 11 establece que, a partir del año 2025, todos los vehículos que ingresen al servicio de transporte público urbano e interparroquial en el territorio continental ecuatoriano deberán ser 100 % eléctricos o de cero emisiones. Además, el Decreto Ejecutivo N.º 238 (Lasso, 2021) complementa dicha ley al definir las Políticas del Sector Eléctrico, enfocadas en la promoción de infraestructura de recarga y la descarbonización del transporte terrestre. Respecto a la estandarización del funcionamiento técnico del VE, el Decreto N.º 176 (Dirección Nacional Jurídica, 2024), que reglamentó a la Ley de Competitividad Energética, establece definiciones normativas para el servicio de carga de vehículos eléctricos. Este decreto regula las entidades habilitadas para prestar dicho servicio bajo supervisión de ARCONEL, incluyendo lineamientos sobre habilitación, operación, seguridad y esquemas tarifarios.

En lo referente a la infraestructura de carga, la Disposición Reformatoria Segunda de la Ley de Eficiencia Energética establece que la comercialización del servicio de carga eléctrica solo puede ser realizada por proveedores habilitados, mediante contrato con las empresas distribuidoras de electricidad y sujetos a regulaciones de ARCONEL. Esta entidad ha expedido las Resoluciones ARCER-NNR-036/2023 (Agencia de Regulación y Control, 2022) y ARCONEL-024/2024 (Agencia de Regulación y Control, 2022), que fijan los pliegos tarifarios máximos diferenciados por tipo de cargador (lento, semirápido, rápido) y bloque horario, así como la obligación de incluir estaciones de carga en los planes eléctricos de expansión de las distribuidoras. Complementariamente, el Reglamento Técnico PRTE-162 (INEN, 2017) regula los aspectos técnicos de la infraestructura de carga, tales como tipos de conectores, cableado, condiciones de seguridad eléctrica y rotulado de compatibilidad, armonizados con estándares internacionales como IEC 61851.

En cuanto a la reducción de emisiones, el país aplica la norma técnica NTE INEN 2204:2002 (INEN, 2002), que fija límites máximos permisibles para emisiones de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en vehículos livianos a gasolina, evaluados



en condiciones de marcha mínima y dinámica. Desde 2017, se ha adoptado la normativa Euro 3 como requisito mínimo para la homologación e importación de vehículos livianos, conforme a resolución del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

- **El Salvador** se encuentra actualmente en proceso de incorporación de una ley de eficiencia energética que complementa su marco legal en materia de transporte sostenible. A pesar de ello, ya cuenta con normativas que regulan aspectos técnicos del funcionamiento de los vehículos eléctricos (VE), así como una legislación sobre reducción de emisiones contaminantes. No obstante, otros elementos clave de estandarización, interoperabilidad y comunicación vehículo–red aún no han sido desarrollados.

En cuanto a los estándares operativos del VE, el Decreto Legislativo 738/2020 (Asamblea Legislativa, 2021), que aprueba la Ley de Fomento e Incentivos para la Importación y Uso de Vehículos Eléctricos e Híbridos, establece disposiciones relevantes. Su Artículo 13 determina que los vehículos comercializados en el país deberán cumplir con los requerimientos técnicos definidos por el fabricante, asegurando condiciones mínimas de seguridad y calidad. Asimismo, el Artículo 14 dispone que todas las estaciones de recarga eléctrica deberán cumplir con las normativas y estándares técnicos emitidos por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), incluyendo requisitos de seguridad, instalación, y operación.

En lo referente a la reducción de emisiones vehiculares, El Salvador cuenta con una base legal establecida en los Artículos 100 al 102 de la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (Asamblea Legislativa de la Republica de El Salvador, 2017), que faculta al Viceministerio de Transporte y a la División de Medio Ambiente de la Policía Nacional Civil (PNC) a establecer límites máximos permitidos para contaminantes como NO_x, HC, CO y opacidad en vehículos a gasolina o diésel. Dicha normativa también exige que los talleres autorizados realicen inspecciones técnicas periódicas y emitan certificados de cumplimiento anualizados. Además, estos límites están reglamentados por la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 13.11.03:01, titulada “Emisiones atmosféricas – Fuentes móviles”, aprobada en 1999 (Santamaría, 1999). Esta norma

establece los procedimientos de medición, equipos de prueba requeridos, y los umbrales máximos de emisión para diferentes tipos de vehículos automotores en el país.

- **Guatemala** presenta avances relevantes en materia de electromovilidad, aunque aún carece de estándares técnicos sobre el funcionamiento operativo de los vehículos eléctricos (VE), así como de protocolos de comunicación entre el vehículo y la red eléctrica. Sin embargo, el resto de los parámetros clave se encuentran regulados dentro del marco legal nacional vigente.

En cuanto a la infraestructura de carga, esta se encuentra regulada en el Decreto 40-2022 (Ley de Incentivos para la Movilidad Eléctrica) (Congreso de la República, 2022), que otorga competencia al Ministerio de Energía y Minas y a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) para establecer normas técnicas obligatorias. En este marco, la Resolución CNEE-69-2023 (Solórzano, 2023) define los requisitos técnicos mínimos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones de carga eléctrica, estableciendo que su funcionamiento debe ajustarse a la Ley General de Electricidad y a los estándares técnicos sectoriales vigentes. En relación con la reducción de emisiones de vehículos livianos, Guatemala cuenta con un marco regulatorio basado en varios instrumentos:

- La Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial N.º 9078/2012 y su reglamento (Acuerdo Gubernativo 14-97, en el marco del Decreto 93-96) facultan al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI) a fijar límites máximos permitidos de emisiones para gases contaminantes como CO, HC, NO_x y opacidad, así como a establecer procedimientos técnicos para inspecciones vehiculares periódicas o aleatorias.
- El Reglamento para el Control de Emisiones Contaminantes (abril de 2016) establece los protocolos obligatorios de prueba de emisiones, junto con las sanciones aplicables a vehículos que sobrepasen los valores máximos permitidos durante inspecciones técnicas o controles en carretera.

En lo que respecta a la eficiencia energética, el Acuerdo Gubernativo N.º 106-2023 oficializa la implementación de la Política Nacional de Eficiencia Energética 2023–2050, desarrollada por el



Ministerio de Energía y Minas. Esta política fija metas de eficiencia para distintos sectores —incluyendo el transporte—, pero no contempla aún la adopción de estándares técnicos obligatorios específicos para consumo energético o emisiones en vehículos nuevos o importados.

- **Jamaica** cuenta actualmente con una ley de eficiencia energética y una normativa orientada a la reducción de emisiones contaminantes mediante la promoción del uso de vehículos eléctricos (VE). Sin embargo, aún se encuentra en proceso de desarrollar estándares técnicos específicos que regulen tanto el funcionamiento operativo del vehículo eléctrico como la infraestructura de carga.

En el ámbito de la eficiencia energética, las políticas nacionales clave son la National Transport Policy (2007) (Ministry of Science, Energy, Telecommunications and Transport, 2023) y la National Energy Policy (2009), que establecen como objetivos estratégicos la mejora de la eficiencia vehicular y el fomento del uso de combustibles alternativos. Actualmente, ambas políticas están en proceso de actualización para alinearse con estándares internacionales, particularmente los promovidos por la Global Fuel Economy Initiative (GFEI), lo que representa un paso hacia la adopción de normativas internacionales sobre consumo energético y eficiencia de flotas vehiculares.

Respecto a la reducción de emisiones de vehículos livianos, se encuentra en fase de aprobación el documento “Motor Vehicle Exhaust Emission Standards”, elaborado por la National Environment and Planning Agency (NEPA) en el marco del Road Traffic Act (2018) (Montague, 2018). Este documento —redactado originalmente en 2015— establece límites máximos permisibles de emisiones contaminantes y propone la creación de un programa nacional de inspección y control vehicular. Su implementación será clave para establecer exigencias técnicas obligatorias en cuanto a emisiones de CO, NO_x, HC y otros compuestos, alineando el país con regulaciones medioambientales vigentes a nivel internacional.

- **México** es uno de los países que aún no cuenta con estándares específicos para regular el funcionamiento técnico de los vehículos eléctricos, ni con protocolos que habiliten la comunicación di-

recta entre el vehículo y la red eléctrica (V2G o similares). No obstante, el resto de los componentes regulatorios evaluados en este estudio —como eficiencia energética, infraestructura de carga y reducción de emisiones— sí están presentes en su marco normativo vigente. En materia de eficiencia energética, destaca la aplicación de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 (Diario Oficial, 2013), una norma oficial mexicana obligatoria que establece límites máximos de emisiones de CO₂ y niveles mínimos de eficiencia energética (rendimiento de combustible) para vehículos nuevos ligeros (con peso bruto vehicular ≤ 3,857 kg). Esta norma exige que los fabricantes certifiquen el consumo promedio y las emisiones de sus modelos ante la autoridad ambiental competente, alineándose con prácticas internacionales.

En cuanto a la estandarización de infraestructura de carga, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha impulsado propuestas para regular las tarifas aplicables a estaciones de carga, así como los operadores (CPOs) y modalidades de contratación energética. Aunque no existe aún una norma técnica obligatoria específica, se emplean protocolos internacionales homologados, tales como OCPP e ISO, mientras que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) promueve el uso de medidores eléctricos independientes para facilitar la instalación de cargadores domésticos y comerciales bajo condiciones tarifarias diferenciadas.

En el campo de la reducción de emisiones contaminantes, México cuenta con dos normas claves:

- NOM-044-SEMARNAT-2017 (Secretaría de Gobernación, 2017), aplicable a vehículos pesados (peso bruto superior a 3,857 kg) y motores diésel, la cual alinea los límites de emisiones a estándares equivalentes a EPA 2010 o Euro VI, y cuya implementación es obligatoria desde 2021.
- NOM-163-SEMARNAT-2013, aplicable a vehículos ligeros nuevos, establece límites máximos de emisión de CO₂ y fija requisitos de rendimiento energético, promoviendo así una movilidad más limpia.

- **Panamá** presenta avances en lo que respecta a una ley de eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases mediante el uso de vehículos eléctricos.



- **Paraguay** al igual que otros países de la región, aún no cuenta con un estándar que habilite la comunicación entre el vehículo eléctrico y la red (V2G). Sin embargo, sí posee un marco normativo robusto en el resto de los parámetros considerados, incluyendo eficiencia energética, estándares técnicos, infraestructura de carga y regulación de emisiones.

En materia de eficiencia energética, la Política Energética Nacional 2050 aprobada mediante el Decreto 2053/2024, aprobado por el Poder Ejecutivo, establece dentro de sus ejes estratégicos la mejora de la eficiencia energética en el transporte. Esta política plantea una hoja de ruta para la futura implementación de normas específicas de eficiencia vehicular, aunque aún no se cuenta con estándares obligatorios.

En lo que respecta a los estándares de funcionamiento del vehículo eléctrico, la Ley N.º 6925/2022 (Osorio, 2022), conocida como “De Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico”, establece en sus artículos 2 y 4 las competencias del MOPC y viceministerios afines para formular y aplicar normas técnicas y reglamentos operativos dirigidos a importadores, fabricantes y operadores de vehículos eléctricos. Aunque estos estándares se encuentran en proceso de desarrollo reglamentario, la base legal ya está vigente.

En cuanto a la estandarización de la infraestructura de carga, esta se encuentra normada a nivel municipal en Asunción a través de la Ordenanza 204/2019 (Comisiones de Legislación y de Hacienda y Presupuesto, 2019), la cual regula la instalación de estaciones de recarga en el espacio público. Dicha ordenanza establece requisitos técnicos como el uso de conectores tipo J1772, cableado específico, protección antivandálica, señalización adecuada y certificaciones técnicas obligatorias.

Respecto a la reducción de emisiones vehiculares, Paraguay cuenta con la Ley N.º 5211/2014 (Gómez, 2014) y su reglamento (Decreto N.º 1269/2019), que exigen el control de emisiones en vehículos usados importados, imponiendo desde 2023 la presentación obligatoria de un certificado de emisiones para la liberación aduanera. Asimismo, la Resolución N.º 609/2021 del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) establece el sistema oficial para

el control de emisiones contaminantes del aire, definiendo límites permisibles para CO, NO_x, HC y material particulado emitido por fuentes móviles.

- **Perú** aún no cuenta con estándares de comunicación entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica (V2G). Sin embargo, sí dispone del resto de leyes y regulaciones clave para fomentar la movilidad eléctrica, incluyendo normativas sobre eficiencia energética, infraestructura de carga, estándares de funcionamiento y políticas de reducción de emisiones.

En cuanto a los estándares para el funcionamiento del vehículo eléctrico, el Decreto Supremo N.º 022-2020-EM (Vizcarra, 2020) reconoce oficialmente la movilidad eléctrica como un servicio público de recarga de acceso competitivo. Este decreto establece el marco legal para las actividades relacionadas con la recarga eléctrica y define las responsabilidades de los prestadores del servicio, bajo la supervisión del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).

La estandarización de la infraestructura de carga se encuentra normada por el Decreto Supremo N.º 036-2023-EM (Ministerio de Energía y Minas, 2024), el cual aprueba el Reglamento para la Instalación y Operación de Infraestructura de Carga para Movilidad Eléctrica. Este reglamento especifica condiciones técnicas y de seguridad para los modos de carga 1 a 4, criterios de interoperabilidad, obligaciones de reporte y monitoreo ante OSINERGMIN, así como los requisitos de habilitación, operación y mantenimiento de las estaciones de carga.

Respecto a la reducción de emisiones, el Plan Nacional de Electromovilidad promovido desde 2021 establece directrices para una transición progresiva hacia vehículos eléctricos, con metas de descarbonización y reducción de contaminantes. Este plan plantea medidas como la reducción de impuestos a vehículos eléctricos, la implementación de tarifas eléctricas diferenciadas, y estrategias de reconversión de flotas. Sin embargo, Perú aún no cuenta con una regulación obligatoria de emisiones que adopte estándares tipo Euro IV, V o VI, ni establece límites máximos de emisiones como CO₂ o NO_x en vehículos livianos.



Finalmente, en el campo de la eficiencia energética, el país cuenta con la Ley N.º 27345 – Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Congreso de la República, 2000), que declara de interés nacional el uso eficiente de la energía e impulsa medidas de etiquetado y eficiencia energética para diversos sectores, incluido el transporte. No obstante, aún no se ha implementado un etiquetado obligatorio de eficiencia vehicular, ni existe una clasificación oficial de consumo energético en vehículos nuevos.

- **Uruguay** presenta avances significativos en materia de electromovilidad, y es uno de los pocos países que están próximos a incorporar un estándar que permita la comunicación entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica (V2G). Además, todos los demás parámetros evaluados ya se encuentran implementados dentro de su marco regulatorio. En lo que respecta a la eficiencia energética, Uruguay implementó un sistema de etiquetado obligatorio para vehículos livianos mediante la norma UNIT 1130:2020 (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2020), la cual establece los criterios de clasificación energética y emisiones para vehículos nuevos. Este etiquetado permite a los consumidores comparar el desempeño ambiental y energético de los vehículos, promoviendo decisiones de compra más sostenibles.

Respecto a los estándares técnicos para el funcionamiento del vehículo eléctrico, la Guía de Movilidad Urbana Eléctrica (G-MUE) reconoce la aplicación de la norma UNIT 1234:2020 (Ministerio de Industria, Energía, y Minería, 2020), la cual establece las especificaciones para conectores y sistemas de carga conductiva. Esta norma es considerada como referencia para el desarrollo de futuras regulaciones nacionales.

En el ámbito de la infraestructura de carga, la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA) ha publicado requisitos técnicos mínimos para las instalaciones eléctricas destinadas a la recarga de vehículos eléctricos, en concordancia con el Reglamento de Baja Tensión (RBT). Estos requisitos abarcan aspectos como instalación, cableado, niveles de potencia, protecciones eléctricas y compatibilidad con la red eléctrica.

Finalmente, en relación con la reducción de emisiones, el etiquetado energético UNIT 1130 no solo cumple una función informativa, sino que también constituye una herramienta estratégica para desincentivar la adquisición de vehículos contaminantes, con el objetivo de reducir progresivamente el consumo de combustibles fósiles y fomentar tecnologías más limpias en el parque automotor nacional.

Tabla 03. Circulación y confiabilidad

PAÍS/INCENTIVO	ACCESO A VÍAS EXCLUSIVAS HOV O BUS	ESTACIONAMIENTOS PREFERENCIALES/ GRATIS	EXENCIÓN, RESTRICCIÓN VEHICULAR	DESCUENTO EN PEAJES	ESTACIONES DE CARGA
Argentina	✗	✗	✗	✗	—
Bolivia	✗				✓
Brasil	✗	✗	✗	✓	✓
Chile	✗	✓	✓	✓	✓
Colombia	✗	✓	✓	✓	✓
Costa Rica	—	✓	✓	✓	✓
Ecuador	✗	—	✗	✗	✓
El Salvador	✗	✓	✗	✗	
Guatemala	✗	✓	✓	✗	✓
Jamaica	—	—	✗	✗	—
México	✗	✓	✓	✓	✓
Panamá	✗	✗	✗	✗	✓
Paraguay	✗	✓	✓	✗	✓
Perú	✗	✓	✓	—	✓
Uruguay	✗	✗	✗	✗	✓

Fuente: OLADE, elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales.

La Tabla 03 trata acerca de los incentivos planteados, puestos en marcha o desarrollados que han permitido obtener una correcta implementación de los vehículos eléctricos. También, esta tabla permite conocer acerca de las facilidades otorgadas por parte de los gobiernos para garantizar un uso confiable de los nuevos vehículos.

1. Acceso a vías exclusivas HOV o Bus: Permite a los vehículos eléctricos circular por carriles destinados a buses o vehículos de alta ocupación.
2. Estacionamientos preferenciales/gratis: Zonas de parqueo reservadas para vehículos eléctricos, ubicadas en puntos estratégicos



- de ciudades, centros comerciales y zonas públicas.
3. Exención, restricción vehicular: Permite que los vehículos eléctricos circulen libremente sin verse afectados por políticas como “pico y placa”.
 4. Descuento en peajes: Aplicación de tarifas reducidas o gratuitas en peajes viales para vehículos eléctricos.
 5. Estaciones de carga: Infraestructura habilitada para recargar vehículos eléctricos, con diversos niveles de potencia.

A partir de la Tabla 03, se tiene la siguiente reseña por país:

- **Bolivia** se destaca por ser uno de los países que ha otorgado prioridad a la infraestructura de recarga eléctrica dentro de su marco de incentivos hacia la electromovilidad, aunque el resto de parámetros vinculados a la estandarización técnica del VE y su comunicación con la red aún no han sido desarrollados.

En lo que respecta a las estaciones de carga, el Decreto Supremo N.º 4539/2021 (Arce, 2019), que establece la política nacional de electromovilidad, dispone en su Disposición Final Tercera que la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) y sus filiales deben implementar electrolineras en un plazo máximo de 90 días, habilitando también a empresas privadas a hacerlo en 60 días. Este decreto además establece incentivos tributarios para equipos de carga, con aranceles reducidos o exentos. Complementariamente, la Resolución AETN N.º 479/2021 (Sedano Julia, 21) aprueba el Reglamento Técnico y de Seguridad para instalaciones de recarga, especificando los requisitos técnicos, condiciones operativas y conectores compatibles tanto para Sistemas de Alimentación Vehicular (SAVE) como Puntos de Carga Semi-rápida (PCS).

Finalmente, la Resolución AETN N.º 480/2021 (AETN, 2021) establece un régimen tarifario preferencial para la recarga pública de vehículos eléctricos, con tarifas máximas diferenciadas por tipo de carga: desde Bs 1,01/kWh para bloque bajo (carga lenta) hasta Bs 2,15/kWh para bloque alto (carga rápida). Estas tarifas están sujetas a ajustes periódicos en función del Índice de Precios al Consumidor (IPC).

- **Brasil**, dentro de su marco regulatorio actual, presenta avances destacados en materia de infraestructura de recarga y normativas para la circulación de vehículos eléctricos, aunque el resto de pa-

rámetros relacionados con estándares técnicos o incentivos diferenciados para VE aún presentan una evolución limitada.

En lo que respecta a descuentos en peajes, el país ha implementado el sistema de peajes electrónicos de flujo libre (Free Flow), regulado por la Agencia Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Este sistema permite aplicar descuentos en peajes según la frecuencia de uso de dispositivos electrónicos de cobro (tags) como Sem Parar, ConectCar o Veloe. Sin embargo, estos beneficios no son exclusivos para vehículos eléctricos, ya que se aplican de manera general a todos los usuarios que utilizan dicho sistema, sin distinción de tecnología vehicular.

Respecto a la infraestructura de carga, Brasil cuenta con una normativa avanzada, siendo uno de los pocos países con un marco específico para estaciones de recarga. La Resolución Normativa ANEEL N.º 819/2018 (ANEEL, 2018) fue la primera en establecer directrices para la instalación y operación de electrolineras, permitiendo que cualquier persona jurídica, empresa o distribuidora eléctrica pueda instalar puntos de recarga sin requerir una concesión adicional. Esta norma define requisitos técnicos, conectividad, modelos abiertos de comunicación y obligaciones de transparencia. Posteriormente, la Resolución Normativa ANEEL N.º 1000/2021 (ANNEEL, 2021) consolidó y actualizó las disposiciones anteriores. En su Capítulo V, clasifica el servicio de recarga como servicio público no regulado, lo cual significa que las actividades de carga no afectan la tarifa eléctrica doméstica y pueden ser ofrecidas libremente por empresas y distribuidoras. Se exige, sin embargo, el registro obligatorio ante ANEEL mediante formulario electrónico, así como el cumplimiento de condiciones mínimas de seguridad, operación y transparencia.

- **Chile**, en el marco de su avance regulatorio para la promoción de la electromovilidad, presenta la mayoría de los incentivos evaluados, a excepción del acceso a vías exclusivas, parámetro que aún no se encuentra implementado dentro de su normativa vigente.

En cuanto al acceso a estacionamientos preferenciales, en 2022 el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), en coordinación con la Municipalidad de Providencia, Conecta Logística,



CORFO y otros actores, puso en marcha un plan piloto de zonas inteligentes de carga y descarga, habilitando 20 espacios de estacionamiento exclusivos para vehículos eléctricos de reparto urbano. Estos espacios están debidamente señalizados, su uso es gratuito y exclusivo para vehículos eléctricos logísticos, y su gestión se realiza a través de la aplicación móvil TIMIX. Respecto a la exención de restricciones vehiculares, la Resolución Exenta N.º 1555/2020 (Ministerio de Transporte, 2020) del MTT otorga a vehículos eléctricos e híbridos la exención de medidas restrictivas como el “pico y placa”, especialmente durante episodios de alta contaminación ambiental, permitiéndoles circular libremente en zonas y horarios restringidos.

En relación con los descuentos en peajes, el Decreto Supremo N.º 262/2024, que regula la armonización tarifaria entre autopistas concesionadas, no contempla beneficios específicos para vehículos eléctricos, por lo que actualmente no existen tarifas diferenciadas para este tipo de tecnología en la red vial concesionada.

En cuanto a la infraestructura de carga, Chile cuenta con un marco técnico y normativo sólido. El Pliego Técnico Normativo RIC N.º 15 (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2024), emitido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) el 14 de octubre de 2020, establece los requisitos técnicos para instalaciones de recarga, incluyendo seguridad, conectores tipo IEC 62196 (tipos 1 y 2), modos de carga y compatibilidad electromagnética. Complementariamente, el Decreto Supremo N.º 12/2022 (Ministerio de Energía, 2023), reglamentado el 17 de mayo de 2023 como parte del Reglamento de Interoperabilidad, exige que los operadores de recarga pública mantengan una plataforma digital con información actualizada sobre ubicación, disponibilidad, precios y tipos de conectores, además de implementar protocolos de comunicación abiertos como OCPP. Esta normativa también define los roles de operador y propietario según el Reglamento de Servicios Eléctricos. Finalmente, en septiembre de 2024, la Resolución Exenta N.º 27.547 (Ministerio de Energía, 2024), también emitida por la SEC, aprobó el Instructivo de Interoperabilidad, que establece directrices específicas para el intercambio de datos, continuidad de servicio e integración entre plataformas de distintos operadores de estaciones de carga.

- **Colombia**, al igual que Chile, se caracteriza por no contar con disposiciones que otorguen acceso exclusivo a vías preferenciales para vehículos eléctricos (VE). Sin embargo, el país presenta avances normativos importantes en relación con otros incentivos de infraestructura y circulación preferente. En cuanto a los estacionamientos preferenciales para VE, la Ley 1964 de 2019 (Suárez, 2019), en su Artículo 7, establece que en los municipios con más de 50.000 habitantes, tanto las entidades públicas como los establecimientos comerciales están obligados a destinar al menos el 2% de sus plazas de parqueo exclusivamente para vehículos eléctricos. Estas plazas deben estar debidamente señalizadas con un logotipo de una “P” y un enchufe blanco sobre fondo verde, lo que facilita su identificación visual. Esta disposición fue reglamentada por el Decreto 191 de 2021 (Función Pública, 2021), que modificó el Decreto 1079 de 2015, incorporando detalles técnicos sobre el diseño, ubicación y condiciones de estas plazas.

Respecto a la exención de restricciones vehiculares, el Artículo 6 de la Ley 1964 de 2019 estipula que los vehículos eléctricos y de cero emisiones están exentos de medidas como pico y placa, día sin carro o restricciones ambientales temporales, excepto cuando existan razones de seguridad nacional o local que lo justifiquen. Esta medida promueve el uso continuo de VE en zonas urbanas altamente congestionadas.

En relación con los descuentos en peajes, la misma ley en su Artículo 5 faculta a las entidades territoriales para ofrecer incentivos tarifarios, tanto en peajes como en estacionamientos, a fin de promover el uso de tecnologías limpias. No obstante, esta facultad no implica obligatoriedad a nivel nacional, por lo que su aplicación varía entre jurisdicciones. Por ejemplo, el programa EcoTag implementado por PASE en la Autopista Sur Urbana ofrece un 20 % de descuento a vehículos eléctricos e híbridos, aunque se trata de una iniciativa privada y no de una exención nacional obligatoria. Finalmente, en lo que respecta a la infraestructura de carga, el Artículo 9 de la Ley 1964 de 2019 establece que los municipios de categoría especial, como Bogotá, deben garantizar la instalación de al menos cinco estaciones de carga rápida funcionales dentro de los tres años posteriores a la entrada en vigencia de la ley, lo



cual se traduce en un objetivo mínimo de 20 estaciones operativas en Bogotá. Esta disposición representa un compromiso regulatorio significativo en el desarrollo de redes de recarga pública.

- **Costa Rica**, al igual que Colombia y Chile, no contempla actualmente el acceso a vías exclusivas para vehículos eléctricos (VE) como parte de sus incentivos. Sin embargo, presenta un marco normativo sólido en relación con los demás beneficios vinculados a la electromovilidad.

Respecto a los estacionamientos preferenciales, la Ley N.º 9518/2018 (Solís, 2018), en su Artículo 15, autoriza a los concejos municipales a definir políticas locales que eximan del pago en parquímetros a los VE. Además, la norma permite la asignación de espacios especiales en parqueos públicos y privados de uso exclusivo para estos vehículos. Complementariamente, la Ley N.º 7717 (Ley Reguladora de Estacionamientos Públicos), modificada por la Ley 9518, incorpora el Artículo 5 bis, el cual establece que cada parqueo público debe contar con al menos un espacio azul preferencial para VE, asegurando que estas plazas no sustituyan las reservadas para personas con discapacidad.

En cuanto a la exención de restricciones vehiculares, el Artículo 14 de la Ley 9518 estipula que los vehículos eléctricos identificados con el distintivo oficial del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) están exentos de cumplir con medidas como el “pico y placa” en el Área Metropolitana, según la normativa emitida por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Este beneficio promueve una mayor circulación de VE en zonas con alta congestión sin penalización.

Con relación a los descuentos en peajes, el Artículo 17 de la misma ley establece que los concesionarios de autopistas y operadores de estacionamientos pueden ofrecer tarifas preferenciales para VE, siempre que estas sean definidas mediante acuerdos o disposiciones locales. Sin embargo, no existe una exoneración automática u obligatoria a nivel nacional, por lo que su aplicación depende de la voluntad de cada concesionario. Finalmente, en cuanto a la infraestructura de carga, el Artículo 19 de la Ley 9518 faculta a instituciones públicas, empresas y municipalidades a invertir

en la instalación de estaciones de recarga eléctrica y parqueos exclusivos para VE. Esta disposición fue reforzada por el Decreto Ejecutivo 43641-H-MINAE-MOPT de 2022 (MINAE, 2022), el cual reglamenta los procedimientos para la exoneración de impuestos y define algunos requisitos técnicos básicos. No obstante, aún se encuentra pendiente la emisión de una normativa específica que estandarice los protocolos de comunicación, interoperabilidad y homologación de estas estaciones de carga.

- **Ecuador**, en el contexto de esta tabla comparativa, no cuenta con la mayoría de los parámetros establecidos en materia de incentivos e interoperabilidad para electromovilidad. No obstante, presenta un avance regulatorio destacado en lo referente a la infraestructura de carga eléctrica. En este ámbito, el Decreto Ejecutivo N.º 238/2021 (Lasso, 2021), que define la política energética nacional, establece en su Disposición Reformatoria Segunda, artículo 43, las bases legales para la prestación del servicio de recarga para vehículos eléctricos. Este artículo autoriza a personas naturales o jurídicas a ofrecer dicho servicio mediante contrato con empresas distribuidoras de electricidad, siempre y cuando cumplan con las reglamentaciones técnicas y tarifarias emitidas por ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables). A su vez, la Regulación ARCONEL N.º ARCERNNR-036/2023 y la Resolución ARCONEL-024/2024 (Agencia de Regulación y Control, 2022) refuerzan este marco al establecer obligaciones específicas para los proveedores del servicio de carga, entre las cuales se incluyen:
 - Contratos formales con las distribuidoras eléctricas.
 - Estándares técnicos mínimos para la infraestructura.
 - Pliegos tarifarios máximos por kWh aplicables a la recarga pública.
 - Condiciones para la expansión de estaciones de carga como parte de los planes eléctricos regionales.

En complemento, el Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE-162 (emitido por el INEN) (INEN, 2017) define las características técnicas obligatorias de los sistemas de recarga eléctrica, incluyendo:

- Tipos y compatibilidad de conectores.
- Especificaciones de cargadores y cableado.
- Requisitos de seguridad eléctrica y protección.
- Clasificación de las modalidades de carga (modos 1 a 4).



- Potencia mínima recomendada para cada modalidad.
- **El Salvador** presenta avances en incentivos adicionales a la electromovilidad, específicamente en los campos de estacionamientos preferenciales y regulación de estaciones de carga para vehículos eléctricos (VE).

En cuanto al incentivo de estacionamientos preferenciales, la Ley de Fomento e Incentivos para la Importación y Uso de Vehículos Eléctricos e Híbridos (Decreto Legislativo N.º 738/2020) (Asamblea Legislativa, 2021) contempla en su Artículo 12 disposiciones específicas que garantizan este beneficio:

- Los vehículos eléctricos e híbridos enchufables tienen derecho a estacionar sin costo en los denominados “parqueos verdes”, ubicados en espacios públicos o privados (como centros comerciales, supermercados o instituciones).
- La ubicación de dichos espacios debe estar claramente señalizada y no puede sustituir plazas destinadas a personas con discapacidad.
- El uso indebido de estos espacios por vehículos no autorizados puede ser sancionado con una multa equivalente a quince días del salario mínimo vigente del sector comercio o servicios.

Respecto a las estaciones de carga o electrolineras, la misma Ley N.º 738/2020 establece un marco regulatorio integral en sus artículos 13, 14 y 15:

- El Artículo 14 dispone que los centros de recarga pueden ser instalados en entornos públicos o privados, pero deben cumplir con los estándares técnicos establecidos por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). Además, obliga a que los operadores provean información pública y visible sobre precios, tiempos estimados de recarga y ubicación.
- El Artículo 13 establece obligaciones para importadores y distribuidores de vehículos eléctricos, quienes deben garantizar el servicio técnico y disponibilidad de repuestos, así como colaborar con las políticas públicas para la implementación de la infraestructura de recarga.
- Finalmente, el Artículo 15 otorga una exención del Impuesto

sobre la Renta (ISR) por un período de cinco años a las personas naturales o jurídicas que presten servicios de recarga de VE, lo que constituye un incentivo directo a la expansión de este tipo de infraestructura.

En resumen, El Salvador presenta un entorno favorable para el desarrollo de la electromovilidad mediante incentivos tangibles en infraestructura y beneficios fiscales, aunque aún persisten brechas en materia de estandarización técnica de vehículos y protocolos de interoperabilidad red-auto.

- **Guatemala** presenta avances normativos relevantes en materia de infraestructura de carga y condiciones regulatorias para el servicio de recarga de vehículos eléctricos (VE).

En lo relativo a estacionamientos preferenciales, la Ley de Incentivos para la Movilidad Eléctrica (Decreto 40-2022) (Congreso de la República, 2022) fomenta el uso de VE mediante incentivos fiscales y operativos, sin embargo, no contempla disposiciones específicas que obliguen a asignar espacios exclusivos o gratuitos para vehículos eléctricos, ni a nivel nacional ni municipal.

Respecto a la exención de restricciones vehiculares, el mismo Decreto 40-2022 no contempla artículos que liberen a los VE de medidas como “pico y placa”, limitaciones por zonas ambientales o restricciones de circulación. Por tanto, actualmente no existen beneficios normativos que otorguen prioridad operativa a los VE en el sistema vial guatemalteco.

En cuanto a la infraestructura de carga, el Artículo 13 y subsiguientes del Decreto 40-2022 regulan la prestación del servicio de recarga eléctrica, permitiendo que personas naturales o jurídicas ofrezcan este servicio sin necesidad de contrato eléctrico previo, bajo la supervisión de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE). Se establece que dicho servicio debe cumplir con los requisitos técnicos que esta entidad emita, garantizando seguridad y estandarización en su operación.

- **México**, si bien no dispone de todos los incentivos relacionados con la circulación y operabilidad general de vehículos eléctricos



(VE), sí dispone de medidas significativas en materia de estacionamiento preferencial, exenciones vehiculares y regulación de infraestructura de carga.

En cuanto al uso de estacionamientos preferenciales o gratuitos, la Ley de Movilidad de la Ciudad de México y el Reglamento de Tránsito de la CDMX (artículo 35) establecen la obligación de que tanto estacionamientos públicos como privados reserven espacios exclusivos para vehículos eléctricos e híbridos. Estos espacios deben estar claramente señalizados conforme a la normativa vigente, favoreciendo la accesibilidad de los VE en centros urbanos. Respecto a la exención de restricciones vehiculares, los vehículos eléctricos registrados en la Ciudad de México pueden acceder al Holograma “Exento”, el cual los excluye del programa “Hoy No Circula” y de las verificaciones vehiculares obligatorias, otorgándoles libertad de circulación incluso en días con contingencias ambientales o restricciones por emisiones.

Por último, en relación con las estaciones de carga, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) expidió el Acuerdo A/108/2024, mediante el cual se aprueban las Disposiciones Administrativas de Carácter General (DACG) para la integración de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Este marco regulatorio contempla:

- La conexión formal al Sistema Eléctrico Nacional (SEN);
 - La creación de una plataforma digital pública que garantice transparencia e información en tiempo real sobre ubicación, disponibilidad y características técnicas de los puntos de recarga;
 - La interoperabilidad mediante la adopción de protocolos de comunicación abiertos, como OCPP (Open Charge Point Protocol);
 - Y la definición de requisitos técnicos mínimos para los prestadores del servicio de carga, asegurando seguridad, estandarización y fiabilidad operativa.
- **Panamá** se distingue por contar, dentro de los incentivos aplicables a la circulación y operabilidad de vehículos eléctricos (VE), únicamente con la regulación de estaciones de carga, la cual ha sido estructurada bajo un enfoque normativo integral.

La Ley 295 de 2022 (Asamblea Nacional, 2022) establece la Política Nacional de Movilidad Eléctrica en el Transporte Terrestre, definiendo formalmente conceptos clave como carga eléctrica, vehículo eléctrico, y estación de carga en sus artículos 1 al 3. En su Capítulo III (artículos 12 al 18), se mandata a los gobiernos municipales a exigir la instalación de estaciones de carga como parte de los requisitos en nuevos proyectos de infraestructura residencial, comercial o institucional. Además, se autoriza el uso de fuentes de energía renovable para abastecer dichas estaciones. El artículo 15 faculta a personas naturales y jurídicas a prestar el servicio de carga eléctrica, contemplando exenciones fiscales y estableciendo que la regulación técnica y operativa será responsabilidad de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP). Complementariamente, el Decreto Ejecutivo N.º 51 del 15 de febrero de 2023, que reglamenta la Ley 295, desarrolla aspectos específicos para la implementación y operación de estaciones de recarga, incluyendo:

- Señalización obligatoria de espacios designados como “parques verdes” para VE, conforme a lo estipulado por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas (RIE) y las disposiciones técnicas del Cuerpo de Bomberos de Panamá.
 - Requisitos de seguridad eléctrica y medición individualizada de consumo eléctrico, obligando a que cada punto de carga cuente con un medidor exclusivo para registrar el consumo en kWh por parte del VE, y que el sistema eléctrico esté físicamente separado según la categoría del operador.
 - Adopción obligatoria de protocolos de interoperabilidad, como OCPP 1.6 o versiones equivalentes, para garantizar compatibilidad entre operadores y plataformas de gestión.
 - Registro digital obligatorio ante ASEP, a través de una plataforma única habilitada, y supervisión técnica a cargo de la Secretaría Nacional de Energía, asegurando el cumplimiento normativo y la trazabilidad operativa del servicio de carga.
- **Paraguay** ha avanzado en la promoción de la electromovilidad a través de una serie de incentivos normativos, especialmente en lo referente al uso de estacionamientos preferenciales, facilidades de circulación y la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos (VE).

En cuanto a los estacionamientos preferenciales, la Ley N.º 6925/2022



(Osorio, 2022) – De Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico establece disposiciones específicas:

- El Artículo 14 dispone que las municipalidades exonerarán del pago de cualquier tasa de estacionamiento a los vehículos eléctricos debidamente identificados mediante un distintivo oficial emitido por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). Esta medida tiene una vigencia de diez años desde la publicación de la ley.
- El Artículo 15 establece la obligatoriedad de que tanto estacionamientos públicos como privados (centros comerciales, hospitales, universidades, etc.) reservan espacios especiales identificados como “parqueos verdes” para VE, asegurando que estas plazas no sustituyan aquellas reservadas para personas con discapacidad.

En lo referente a la exención vehicular, si bien la Ley 6925/2022 no contempla de forma explícita beneficios como la exoneración de restricciones tipo “pico y placa”, sí establece facilidades indirectas de circulación a través de los siguientes artículos:

- El Artículo 13 establece la exoneración del impuesto de patente para vehículos eléctricos.
- El Artículo 16 faculta a entidades públicas a otorgar facilidades de circulación para vehículos eléctricos pertenecientes a flotas institucionales.

Estas disposiciones otorgan una ventaja operativa a los VE, posibilitando su priorización o preferencia en esquemas de movilidad urbana, incluso sin una mención directa a restricciones específicas. Respecto a las estaciones de carga, la normativa establece una planificación territorial obligatoria y estándares técnicos de operación:

- El Artículo 30 establece que el MOPC deberá garantizar la existencia de al menos dos estaciones de carga rápida en cada municipio con más de 60.000 habitantes, habilitando tanto infraestructura pública como privada accesible a todos los usuarios.
- El Artículo 32 obliga al MOPC y la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) a asegurar la construcción y operatividad de centros de recarga, bajo criterios de compatibilidad con normas internacionales. Asimismo, estipula que deben existir estaciones de carga cada 80 km en rutas nacionales, promoviendo la cobertura en corredores viales interurbanos.
- El Artículo 4 otorga al MOPC la facultad de emitir reglamentos

técnicos específicos para la instalación, operación y supervisión de estaciones de recarga, en coordinación con las entidades regulatorias competentes.

- **Perú**, al igual que Paraguay, presenta avances normativos en el ámbito de las estaciones de carga, aunque no contempla actualmente incentivos vinculados a estacionamientos preferenciales ni exenciones vehiculares.

En relación con los estacionamientos preferenciales, el Reporte Temático N.º 89/2024-2025 del Congreso de la República, en su sección de legislación comparada, concluye que no existe normativa nacional o municipal vigente que obligue a establecimientos públicos o privados a destinar plazas de estacionamiento exclusivas para vehículos eléctricos (VE) o híbridos. La falta de este tipo de incentivos refleja un vacío en la política pública de movilidad sostenible a nivel local.

Respecto a la restricción vehicular, el mismo informe parlamentario indica que no se han establecido disposiciones que eximan a los VE de medidas como el “pico y placa”, “día sin carro” o restricciones ambientales temporales, las cuales siguen aplicando de forma generalizada en diversas jurisdicciones del país. Aunque existen proyectos de ley que buscan incorporar estas exenciones como incentivos para la electromovilidad, aún no han sido aprobados ni implementados en el marco legal nacional.

En cuanto a la infraestructura de carga, Perú sí presenta avances regulatorios importantes. El Decreto Supremo N.º 036-2023-EM (Ministerio de Energía y Minas, 2024), aprueba el Reglamento para la Instalación y Operación de la Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos, el cual establece:

- Clasificación de estaciones: distingue entre estaciones residenciales, públicas de acceso abierto y aquellas destinadas a flotas institucionales o privadas.
- Requisitos técnicos y de seguridad eléctrica: incluyendo condiciones de instalación, interoperabilidad, potencias mínimas y protecciones, en línea con normas internacionales.
- Obligación de registro y reporte ante OSINERGMIN, el organismo supervisor del sector energético.

Asimismo, en el 2020, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) decla-



ró a la electromovilidad como una política de interés nacional, lo cual ha derivado en planes estratégicos orientados a:

- Promover la masificación progresiva de infraestructura pública de carga.
 - Estimular inversiones privadas y público-privadas en el sector.
 - Implementar proyectos piloto en Lima Metropolitana y otras ciudades clave del país, como parte de un modelo de expansión gradual.
- **Uruguay** se destaca por contar con un marco regulatorio consolidado en torno a la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos (VE), siendo este el principal incentivo operativo implementado en el país. La normativa vigente establece que toda infraestructura de recarga pública debe cumplir con los requisitos del Reglamento de Baja Tensión (RBT) y las disposiciones de los códigos municipales de edificación, conforme lo dispuesto por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). Esta institución lidera la política energética nacional en lo referente a movilidad eléctrica. Adicionalmente, la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA) actúa como ente técnico regulador, estableciendo las condiciones eléctricas específicas para las instalaciones de carga mediante el Capítulo XXX del RBT, el cual detalla los criterios de seguridad, conexión, protecciones y capacidad eléctrica exigidos para estaciones públicas y privadas. En 2022, el MIEM emitió una resolución técnica que, establece lineamientos para garantizar la interoperabilidad de las estaciones de carga. Esta resolución exige el uso de protocolos abiertos de comunicación, destacando el Open Charge Point Protocol (OCPP) como estándar obligatorio para asegurar la compatibilidad entre estaciones, operadores y vehículos, facilitando una red interoperable a nivel nacional. Además, Uruguay ha adoptado la norma técnica UNIT 1234:2020, que se basa en los estándares europeos de carga conductiva. Esta norma regula aspectos clave como:
 - Tipos de conectores compatibles.
 - Capacidades de potencia admisibles.
 - Requisitos de compatibilidad electromagnética.
 - Condiciones mínimas de instalación y seguridad operativa.

Tabla 04. Otros tipos de incentivos

PAÍS/INCENTIVO	LEASING	ACUERDOS DE COMPROMISOS AMBIENTALES
Argentina	✗	
Bolivia		✓
Brasil	✗	✓
Chile	✗	✓
Colombia	✓	
Costa Rica	✓	✓
Ecuador	✗	✓
El Salvador		✓
Guatemala		✓
Jamaica	✓	✓
México	✗	✓
Panamá	✗	✓
Paraguay	✓	✓
Perú		✓
Uruguay	✗	✓

Fuente: OLADE, elaboración propia con base a información de las estadísticas nacionales

La Tabla 04, se encuentra definida por parámetros que han permitido a la mayor parte de los países de la región considerar los acuerdos respecto al medio ambiente, debido a que todo cambio en la matriz energética debe ser analizado a detalle. De igual forma, la tabla abarca el estudio de los autos eléctricos que prestan su servicio como leasing (alquiler de carros).

1. Leasing: Es una modalidad de adquisición de vehículos eléctricos mediante arrendamiento a mediano o largo plazo, con opción de compra al finalizar el contrato (leasing financiero) o sin ella (leasing operativo).
2. Acuerdos de compromisos ambientales: Son pactos formales entre gobiernos, empresas, instituciones o países para reducir su impacto ambiental, mediante acciones voluntarias o reguladas como la adopción de vehículos eléctricos.

A partir de la Tabla 04 se tiene la siguiente reseña por país:

- En **Colombia**, el leasing financiero y operativo aplicado a vehículos eléctricos ha experimentado un crecimiento significativo, especialmente en el segmento de flotas para entregas urbanas. Si bien actualmente no existe una ley específica que regule este mecanismo para vehículos eléctricos, diversas entidades del sector privado han desarrollado esquemas de leasing atractivos, aprovechando los beneficios tributarios contemplados en el Decreto 1964 de 2019 (Suárez, 2019). Un ejemplo destacado es la empresa Arval (ARVAL, 2025), que ofrece soluciones de leasing que permiten a las empresas acceder a deducciones en el impuesto sobre la renta, siempre que se cumplan los requisitos establecidos en la normativa vigente. Este tipo de instrumentos financieros se ha convertido en una alternativa eficaz para facilitar la adopción de vehículos eléctricos, al reducir los costos iniciales de inversión y promover la renovación de flotas bajo criterios de sostenibilidad.
- **Costa Rica** ofrece en el mercado productos financieros de renting o leasing flexible para vehículos eléctricos, los cuales facilitan el acceso a esta tecnología sin necesidad de una compra directa. Un ejemplo representativo es Total Fleet Costa Rica (TOTAL Fleet, 2025), que brinda servicios de movilidad mediante esquemas de arrendamiento operativo. Si bien no existe una legislación específica que regule estos instrumentos para vehículos eléctricos, el entorno financiero y comercial ha permitido su desarrollo como una alternativa viable para empresas y particulares interesados en la transición hacia una movilidad más sostenible.
En cuanto a los compromisos ambientales, Costa Rica mantiene una participación activa en los acuerdos climáticos internacionales, incluyendo las Conferencias de las Partes (COP). Su Política Nacional de Movilidad Eléctrica contempla metas claras de elec-

trificación del transporte público, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con la ambiciosa meta nacional de reducir en un 20 % las emisiones del sector transporte para el año 2050 (MINAE, 2020).

- **Bolivia**, mediante la participación en la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) (GIZ Bolivia, 2024a), presenta un compromiso estructural del país con la descarbonización del sector transporte.

En el marco de sus compromisos climáticos internacionales, se ha propuesto una reducción del 22% en sus emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, vinculando esta meta a la promoción e implementación progresiva de la movilidad eléctrica a nivel nacional (GIZ Bolivia, 2024b).

- **Brasil** cuenta con empresas como General Motors que han firmado el Pacto Mundial de la ONU, comprometiéndose a electrificar flotas y cadenas de suministro sostenibles (Stuckert, 2024), (Centeno, 2024).
- **Chile** cuenta con el Acuerdo Público-Privado por la Electromovilidad, suscrito desde 2021 entre el gobierno, empresas del sector energético y automotriz, instituciones académicas y organizaciones civiles (Ministerio de Energía, 2021), que establece una hoja de ruta conjunta para acelerar la transición hacia una movilidad sostenible. Este acuerdo contempla metas específicas a cumplir hasta 2025, enfocadas en el despliegue de infraestructura de recarga, la interoperabilidad de los sistemas, y la formación técnica especializada para consolidar capacidades nacionales en torno a la electromovilidad (ABB, 2021), (Ministerio de Energía, 2021b).
- **Ecuador** impulsa la transición hacia una movilidad sostenible a través del proyecto E-MOVILIZA (E-MOVILIZA, 2025), liderado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Esta iniciativa refleja un compromiso institucional y público-privado para acelerar la adopción de la electromovilidad con un enfoque inclusivo y equitativo, priorizando criterios de accesibilidad, sostenibilidad y justicia social. Adicionalmente, Ecuador participa activamente en espacios como la Mesa Técnica de Movilidad Eléctrica del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE),



donde se abordan estrategias integradas de chatarrización de vehículos contaminantes y promoción de tecnologías limpias en el sector transporte (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2024).

- **El Salvador** ha lanzado su Estrategia de Fomento a la Electromovilidad, enmarcada dentro del Plan de Despegue Económico impulsado por el Gobierno Nacional. Esta estrategia establece compromisos concretos orientados al desarrollo progresivo de infraestructura de recarga, la implementación de incentivos fiscales y la promoción de la adopción de vehículos eléctricos (VE). El plan busca no solo dinamizar el sector transporte, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la modernización del parque automotor, alineando sus objetivos con las tendencias regionales y globales de descarbonización. (Murillo, 2020)
- **Guatemala**, por su parte, se encuentra en proceso de formulación de una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Esta iniciativa contempla compromisos interinstitucionales orientados a la incorporación de la electromovilidad como un eje central de la política climática nacional, buscando alinear los objetivos de reducción de emisiones con el desarrollo de un sistema de transporte sostenible y resiliente (PNUMA, 2023).
- **Jamaica** se encuentra desarrollando el leasing y renting de vehículos eléctricos, particularmente en flotas corporativas y servicios de taxis eléctricos en zonas urbanas como Kingston (Ministry of Science, Energy, Telecommunications and Transport, 2023). Aunque esta práctica se ha expandido progresivamente, no existe una regulación específica que la normativice formalmente, manteniéndose como una solución promovida por el sector privado.

En relación con los compromisos ambientales, el país avanza en la implementación de estándares de emisiones vehiculares, dentro del marco normativo del Road Traffic Act (2018) (Montague, 2018). Además, se proyecta la adopción de los futuros “Motor Vehicle Exhaust Emission Standards”, elaborados por la Agencia Nacional de Planificación Ambiental (NEPA) (Reynolds-Baker, 2014). Estos es-

fuerzos están alineados con los compromisos adquiridos en conferencias climáticas internacionales (COP), en el marco de una estrategia nacional para mitigar las emisiones del sector transporte.

- **México**, a través de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y el Gobierno Federal, ha emitido disposiciones alineadas con sus compromisos ambientales de electrificación del transporte y el desarrollo de infraestructura de carga interoperable. Actualmente, se encuentra en proceso de elaboración y adopción de Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) técnicas que establecerán los requisitos específicos para garantizar la seguridad, eficiencia y compatibilidad de los sistemas de recarga a nivel nacional (Zarco, 2024), (Hernández, 2024).
- **Panamá**, mediante la Ley N.º 295 de 2022 (Asamblea Nacional, 2022), refleja su compromiso con la acción climática al establecer una política nacional de movilidad eléctrica, que promueve la infraestructura de carga a través de incentivos fiscales, exenciones tributarias y obligaciones de planificación estatal para nuevos proyectos urbanísticos. Esta ley es operativizada por el Decreto Ejecutivo N.º 51 de 2023 (Ministerio de la Presidencia, 2023), que detalla los requisitos técnicos, de seguridad y de interoperabilidad para las estaciones de recarga eléctrica, consolidando el marco regulatorio para una transición ordenada hacia el transporte sostenible.
- **Paraguay**, dispone de leasing de vehículos eléctricos principalmente para empresas a través de esquemas de financiamiento privado, aunque no existe una normativa específica que lo regule (Sudameris, s. f.). Se trata de un mercado en expansión, impulsado por el creciente interés del sector corporativo en soluciones de movilidad sostenible.

En cuanto a los compromisos ambientales, la Ley N.º 6925/2022 (Osorio, 2022) establece objetivos concretos de electrificación del transporte y de reducción de emisiones de CO₂, promoviendo la adopción de vehículos eléctricos tanto en flotas públicas como en servicios de alquiler público. La normativa también exige el desarrollo de infraestructura de carga, cuya planificación y regulación están a cargo del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE).



- **Perú**, mediante el Decreto Supremo N.º 022-2020-EM (Vizcarra, 2020), declara la electromovilidad como un asunto de interés nacional, estableciendo metas orientadas a la electrificación progresiva de las flotas públicas. Este marco se ve complementado por el Decreto Supremo N.º 036-2023-EM (Diario Oficial del Bicentenario, 2023), que aprueba el Reglamento para la Instalación y Operación de Infraestructura de Carga, consolidando así las condiciones técnicas, de seguridad e interoperabilidad para el despliegue de estaciones públicas de recarga.
- **Uruguay** ha asumido el compromiso de alcanzar la carbono neutralidad para el año 2050, como parte de su estrategia nacional frente al cambio climático. En este marco, ha impulsado acuerdos públicos-privados en materia de electromovilidad, que reúnen a actores gubernamentales y del sector privado con el objetivo de desplegar infraestructura de carga, promover la capacitación técnica especializada y reducir las emisiones del sector transporte de manera progresiva y articulada (SNRCC, 2021).

Bibliografía:

- ABB. (2021, abril 23). ABB en Chile refuerza su compromiso con impulsar la electromovilidad en el país | News center. <https://new.abb.com/news/es/detail/77049/abb-en-chile-refuerza-su-compromiso-con-impulsar-la-electromovilidad-en-el-pais?>
- AETN. (2021, septiembre 6). Resolución 480/2021. <https://fundacionsolon.org/wp-content/uploads/2022/03/aetn-no-4802021.pdf?>
- Agencia de Regulación y Control. (2022). Regulaciones Vigentes. <https://es.scribd.com/document/861706298/Regulaciones-Vigentes-1?>
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2023). Acuerdo por la Electromovilidad 2023-2024. <https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2023/11/AEM-COMPROMISOS-2023-actualizado.pdf?>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. (2023, febrero 7). RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.059. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>
- ALPHEA SUMNER. (2022, julio 20). Gov't drops duties on electric vehicles to 10 per cent—Jamaica Observer. <https://www.jamaicaobserver.com/2022/07/20/govt-drops-duties-on-electric-vehicles-to-10-per-cent/>
- Amsablea Legislativa de la Republica de El salvador. (2017). Decreto 477. <https://observatorioivalfonate.org/>

gob.sv/wp-content/uploads/2021/08/LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TR%C3%81NSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf

- ANEEL. (2018, junio 19). Resucion Normativa 819.pdf. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>
- ANEEL. (2021, diciembre 7). AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>
- ANNEEL. (2021, diciembre 7). RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N° 1.000. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>
- Arce, L. (2019, diciembre 12). Decreto supremo 4539.pdf. https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa_12345_1207202165cc.pdf
- ARCONEL. (2015, septiembre 9). Resolución ARCONEL-038/15. Normativa Jurídica de Ecuador. <https://www.oficial.ec/resolucion-arconel-03815-incluyese-en-pliego-tarifario-tarifa-general-en-baja-tension-registrador>
- ARCONEL. (2024, octubre 30). PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA - CODIFICADO. <https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/11/Pliego-TSPEEL-2024-Cod.pdf>
- ARVAL. (2025, mayo 20). Renting para vehículos eléctricos e híbridos | Arval Relsa Columbia. <https://www.arval.co/public/renting-para-vehiculos-electricos-e-hibridos>
- Asamblea Legislativa. (2021, abril 30). Decreto 738. <https://www.jurisprudencia.gob.sv/DocumentosBoveda/D/2/2020-2029/2021/05/E7020.PDF>
- Asamblea Legislativa. (2022, agosto 19). Decreto 465. <https://www.asamblea.gob.sv/sites/default/files/documents/correspondencia/D0C1627D-9EEE-4F18-A825-054AF23987CF.pdf>
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (2016, agosto 16). Bolivia: Ley N° 821, 16 de agosto de 2016. <https://www.lexivox.org/norms/BO-L-N821.html>
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (2019, enero 24). Bolivia: Ley N° 1151, 24 de enero de 2019. <https://www.lexivox.org/norms/BO-L-N1151.xhtml>
- Asamblea Nacional. (2022, abril 15). Ley 295.pdf. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29523_A/GacetaNo_29523a_20220425.pdf
- Astori, D. (2017, noviembre 27). Decreto N° 325/017. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/325-2017>
- Ávila, L. (2020, diciembre 4). Resolución 33675 EXENTA. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Barbosa Luciana. (2024, diciembre 23). LEI N° 15.071. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15071-23-dezembro-2024-796799-publicacaooriginal-173904-pl.html>
- Bennettk, K. (2021, julio 9). JPS to introduce cheaper ‘time of use’ rates for EV charging. <https://jamaica-gleaner.com/article/business/20210709/jps-introduce-cheaper-time-use-rates-ev-charging>
- Bennettk, K. (2024, septiembre 6). Jamaica’s EV shift faces roadblocks—Jamaica Observer. <https://www.jamaicaobserver.com/2024/09/06/jamaicas-ev-shift-faces-roadblocks/>



- BID. (2021, marzo 24). Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador. https://varusecuador.com/wp-content/uploads/2021/05/Estrategia_Nacional_de_Electromovilidad_Ecuador.pdf
- Bonilla, R. (2023, noviembre 8). DECRETO 1898 DE 2023. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30050384>
- Camara de Diputados. (2023, mayo 25). Ley Federal del Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN) [PDF]. Justia. <https://mexico.justia.com/federales/leyes/ley-federal-del-impuesto-sobre-automoviles-nuevos/>
- Centeno, D. (2024, septiembre 6). GM Announces Major Investment In São Paulo, Brazil. <https://gmauthority.com/blog/2024/09/gm-announces-major-investment-in-sao-paulo-brazil/>
- CMC. (2022, julio 25). Jamaica Lowers Duty on Electric Vehicle Imports. Caribbean Today. <https://caribbeantoday.com/sections/business-blog/jamaica-lowers-duty-on-electric-vehicle-imports>
- COMEX. (2019). Resolución 016/2019. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/RESOLUCIO%CC%81N-COMEX-016-2019.pdf>
- Comisión Reguladora de Energía. (2024, septiembre 10). Nueva regulación en materia de carga de vehículos eléctricos y vehículos híbridos conectables. Cacheaux, Cavazos & Newton. <https://ccn-law.com/es/nueva-regulacion-en-materia-de-carga-de-vehiculos-electricos-y-vehiculos-hibridos-conectables/>
- Comisiones de Legislación y de Hacienda y Presupuesto. (2019, marzo 19). Decreto 204. <https://www.asuncion.gov.py/wp-content/uploads/2019/09/ORD-2019-204-REGLAMENTA-INSTALACION-ESTACIONES-DE-CARGA-VEHICULOS-ELECTRICOS-ESPACIO-PUBLICO.pdf?>
- CONAMA. (2009, septiembre 24). Resolução CONAMA nº 415. <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=111058>
- Congreso de la Republica. (2022, agosto 29). Decreto 40. https://www.congreso.gob.gt/assets/uploads/info_legislativo/decretos/a3706-40-2022.pdf?
- Congreso de la Republica, M. M. (2000, septiembre 5). Ley 27345. https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AEA8870786EE2A2B05257C9E005AC16B/%24FILE/27345.pdf
- Del Pozo, H. (2019, marzo 19). Ley Orgánica de Eficiencia Energética.
- Diario Oficial. (2013). NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013,. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6648/1/nom-163-semarnat-ener-scfi-2013.pdf?>
- Diario Oficial del Bicentenario. (2023, diciembre 31). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Instalación y Operación de la Infraestructura de Carga de la Movilidad Eléctrica—DECRETO SUPREMO - Nº 036-2023-EM - ENERGIA Y MINAS. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/undefined/dispositivo/NL/2249540-3?>
- Dirección Nacional Jurídica. (2024, febrero 26). Decreto 176.
- E-MOVILIZA. (2025). E-MOVILIZA. E-MOVILIZA (GEF7). <https://www.e-moviliza.org/>
- Función Pública. (2021). Decreto 191 de 2021—Gestor Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=159195&>
- GECEX-CAMEX. (2025, julio 1). Governo aumenta imposto de importação para carros elétricos e híbridos.

CNN Brasil. <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/governo-aumenta-imposto-de-importacao-para-carros-eletricos-e-hibridos/>

- GIZ Bolivia. (2024a). Estrategía Nacional de Movilidad Eléctrica. <https://bivica.org/file/view/id/7057?>
- GIZ Bolivia. (2024b, septiembre). Programa de fortalecimiento a la transición energética en Bolivia-Pro-Transición. https://www.giz.de/en/downloads/7096_FS%20ProTransici%C3%B3n%20FINAL.pdf?
- Gómez, Z. (2014, julio 4). Ley: 5211. <https://silpy.congreso.gov.py/web/ley/136192>
- Haddad Fernando. (2014, mayo 27). Lei Ordinária 15997 2014 de São Paulo SP. <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2014/1600/15997/lei-ordinaria-n-15997-2014-estabelece-a-politica-municipal-de-incentivo-ao-uso-de-carros-eletricos-ou-movidos-a-hidrogenio-e-da-outras-providencias>
- Hernández, M. (2024, octubre). Resumen boletines—Instituto Mexicano del Transporte. <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=619&IdBoletin=212&>
- INEN. (2002). Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2 204—2002 | PDF | Transporte | Coche. Scribd. <https://es.scribd.com/document/190170469/Norma-Tecnica-Ecuatoriana-Nte-Inen-2-204-2002>
- INEN. (2017). Reglamento Técnico PRTE-162. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/PRTE-162.pdf?>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2024, julio 17). IIGE presidirá la Mesa Técnica para Movilidad Vehicular Eléctrica y Chatarrización – Instituto de Investigación Geológico y Energético. <https://www.geoenergia.gob.ec/iige-presidira-la-mesa-tecnica-para-movilidad-vehicular-electrica-y-chatarrizacion/?>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2020). UNIT_1130_2020.pdf. https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/2025-04/UNIT_1130_2020.pdf?
- INTECO. (2020a, mayo 15). INTE N120:2020. <https://inteco.org/tienda/catalogo/INTEN1202020>
- INTECO. (2020b, mayo 15). INTE N121:2020. <https://inteco.org/tienda/catalogo/INTEN1212020>
- Lasso, G. (2021, octubre 26). Decreto_Ejecutivo_No._238.pdf. https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/Decreto_Ejecutivo_No._238.pdf?
- MINAE. (2020). Contribución Nacionalmente Determinada. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Contribucion%CC%81n%20Nacionalmente%20Determinada%20de%20Costa%20Rica%202020%20-%20Versio%CC%81n%20Completa.pdf?>
- MINAE. (2022). Decreto 43.641. <https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2022/08/Decreto-Ejecutivo-43.641.pdf?>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2017, noviembre 14). Resolución E 797 / 2017. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2021, noviembre 15). Resolución 383/2021. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/>
- MINISTERIO DE BIENES NACIONALES. (2021, junio 3). Decreto 225. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1160662>



- MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. (2017). Decreto 1116 de 2017. <https://www.mincit.gov.co/normatividad/proyectos-de-normatividad/proyectos-de-decretos-2019/pytodecretovehiculos.aspx?>
- Ministerio de Economía. (2024, septiembre 30). Resolución 289/2024. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/>
- Ministerio de Energía. (2021). Compromiso público privado por la electromovilidad 2021. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/Documento%20Compromisos%20Electromovilidad%202021.pdf?>
- Ministerio de Energía. (2021a, febrero 13). Ley 21305. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Ministerio de Energía. (2021b, octubre). Estrategia Nacional de Electromovilidad. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_nacional_de_electromovilidad_2021_0.pdf
- Ministerio de Energía. (2023, mayo 17). Decreto 12. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Ministerio de Energía. (2024, octubre 11). Ley Chile—Resolución 27547 EXENTA 11-OCT-2024 MINISTERIO DE ENERGÍA, SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES - Biblioteca del Congreso Nacional. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1207347&idVersion=2024-10-11&>
- Ministerio de Energía y Minas. (2024, marzo 7). Decreto Supremo N.º 036-2023-EM. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/5325447-036-2023-em?>
- Ministerio de Industria, Energía, y Minería. (2020, diciembre 1). Norma S/N de fecha 01/12/2020 UNIT 1234:2020. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Ministerio de Industria, Energía y Minería. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/norma-sn-fecha-01122020-unit-12342020-sistema-conductivo-carga-para>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2025, julio 2). Subite—Programa de incorporación de vehículos eléctricos | Trámites. <https://www.gub.uy/tramites/subite-programa-incorporacion-vehiculos-electricos?>
- Ministerio de Industria y Comercio. (2023, febrero 8). Decreto 8840. <https://www.movilidadelectronica.org.py/decreto8840.pdf?>
- Ministerio de la Presidencia. (2023, febrero 15). Decreto 51.pdf. <https://www.cerlatam.com/wp-content/uploads/2023/03/Decreto-Ejecutivo-No.-51-de-15-de-febrero-de-2023.pdf?>
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Resolución número 40123 de 2024, por la cual se establecen las condiciones de interoperabilidad para las estaciones de carga de acceso público de vehículos eléctricos e híbridos enchufables—vLex Colombia. <https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-40123-2024-1032014254?>
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (1989, agosto 23). Ley 18823. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2016, octubre 10). Decreto 6092. 08/2025
- Ministerio de Transporte, B. del C. (2020, abril 30). Resolución 1555 EXENTA. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). (2019). Plan Nacional de Transporte Eléctrico.pdf. <https://bi->

bioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00909.pdf?

- MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. (2021, mayo 26). Resolución 682 EXENTA. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2018, diciembre 20). RESOLUÇÃO N. 492. https://conama.mma.gov.br/?id=765&option=com_sisconama&task=arquivo.download
- Ministry of Science, Energy, Telecommunications and Transport. (2023, junio). Electric Vehicle Policy. <https://www.mset.gov.jm/wp-content/uploads/2023/06/National-Electric-Vehicle-Policy-June2023.pdf?>
- Montague, R. (2018). THE ROAD TRAFFIC ACT. <https://japarlament.gov.jm/attachments/article/339/the%20road%20traffic%20act%202018.pdf?>
- Montaña, X. (2022, marzo 23). Electromovilidad: El difícil camino en Bolivia - EnerNews. <https://enernews.com/nota/345792/electromovilidad-el-dificil-camino-en-bolivia>
- Murillo, L. (2020, febrero 18). Gobierno de El Salvador impulsa el uso de vehículos eléctricos. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.ambiente.gob.sv/gobierno-de-el-salvador-impulsa-el-uso-de-vehiculos-electricos/> El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador cumple su mandato como rector de la gestión ambiental nacional y es una institución cohesionada y respetada que promueve una vigorosa cultura ciudadana para recuperar el medio ambiente y reducir los riesgos socioambientales.
- Nacional. (1990, marzo 8). Ley 18951. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile>
- Osorio, A. (2022, octubre 26). Ley: 6925. <https://silpy.congreso.gov.py/web/ley/143988>
- PNUMA, M. (2023, marzo 10). Guatemala trabaja en la Estrategia nacional de movilidad eléctrica. MOVE. <https://move.accionclimatica-alc.org/guatemala-trabaja-en-la-estrategia-nacional-de-movilidad-electrica/>
- RE-0129-IE-2020. (2020, diciembre 16). vLex. <https://vlex.co.cr/vid/fijacion-tarifa-aplicable-centros-853301022>
- Rebelo Luis. (2024, junio 27). LEI N° 14.902. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14902-27-junho-2024-795862-publicacaooriginal-172231-pl.html?>
- Régimen Legal de Bogotá D.C. (2019, mayo 25). Ley 1955 de 2019 Congreso de la República de Colombia. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=84147&>
- Régimen Legal de Bogotá D.C. (2021, julio 9). Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=114758&>
- Reynolds-Baker, A. (2014, junio 18). NEPA Completing Draft on Motor Vehicle Emission Standards – Jamaica Information Service. <https://jis.gov.jm/nepa-completing-draft-motor-vehicle-emission-standards/?>
- Roldán Eddy. (2020, abril 30). Ley Chile—Resolucion 1555 EXENTA 30-ABR-2020 MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES, SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL XIII REGIÓN METROPOLITANA - Biblioteca del Congreso Nacional. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1144750>
- Santamaría, R. (1999). Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 13.11.03:01. https://osartec.gob.sv/wp-content/uploads/download-manager-files/13_d.o._nso_fuentes_moviles.pdf?



- Secretaría de Ambiente y Desarrollo. (2014, diciembre 29). Resolución 1464/2014. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/>
- Secretaria de Gobernacion. (2017). NOM-044-SEMARNAT-2017. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513626&fecha=19%2F02%2F2018&
- Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. (2025, abril 15). DECRETO N° 12.435. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/D12435.htm
- Sedano, J. (2021, diciembre 13). Resolucion AETN 776-2021.pdf. <https://www.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/AETN-R-0776-27-21-A-fvargas-2022-01-18-i.pdf?>
- Sedano Julia. (21d. C., septiembre 6). Resolucion AETN 479-2021.pdf. <https://www.deoruro.bo/images/Electromovilidad/REGLAMENTO%20T%C3%89CNICO%20Y%20DE%20SEGURIDAD%20PARA%20LAS%20INSTALACIONES%20DE%20RECARGA%20DE%20VEH%C3%8DCULOS%20EL%C3%89CTRICOS.pdf?>
- Sistema Costarricense de Informacion Juridica. (2018a, enero 25). Incentivos y promoción para el transporte eléctrico N° 9518. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85810&nValor3=111104¶m1=NRTC&strTipM=TC&
- Sistema Costarricense de Informacion Juridica. (2018b, enero 25). Reglamento para la construcción y el funcionamiento de la red de centros de recarga eléctrica para automóviles eléctricos por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica N° 41642-MINAE. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=89191&nValor3=116987¶m1=NRTC&strTipM=TC&
- SNRCC. (2021, diciembre). ESTRATEGIA CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO DE URUGUAY. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/URY_LTS_Dec2021.pdf?
- Solís. (2018, enero 25). Ley 9518 | Recurso didáctico n.4: Los automóviles eléctricos y la Ley de Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico. https://luzydiversion.cnfl.go.cr/recursos/curso2/Recurso4/ley_9518.html?
- Solórzano, A. (2023, marzo 21). Resolución CNEE-69/2023. <https://dplnews.com/guatemala-es-tas-son-las-normas-para-prestar-servicios-de-carga-de-vehiculos-electricos/>
- Stuckert, R. (2024, enero 24). GOV.BR. Planalto. <https://www.gov.br/planalto/en/latest-news/2024/01/in-meeting-with-lula-gm-executives-announce-investment-plan-in-brazil>
- Suárez, M. (2019, julio 11). Ley 1964 del 2019. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1964-2019.pdf?>
- Sudameris. (s. f.). Leasing. Recuperado 5 de agosto de 2025, de <https://www.sudameris.com.py/Leasing?>
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2024). PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO RIC N°15 INFRAESTRUCTURA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. <https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2024/03/RIC-N15-Version-2024.pdf?>
- TOTAL Fleet. (2025). Renting Costa Rica | Soluciones para Empresas. Total Fleet Costa Rica. <https://www.totalfleetcr.com/>
- URSEA. (2023, julio 11). Resolución N° 368/023 Modificación al Reglamento de Seguridad de Productos

Eléctricos de Baja Tensión. Ministerio de Industria, Energía y Minería. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/institucional/normativa/resolucion-n-368023-modificacion-reglamento-seguridad-productos-electricos>

- UTEC. (2023, marzo 14). Informe Vehículos Eléctricos en Uruguay. https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/Uruguay-Informe_MovilidadElectrica_2023.pdf?
- Vizcarra, M. (2020, agosto 22). Decreto Supremo 022-2020-EM. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1258467/DS%20N%C2%B0%20022-2020-EM.pdf?>
- Zarco, L. D. A. de C. G. constituyen en la primera regulación para la integración de infraestructura de carga de vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos conectables al S. E. N. como parte de una R. E. I. J. (2024, septiembre 12). Expide la Comisión Reguladora de Energía, las DACG's, en materia de electromovilidad. pv magazine Mexico. <https://www.pv-magazine-mexico.com/2024/09/12/expide-la-comision-reguladora-de-energia-las-dacgs-en-materia-de-electromovilidad/>

Financiamiento para la movilidad sostenible

La movilidad sostenible representa un pilar fundamental en la transición energética justa que se encuentran transitando los países de América Latina y el Caribe (ALC). Desde una perspectiva energética, social y ambiental, los sistemas de transporte deben transformarse para reducir su dependencia de combustibles fósiles, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mejorar la eficiencia del uso de la energía y garantizar el acceso equitativo al transporte. En este marco, el financiamiento juega un papel central como habilitador de las soluciones técnicas, urbanísticas, tecnológicas y socio culturales necesarias para lograr una movilidad urbana y regional baja en carbono, eficiente y accesible.

¿Qué entendemos por movilidad sostenible?

La movilidad sostenible se define como aquella que permite satisfacer las necesidades de desplazamiento de las personas y mercancías sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones. Implica garantizar la sostenibilidad ambiental, social y económica del sistema de transporte. Esto se traduce en:

- Reducción de emisiones contaminantes y consumo de energía.
- Promoción de la equidad en el acceso a medios de transporte.



- Fomento de la movilidad activa (caminata, bicicleta) y electrificación del transporte motorizado.
- Integración de políticas urbanas y de transporte bajo un enfoque de eficiencia y cohesión social.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2024), lograr un transporte sostenible requiere un enfoque integral que incluya vehículos eficientes, energías limpias, infraestructura adecuada y un cambio en los patrones de movilidad. La mera sustitución de los energéticos de origen fósil por otros energéticos no es condición suficiente para el cumplimiento del objetivo, sino que además es necesaria la planificación urbana centrada en la sostenibilidad, la distribución modal y la gestión inteligente de la demanda de transporte.

Tipos y modelos de adquisición de vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos (VE) constituyen una pieza clave en la descarbonización del sector transporte. Para facilitar su incorporación masiva, es necesario promover esquemas de adquisición que reduzcan las barreras iniciales de entrada. Entre los modelos existentes se destacan:

- **Compra directa con subsidios:** los gobiernos pueden otorgar subsidios directos a personas, flotas corporativas o transporte público para reducir el costo de adquisición de VE.
- **Arrendamiento financiero (leasing):** permite el uso del vehículo mediante pagos mensuales, facilitando su renovación periódica y actualización tecnológica.
- **Modelos de “vehículo como servicio”:** esquemas como el car-sharing o el uso de plataformas tecnológicas para la movilidad compartida que integran los VE sin necesidad de propiedad individual.
- **Compras públicas agregadas:** permite a los gobiernos o entidades multilaterales negociar precios preferenciales para grandes volúmenes de adquisición, como se ha demostrado en el caso de flotas de autobuses eléctricos.

Estos modelos requieren marcos normativos potentes y fuentes de financiamiento diversificadas. Además, deben considerar el ciclo de vida com-

pleto del vehículo, incluyendo su eficiencia energética, mantenimiento y disposición final. Principalmente se deberá abordar el Costo Total de Propiedad (CTP) como variable a analizar cuando se realicen comparaciones entre diversos tipos de vehículos.

Necesidades de financiamiento para avanzar hacia una movilidad sostenible

La transición hacia una movilidad sostenible requiere inversiones significativas en tres áreas fundamentales:

- **Infraestructura:** construcción de corredores prioritarios para el transporte público, redes de ciclovías, estaciones de carga para VE, modernización del sistema viario, semaforización inteligente y soluciones de movilidad integrada.
- **Material rodante:** renovación de flotas de transporte público (autobuses, tranvías, trenes) con tecnologías bajas o nulas en emisiones. Esto incluye también el impulso a flotas privadas, taxis, pymes y servicios de plataformas que opten por alternativas eléctricas o híbridas.
- **Cambio cultural y formación:** financiamiento de campañas de concientización, capacitación técnica, estudios de movilidad, planificación urbana y de movilidad con participación ciudadana y medidas de transición justa que faciliten la aceptación de nuevas tecnologías y formas de movilidad.

La movilidad compartida también requiere financiación, ya que modifica las lógicas tradicionales del transporte al reducir el número de vehículos en circulación y fomentar un uso más racional de los recursos.

Actores que financian la transición hacia la movilidad sostenible

Estados nacionales:

Los gobiernos centrales desempeñan un rol crucial al habilitar mecanismos financieros que estimulen el cambio tecnológico y cultural del sector. Entre las herramientas destacadas se encuentran:



- Reducción o exoneración de impuestos para la adquisición de VE y equipos asociados.
- Asignación de subsidios directos para el transporte público o privado de bajas emisiones.
- Implementación de impuestos al carbono o a la congestión vehicular para financiar sistemas sostenibles.
- Redireccionamiento del gasto público hacia infraestructura verde.
- Uso de instrumentos urbanísticos como las plusvalías urbanas o capturas de valor por mejoras en el transporte.
- Exoneración de cobro de peajes para vehículos de bajas emisiones.

Gobiernos subnacionales:

Las ciudades y provincias también cuentan con herramientas de fondeo relevantes:

- Reducción de tasas de circulación para vehículos sostenibles.
- Cobros diferenciados de estacionamiento en función del tipo de vehículo o zona.
- Recaudación por uso de espacio público (ej. estacionamientos en vía pública) para financiar buses o ciclovías.
- Mecanismos de compensación por mayores aprovechamientos urbanos en torno a infraestructura de transporte.

Inversores institucionales, bancos de desarrollo y organismos multilaterales:

- Proveen financiamiento de largo plazo para grandes obras de infraestructura vial, sistemas de transporte masivo, estaciones de carga y redes eléctricas asociadas.
- Estructuran fondos destinados a la adquisición de material rodante bajo en emisiones, lo cual permite reducir el costo total de propiedad (CTP) y mitigar el esfuerzo inicial de inversión.

- Apoyan la generación de mercados de bonos de carbono y esquemas de financiamiento vinculados a resultados (Results-Based Finance).
- Instrumentan soluciones para reducir riesgos de inversión mediante garantías, blended finance y fondos verdes.

Bancos comerciales, proveedores y empresas de servicios energéticos (ESCOs):

- Otorgan créditos en condiciones preferenciales a operadores de transporte y usuarios finales.
- Desarrollan modelos de pago por ahorro, en los que el costo del financiamiento se compensa con el ahorro energético generado.
- Participan en esquemas de “electromovilidad como servicio” que integran financiamiento, mantenimiento y suministro energético.

Fondeo y financiación del transporte público en ALC: una prioridad regional

El transporte público eficiente y accesible es la columna vertebral de la movilidad sostenible en América Latina y el Caribe. Sin él, no es posible garantizar el derecho a la ciudad, plantear alternativas al automóvil particular, ni alcanzar las metas climáticas y energéticas regionales.

Actualmente, el transporte es responsable de aproximadamente el 40% de las emisiones de CO₂ en la región (BID, 2023). Además, se estima que la congestión vial cuesta hasta el 1% del PIB anual en ciudades como Buenos Aires, Sao Paulo o Ciudad de México. Más de 150 millones de personas viven en zonas urbanas con niveles de contaminación que superan los límites recomendados por la OMS (CAF, 2024).

Frente a este escenario, las estrategias de fondeo y financiamiento deben centrarse en:

- Uso eficiente de los subsidios, priorizando la mejora del servicio y el acceso de poblaciones vulnerables.
- Generación de nuevas fuentes de pago, como impuestos al estacionamiento, a la congestión o a la contaminación, y mecanismos de captura de valorizaciones urbanísticas.



- Diversificación de instrumentos financieros: créditos multilaterales, bonos verdes, financiamiento concesional, instrumentos de mitigación de riesgos.
- Fortalecimiento de capacidades locales para la planificación, gestión y evaluación de inversiones.

Experiencias como las de Santiago de Chile, Ciudad de México y Bogotá muestran que la innovación financiera puede acelerar la electrificación del transporte público, reducir costos y mejorar la calidad del servicio.

Consideraciones finales y necesidad de estudios futuros

El financiamiento para la movilidad sostenible representa un campo en constante evolución. Las condiciones económicas, tecnológicas y políticas de los países de ALC demandan estrategias adaptadas y soluciones innovadoras que aseguren la viabilidad técnica y financiera de los proyectos. Es importante destacar que no existen soluciones únicas, sino que cada sociedad necesita un mix de soluciones adecuadas a sus posibilidades, necesidades y particularidades culturales.

Es importante continuar avanzando en estudios sobre los costos energéticos del transporte, la eficiencia comparada entre modos, el rol de las energías renovables y las tecnologías de almacenamiento de energía y el análisis de esquemas tarifarios y de los costos totales de propiedad de los vehículos por tipo de motorización. Asimismo, es necesario explorar los roles de la digitalización, la inteligencia artificial y el análisis de Big Data para una gestión del transporte con eficiencia operativa y energética.

En próximas ediciones del *Libro Blanco de la Movilidad Sostenible*, este capítulo deberá ser ampliado con nuevas evidencias, indicadores energéticos y estudios de casos que permitan evaluar con mayor precisión los impactos del financiamiento sobre el desempeño del sector transporte. El análisis de mecanismos de transición justa, la inclusión de la perspectiva de género y la participación ciudadana también deberán ser abordados para enriquecer la comprensión del fenómeno.

Bibliografía:

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2024). *Global EV Outlook 2024*. <https://www.iea.org>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Movilidad sostenible en América Latina y el Caribe*.
- Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). (2024). *Transporte y calidad del aire en América Latina*.
- Organización Latinoamericana de Energía (Olade). (2024). *Nota Técnica: Metas de eficiencia energética regionales*. United Nations. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.





Baterías de litio y minerales críticos en ALC

Baterías de litio

Contexto global de la movilidad eléctrica

La movilidad eléctrica se ha consolidado en la última década como una de las estrategias más eficaces para descarbonizar el sector transporte, responsable de aproximadamente el 25 % de las emisiones globales de CO₂. Su adopción responde a un entramado de factores convergentes — tecnológicos, económicos, ambientales y regulatorios— que configuran un nuevo paradigma en la transición energética global.

Desde el punto de vista tecnológico, los avances en baterías recargables, particularmente en las de ion de litio, han incrementado significativamente la densidad energética y reducido los costos por kilovatio-hora, lo que ha mejorado la autonomía y competitividad de los vehículos eléctricos (VE). Estos avances se complementan con el desarrollo de sistemas inteligentes de gestión energética, infraestructura de recarga rápida y su integración con redes eléctricas inteligentes (smart grids).

En el ámbito económico, el mercado global de VE experimentó un crecimiento acelerado, superando los 17 millones de unidades vendidas en 2024. Este dinamismo ha estimulado una reconfiguración de las cadenas globales de valor, con inversiones masivas en grandes fábricas de baterías, extracción y procesamiento de minerales críticos, y plataformas digitales para la gestión y monitoreo de flotas eléctricas.

Desde la perspectiva ambiental, los VE representan una herramienta eficaz para mejorar la calidad del aire urbano y disminuir la dependencia de combustibles fósiles. Su contribución a la mitigación del cambio climático es particularmente significativa cuando se integran a matrices eléctricas con alta participación de fuentes renovables.

En el plano regulatorio, múltiples gobiernos han adoptado políticas de incentivo y metas vinculantes para la electrificación del parque vehicular. La Unión Europea, por ejemplo, ha legislado la prohibición de venta de vehículos con motor de combustión interna a partir de 2035. De forma paralela, países como Canadá, India, Chile y el Reino Unido han establecido cronogramas similares, acompañados de marcos normativos, exenciones fiscales e inversión en infraestructura de recarga.

Este conjunto de dinámicas está redefiniendo la geografía industrial y energética del siglo XXI. La capacidad de desarrollar y controlar la tecno-



logía de baterías se ha transformado en un componente estratégico tanto para la competitividad económica como para la seguridad energética y el cumplimiento de compromisos climáticos globales.

Importancia de las baterías en los vehículos eléctricos

Las baterías constituyen el componente central en la arquitectura de los vehículos eléctricos (VE), determinando en gran medida su rendimiento, autonomía, costo y viabilidad comercial. Su papel es fundamental no solo como fuente de almacenamiento de energía, sino también como factor estratégico en el desarrollo industrial, energético y ambiental de la movilidad eléctrica.

Desde una perspectiva técnica, la batería actúa como el equivalente funcional del sistema de propulsión térmica en los vehículos convencionales. Su capacidad energética (expresada en kWh), densidad gravimétrica (Wh/kg) y potencia específica influyen directamente en la autonomía, la aceleración y el comportamiento dinámico del vehículo. Asimismo, la eficiencia de conversión, la tasa de carga/descarga, la estabilidad térmica y la vida útil son variables clave en el diseño de plataformas eléctricas.

En términos económicos, la batería representa actualmente entre el 30 % y el 40 % del costo total de un vehículo eléctrico. Aunque su precio ha disminuido drásticamente en la última década —pasando de más de 1.000 USD/kWh en 2010 a menos de 150 USD/kWh en 2024— sigue siendo un elemento determinante para la competitividad de los VE frente a sus equivalentes de combustión interna. La reducción de costos mediante economías de escala, integración vertical y avances en materiales y procesos de fabricación continúa siendo un eje prioritario para los fabricantes.

Desde el punto de vista ambiental, la batería tiene un doble rol. Por un lado, permite la reducción de emisiones locales y globales durante la operación del vehículo. Por otro, concentra los principales impactos del ciclo de vida del VE en su fase de producción, debido al uso intensivo de energía y materiales críticos como litio, cobalto, níquel y grafito. Por ello, el desarrollo de nuevas combinaciones químicas, el reciclaje eficiente y el diseño circular son elementos esenciales para asegurar una transición

energética verdaderamente sostenible.

Finalmente, a nivel estratégico, las baterías han adquirido una relevancia geopolítica creciente, dada su asociación con cadenas de suministro globales, seguridad energética y liderazgo tecnológico. La capacidad de diseñar, fabricar y gestionar sistemas de almacenamiento avanzados se ha convertido en un componente crítico de la soberanía industrial de los países que apuestan por la movilidad eléctrica como vector de desarrollo económico e innovación.

Objetivos y alcance

Se tiene como propósito analizar de manera integral el estado actual y las perspectivas futuras de las tecnologías de baterías aplicadas a vehículos eléctricos, considerando su papel central en la transición hacia la movilidad sostenible.

En particular, se busca:

Examinar los principales tipos de baterías utilizadas en vehículos eléctricos, sus características técnicas y su grado de madurez tecnológica.

Evaluar el desempeño operativo de las baterías en términos de autonomía, tiempos de carga, eficiencia energética y ciclo de vida.

Identificar los desafíos asociados a la extracción de materiales críticos, la huella ambiental del ciclo de vida y las estrategias de reciclaje y economía circular.

Analizar los factores económicos, geopolíticos y regulatorios que influyen en la evolución del mercado de baterías, incluyendo tendencias de precios, cadenas de suministro y políticas públicas.

Explorar innovaciones emergentes en almacenamiento energético y su potencial para mejorar la escalabilidad, sostenibilidad y resiliencia del sector.

La estructura del documento combina una revisión técnico-científica con el análisis de políticas y datos de mercado, con el objetivo de proporcionar insumos útiles para los formuladores de políticas, empresas del sector energético y automotriz e investigadores, así como para otros ac-



tores públicos, privados y de la sociedad civil, involucrados en la cadena de valor de la movilidad eléctrica.

Tipos de Baterías para Vehículos Eléctricos

Baterías de Ion de Litio (Li-ion)

Las baterías de ion de litio (Li-ion) son actualmente la tecnología dominante en el mercado de vehículos eléctricos debido a su alta densidad energética, eficiencia de carga y descarga, y buena durabilidad. Estas baterías utilizan compuestos de litio en el ánodo y el cátodo, y un electrolito líquido para transportar los iones de litio durante el proceso de carga y descarga.

Una de sus principales ventajas es la relación entre energía almacenada y peso, lo que permite a los vehículos alcanzar autonomías de hasta 600 km o más con una sola carga. Además, presentan una baja autodescarga, lo que las hace muy eficientes durante el almacenamiento.

Existen distintas químicas dentro de las baterías Li-ion:

NMC (Níquel-Manganeso-Cobalto): equilibran energía, seguridad y durabilidad; comunes en automóviles como el Chevrolet Bolt.

NCA (Níquel-Cobalto-Aluminio): utilizadas por Tesla, ofrecen mayor densidad energética, pero requieren sistemas de refrigeración avanzados.

LFP (Fosfato de Hierro y Litio): más seguras y baratas, aunque con menor densidad energética; populares en modelos de uso urbano.

Los retos de las baterías Li-ion incluyen la dependencia de materiales críticos como el cobalto, cuya extracción tiene implicaciones éticas y ambientales. Asimismo, su rendimiento puede verse afectado por temperaturas extremas.

A pesar de ello, la constante investigación ha permitido mejorar su ciclo de vida (hasta 2000-3000 ciclos completos), reducir costos significativamente y desarrollar variantes con menor impacto ambiental. Las baterías Li-ion seguirán siendo protagonistas en la transición hacia la movilidad eléctrica al menos durante la próxima década.

Baterías de Fosfato de Hierro y Litio (LiFePO₄)

Las baterías de Fosfato de Hierro y Litio (LiFePO₄), una subcategoría de las baterías de ion de litio, se han consolidado como una opción sólida en aplicaciones de movilidad eléctrica, especialmente en autobuses, vehículos urbanos y flotas de corta distancia. Su composición química reemplaza el cobalto y el níquel por hierro y fósforo, lo que reduce significativamente los costos y mejora la sostenibilidad del proceso de producción.

Una de las principales ventajas de las baterías LiFePO₄ es su alta estabilidad térmica y química. Estas baterías son menos propensas a sufrir sobrecalentamientos, incendios o explosiones, lo que las convierte en una de las opciones más seguras del mercado. Además, tienen una vida útil larga, con capacidad para soportar más de 3000 ciclos de carga y descarga sin una pérdida significativa de capacidad.

Aunque su densidad energética (alrededor de 90–160 Wh/kg) es menor en comparación con otras químicas como NMC o NCA, esto se ve compensado por su fiabilidad, bajo costo y seguridad. Esta característica las hace ideales para vehículos que no requieren autonomías extremadamente largas, pero sí alta durabilidad y eficiencia operativa.

Otras ventajas incluyen una menor sensibilidad a temperaturas extremas, baja autodescarga y un comportamiento más estable a lo largo del ciclo de vida. Sin embargo, su menor densidad energética representa una limitación para aplicaciones que demandan altas autonomías o restricciones de espacio y peso.

Actualmente, fabricantes como BYD y Tesla (en algunos modelos producidos en China) están utilizando baterías LFP/LiFePO₄ por su bajo costo, confiabilidad y mayor disponibilidad de materias primas menos conflictivas. Su adopción está en aumento, especialmente en mercados emergentes y segmentos de flotas comerciales.

Baterías de Estado Sólido

Tecnología emergente que sustituye el electrolito líquido por uno sólido, lo que mejora la seguridad y aumenta la densidad energética. Aún está en fases de desarrollo y pruebas piloto.



Las baterías de estado sólido representan una de las innovaciones más prometedoras en el ámbito del almacenamiento energético para vehículos eléctricos. A diferencia de las baterías convencionales de ion de litio, que emplean un electrolito líquido, las baterías de estado sólido utilizan un electrolito sólido, lo que ofrece múltiples beneficios tanto en seguridad como en rendimiento.

Una de sus principales ventajas es la mejora significativa en la seguridad. Al eliminar el electrolito líquido inflamable, se reduce drásticamente el riesgo de fugas, sobrecalentamiento y explosión. Además, permiten una mayor densidad energética, lo que se traduce en vehículos con autonomías superiores sin aumentar el peso o volumen de la batería.

Estas baterías también muestran un mejor comportamiento en condiciones extremas de temperatura, y tienen el potencial de soportar un mayor número de ciclos de carga sin una degradación significativa. Esto las convierte en candidatas ideales para aplicaciones que demandan alto rendimiento, como vehículos eléctricos de largo alcance o de alto rendimiento deportivo.

Sin embargo, todavía enfrentan importantes desafíos para su comercialización masiva. Entre ellos se encuentran los altos costos de producción, la dificultad para fabricar electrolitos sólidos a escala industrial y los problemas de contacto interfacial¹ entre el electrolito y los electrodos. Actualmente, están en fases de desarrollo y pruebas piloto. Empresas como Honda, Toyota, QuantumScape y Solid Power que lideran la investigación y el desarrollo de esta tecnología, están trabajando para su implementación en vehículos que se espera lleguen al mercado antes de 2030.

Otras tecnologías emergentes

Además de las baterías tradicionales de ion de litio y sus variantes, existen varias tecnologías emergentes que prometen revolucionar el almacenamiento energético para vehículos eléctricos. Aunque aún se encuentran en fase experimental o de desarrollo temprano, algunas de estas

¹ La interfaz electrodo-electrolito es la zona crítica donde se produce la transferencia de carga y donde se desarrollan las reacciones electroquímicas, siendo fundamental para el funcionamiento de dispositivos electroquímicos como baterías y pilas de combustible

alternativas presentan ventajas notables en términos de sostenibilidad, disponibilidad de materiales y rendimiento.

Baterías de sodio-ion: Utilizan sodio en lugar de litio como material activo. Dado que el sodio es más abundante y económico, estas baterías podrían reducir los costos y mejorar la sostenibilidad del suministro. Aunque su densidad energética es inferior a las de litio, son atractivas para aplicaciones de corto alcance o vehículos urbanos. Empresas como CATL y Faradion están liderando el desarrollo de estas soluciones.

Baterías sin cobalto: En respuesta a las preocupaciones éticas y ambientales asociadas con la minería de cobalto, se están desarrollando baterías que eliminan este elemento de su composición. Algunas químicas de litio-níquel-manganeso optimizadas, así como variantes LFP y de estado sólido, ya prescinden del cobalto sin comprometer significativamente el rendimiento.

Baterías de flujo: Utilizan electrolitos líquidos almacenados en tanques externos. Son recargables mediante la sustitución del electrolito y pueden escalarse fácilmente. Aunque su uso principal ha sido estacionario, algunos prototipos sugieren su potencial en vehículos pesados o de transporte público.

Supercondensadores: Almacenan energía en forma electrostática, lo que les permite cargas y descargas extremadamente rápidas y una vida útil muy larga. Sin embargo, su baja densidad energética limita su uso como fuente principal de energía. Se exploran como complemento de baterías en vehículos híbridos y sistemas de frenado regenerativo.

Otras líneas de innovación incluyen:

- Supercondensadores híbridos, que combinan la rápida carga y descarga de los condensadores con la capacidad de almacenamiento de las baterías.
- Baterías estructurales, integradas en la carrocería del vehículo, lo que permitiría reducir peso y aumentar el espacio disponible.
- Nanotecnología aplicada a electrodos, que mejora la velocidad de reacción y la capacidad de almacenamiento.

Estas tecnologías, aunque todavía enfrentan desafíos técnicos, económicos y de infraestructura, representan una línea de investigación crucial para diversificar las opciones de almacenamiento energético y reducir la dependencia de materiales críticos en la movilidad eléctrica. Aunque



prometedoras, requieren superar barreras técnicas y de costo.

A continuación, se presenta un cuadro que muestra las características relevantes de los diferentes tipos de tecnologías, al margen de sus niveles de desarrollo.

Tabla 05. Tecnologías de baterías para vehículos eléctricos

Tecnologías de baterías para vehículos eléctricos						
Tecnología	Densidad Energética (Wh/kg) ¹	Ciclos de Vida	Costo Relativo	Seguridad Térmica	Recursos Críticos	Aplicaciones Comunes
Ion de Litio (NMC/NCA)	150–250	2000–3000	Medio-Alto	Media	Cobalto, Níquel	Vehículos de gama media y alta
Fosfato de Hierro (LiFePO ₄)	90–160	>3000	Bajo	Alta	Hierro, Litio	Buses, vehículos urbanos, flotas
Estado Sólido	>300 (potencial)	>5000 (estimado)	Alto	Muy alta	Litio (sin líquido)	Prototipos, modelos de gama alta
Sodio-Ion	100–160 (estimado)	1000–2000	Bajo	Alta	Sodio	Vehículos urbanos, segunda generación
Baterías de Flujo	30–50	Muy alto	Medio	Alta	Vanadio (u otros)	Transporte pesado, almacenamiento
Supercondensadores	<10	>100,000	Alto	Muy alta	Carbón u otros dieléctricos	Sistemas de frenado, híbridos

¹ Indica cuánta energía puede almacenar una batería por cada kilogramo de peso. Una batería con alta densidad energética gravimétrica puede almacenar más energía sin ser pesada, lo que es importante para aplicaciones como vehículos eléctricos y dispositivos portátiles donde el peso es crucial.

En China, la LFP domina el mercado, representando el 64% en 2024. Para 2030, se proyecta que esa cifra alcance el 76%, impulsada por la prioridad de la asequibilidad en el mayor mercado de vehículos eléctricos del mundo.

Fuera de China, el NMC sigue siendo la tecnología líder debido a la demanda de los consumidores de mayor autonomía y rendimiento premium.

- Norteamérica: NMC posee una participación del 71% en 2024, con una ligera disminución al 69% prevista para 2030.
- Europa: Se espera que la participación de NMC aumente del 69% en 2024 al 71% para 2030.
- Corea del Sur y Japón: Ambos países muestran tendencias similares, con NMC ganando participación mientras que LFP sigue siendo limitado o inexistente.

Tabla 06. Tecnologías predominantes

Tendencias de los mercados regionales - 2024			
Región/País	%NMC	% LFP	% Otros
China	27%	64%	9%
América del Norte	71%	7%	22%
Europa	69%	8%	23%
Corea del Sur	62%	4%	34%
Japón	58%	0%	42%

Fuente: Elements²

Aspectos Técnicos y de Diseño

Estructura de un paquete de baterías

Un paquete de baterías para vehículos eléctricos está compuesto por múltiples niveles de integración. La unidad básica es la celda, que puede tener forma cilíndrica, prismática o de bolsa (pouch). Varias celdas se agrupan en módulos, y a su vez, los módulos se ensamblan en un “pack” o conjunto completo de baterías. Este paquete incluye además sistemas eléctricos, sensores, armazones estructurales y unidades de control que garantizan un funcionamiento seguro y eficiente.

La disposición interna de estos elementos afecta el peso, el espacio disponible, la capacidad térmica y la facilidad de reparación del sistema. La tendencia actual es hacia diseños más compactos y modulares, lo que facilita el mantenimiento y la escalabilidad de la producción.

Densidad energética y eficiencia

La densidad energética es una métrica clave que determina cuánta ener-

2 <https://elements.visualcapitalist.com/charted-battery-capacity-by-country-2024-2030/>



gía puede almacenarse por unidad de peso (Wh/kg) o volumen (Wh/L). Una mayor densidad permite recorridos más largos sin aumentar significativamente el tamaño o peso del vehículo. Sin embargo, esto debe equilibrarse con la seguridad, ya que los materiales con alta densidad energética pueden ser más propensos a riesgos térmicos.

La eficiencia también se relaciona con la capacidad de la batería para cargar y descargar energía con pérdidas mínimas. La mayoría de las baterías de ion de litio modernas tienen una eficiencia de ida y vuelta superior al 90%, lo que significa que muy poca energía se pierde durante el ciclo.

Sistemas de gestión de baterías (BMS)

El BMS (Battery Management System) es una unidad electrónica esencial que supervisa en tiempo real parámetros como voltaje, corriente, temperatura y estado de carga (SOC). Su objetivo es maximizar el rendimiento, extender la vida útil de la batería y prevenir fallos o condiciones peligrosas como sobrecarga, sobre descarga o cortocircuito.

El BMS también equilibra las celdas para que todas operen de manera uniforme, lo que evita degradaciones prematuras. Además, proporciona datos clave al sistema de control del vehículo, lo que permite estrategias inteligentes de uso de energía.

Seguridad térmica y refrigeración

La gestión térmica es crítica para evitar el sobrecalentamiento de las baterías, que puede causar pérdida de capacidad, degradación acelerada o incluso eventos térmicos peligrosos como el “thermal runaway”³. Para ello, los paquetes de baterías incorporan sistemas de refrigeración pasivos (mediante conducción de calor) o activos (uso de aire forzado, líquidos refrigerantes o placas térmicas).

En vehículos de alto rendimiento, se prefieren soluciones de refrigeración líquida por su alta capacidad para disipar calor de forma uniforme. Tam-

³ *Thermal runaway o embalamiento térmico es un fenómeno donde la temperatura de una celda de la batería aumenta de manera incontrolada y acelerada. Este aumento de temperatura puede llevar a reacciones químicas exotérmicas dentro de la celda, generando más calor y potencialmente causando incendios o explosiones. Es un riesgo importante en las baterías de iones de litio, y puede desencadenarse por diversos factores, como cortocircuitos, sobrecargas o daños físicos.*

bién se exploran tecnologías avanzadas como materiales de cambio de fase (PCM) y sistemas térmicos inteligentes que adaptan la respuesta en función del entorno operativo y el estado de la batería. Sistemas de refrigeración (aire, líquido o placas frías) previenen el sobrecalentamiento y aumentan la vida útil de la batería.

Desempeño y Ciclo de Vida

Autonomía y tiempos de carga

La autonomía de un vehículo eléctrico (VE) se refiere a la distancia que puede recorrer con una sola carga completa de su batería. Este parámetro depende de varios factores, entre ellos la capacidad de la batería (medida en kWh), la eficiencia energética del vehículo (Wh/km), el estilo de conducción, el uso de climatización, la topografía del terreno y las condiciones climáticas.

Los VE actuales ofrecen autonomías que van desde los 200 hasta más de 600 kilómetros, siendo los modelos de gama alta los que alcanzan los mayores rangos gracias a baterías de mayor capacidad y diseños aerodinámicos optimizados. Modelos como el Tesla Model S o el BYD Han EV superan los 600 km, mientras que el Tesla Lucid Air supera los 800 km. Vehículos urbanos como el Renault Zoe o el Nissan Leaf se sitúan en rangos intermedios (300 – 400 km).

Respecto a los tiempos de carga, existen tres niveles principales:

- **Carga lenta (Nivel 1):** Utiliza corriente alterna doméstica (110-120 V) y puede tardar entre 8 y 20 horas para una carga completa. Ideal para uso residencial con baja demanda.
- **Carga semi-rápida (Nivel 2):** Utiliza corriente alterna de 220-240 V, típica de instalaciones residenciales avanzadas o estaciones públicas. Requiere entre 4 y 8 horas.
- **Carga rápida (Nivel 3 o DC Fast Charging):** Utiliza corriente continua y puede recargar entre el 20% y el 80% de la batería en 20 a 40 minutos, dependiendo del modelo y la potencia disponible (50-350 kW).

Además, tecnologías emergentes como la carga ultrarrápida (superiores a 250 kW) y la carga bidireccional están ganando terreno, así como el desarrollo de redes de carga inteligente que permiten programar el momento de recarga en función del precio y disponibilidad energética de la red.



Recientemente, se supo de empresas que han anunciado sistemas de carga ultrarrápida que permiten una carga equivalente a una autonomía de 400 km en 5 minutos.

La combinación de mayores autonomías y tiempos de carga más reducidos ha sido clave para mejorar la aceptación de los vehículos eléctricos entre los consumidores, reduciendo significativamente la llamada “ansiedad de autonomía”.

Degradación y factores que afectan la vida útil

La degradación de las baterías en vehículos eléctricos es un fenómeno natural que ocurre con el uso y el paso del tiempo. A medida que se completan ciclos de carga y descarga, la capacidad de la batería disminuye gradualmente, lo que reduce la autonomía del vehículo.

Entre los principales factores que afectan la vida útil se encuentran:

- **Temperatura:** Las altas temperaturas aceleran las reacciones químicas dentro de la batería, provocando una mayor degradación. Las temperaturas extremadamente bajas, en cambio, reducen temporalmente el rendimiento y pueden causar daños si no se manejan adecuadamente.
- **Número de ciclos de carga:** Cada ciclo de carga y descarga contribuye al desgaste químico de las celdas. Aunque las baterías modernas soportan miles de ciclos, su rendimiento disminuye gradualmente, especialmente si se realizan cargas completas y descargas profundas con frecuencia.
- **Profundidad de descarga (DoD):** Descargar completamente una batería reduce su vida útil más rápidamente que realizar descargas parciales. Por esta razón, muchos fabricantes limitan el uso de la batería a un rango seguro (por ejemplo, entre el 10% y el 90% de su capacidad).
- **Tasa de carga:** Las cargas rápidas generan más calor y pueden afectar la estructura interna de las celdas si se usan con demasiada frecuencia. Aunque son convenientes, deben alternarse con cargas lentas para preservar la vida útil de la batería.
- **Estilo de conducción:** La conducción agresiva (aceleraciones y frenadas bruscas) demanda más potencia y ciclos más intensos de la batería, lo cual también puede contribuir a una mayor degradación.

En condiciones normales de uso, muchas baterías de VE mantienen más del 70–80% de su capacidad original después de 8 a 10 años. Además, los fabricantes aplican tecnologías como la gestión térmica activa⁴ y el balanceo de celdas para extender la vida útil lo máximo posible.

Reutilización y segunda vida de baterías

Una vez que las baterías de los vehículos eléctricos han perdido una proporción significativa de su capacidad (generalmente cuando caen por debajo del 70–80% de su capacidad original), ya no son ideales para su uso en automoción debido a la reducción de autonomía. Sin embargo, en lugar de desecharse, estas baterías pueden aprovecharse en una segunda vida útil en aplicaciones estacionarias.

Entre los usos más comunes de estas baterías reutilizadas están:

- Almacenamiento residencial y comercial de energía: Integradas con sistemas de energía solar o eólica, permiten almacenar el exceso de generación para su uso nocturno o durante cortes de energía.
- Almacenamiento en redes eléctricas (grid storage): Ayudan a estabilizar la red, almacenar energía en momentos de baja demanda y liberarla en picos de consumo, mejorando la eficiencia del sistema eléctrico.
- Estaciones de recarga para VE: Utilizadas para almacenar energía fuera de horas pico y suministrarla a vehículos eléctricos durante el día, reduciendo la presión sobre la red.

La reutilización de baterías reduce la necesidad de nuevas materias primas, disminuye los residuos electrónicos y extiende el valor económico del producto.

No obstante, requiere procesos de inspección, reacondicionamiento y certificación para garantizar la seguridad y funcionalidad de las baterías.

Numerosos proyectos piloto en Europa, América del Norte y Asia están demostrando la viabilidad técnica y económica de estas aplicaciones. Empresas como Volkswagen, ENEL x, Nissan, Renault, y algunas startups, ya están explorando o implementando programas de segunda vida.

⁴ Sistema que controla la temperatura de la batería y otros componentes, como el motor y el inversor, para mantenerlos en su rango de temperatura óptimo, mejorando su rendimiento y vida útil.



Impacto Ambiental y Reciclaje

Extracción de materiales críticos

La fabricación de baterías para vehículos eléctricos depende en gran medida de materiales críticos como el litio, el cobalto, el níquel y el grafito. La extracción de estos recursos plantea desafíos importantes en términos de sostenibilidad ambiental, derechos humanos y justicia social.

La minería del litio, concentrada principalmente en el denominado “Triángulo del Litio” (Argentina, Bolivia y Chile), requiere grandes volúmenes de agua para su extracción mediante evaporación en salares. Esto ha generado tensiones con comunidades locales, especialmente en regiones áridas donde el agua es un recurso escaso.

El cobalto, en su mayoría extraído en la República Democrática del Congo, ha sido objeto de múltiples denuncias por el uso de trabajo infantil y condiciones laborales precarias en minas artesanales. A pesar de los esfuerzos por trazabilidad y certificación ética, gran parte de la cadena aún carece de transparencia.

El níquel, utilizado para aumentar la densidad energética de las baterías, se extrae principalmente en Indonesia, Filipinas y Rusia. Su explotación puede provocar deforestación, contaminación de suelos y afectación a comunidades locales si no se realiza con buenas prácticas ambientales.

Además, el grafito natural, usado como material de ánodo, está dominado por China, donde la extracción intensiva ha generado problemas de calidad del aire y residuos industriales.

Frente a estos retos, se están impulsando iniciativas globales de minería responsable, que incluyen certificaciones voluntarias, acuerdos de beneficio compartido y evaluaciones de impacto ambiental rigurosas. A nivel industrial, algunas empresas están buscando reducir el uso de materiales problemáticos mediante nuevas químicas, mientras que otras están invirtiendo en reciclaje y trazabilidad digital de sus cadenas de suministro.

Garantizar que la transición energética no replique patrones de explotación ambiental y social es uno de los grandes desafíos. La extracción responsable y justa de materiales críticos será fundamental para lograr una movilidad eléctrica verdaderamente sostenible, incluyendo uso intensivo de agua y condiciones laborales precarias.

Huella de carbono del ciclo de vida

Aunque los vehículos eléctricos (VE) no generan emisiones directas durante su operación, su huella de carbono total debe evaluarse considerando todas las etapas de su ciclo de vida: fabricación, uso y disposición final. Esta perspectiva integral es clave para dimensionar su verdadero impacto ambiental.

Fabricación de baterías: la etapa más intensiva

La producción de baterías de ion de litio representa entre el 30% y 50% de las emisiones totales asociadas al ciclo de vida de un VE. La extracción y el procesamiento de litio, cobalto y níquel son procesos altamente intensivos en energía, especialmente si esta proviene de fuentes fósiles. Por ejemplo, fabricar una batería de 60 kWh puede generar entre 2 y 4 toneladas de CO₂ equivalente, dependiendo del mix energético utilizado.

Uso del vehículo: ventaja según la matriz eléctrica

Durante la fase de uso, los VE emiten cero emisiones directas, pero su impacto varía según la fuente de electricidad. En países con alta participación de energías renovables, como Noruega, Uruguay, Paraguay o Costa Rica, las emisiones indirectas son mínimas. En cambio, en países con generación basada en carbón o diésel, como India o Sudáfrica, el beneficio climático sigue existiendo, aunque se reduce.

Fin de vida: segunda vida y reciclaje

El impacto de las baterías puede mitigarse mediante su reutilización en aplicaciones estacionarias (como almacenamiento en redes eléctricas o edificios) y mediante su reciclaje, recuperando materiales críticos como litio, cobalto o níquel. Esto evita la extracción adicional de minerales y reduce las emisiones asociadas a la producción de nuevas baterías.

Comparación con vehículos de combustión

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), en promedio, un VE emi-



te entre 40% y 60% menos CO₂ equivalente a lo largo de su vida útil en comparación con un vehículo convencional, considerando un recorrido promedio de 150.000 km. Esta brecha puede ampliarse con el uso de electricidad renovable y tecnologías de baterías más limpias.

Procesos de reciclaje y economía circular

El reciclaje de baterías es un componente clave para la sostenibilidad del ecosistema de la movilidad eléctrica. A medida que millones de baterías lleguen al final de su vida útil en las próximas décadas, será crucial implementar estrategias efectivas de recolección, reutilización y reciclaje para minimizar el impacto ambiental y reducir la demanda de materias primas vírgenes.

Existen tres enfoques principales para el reciclaje de baterías:

- **Reciclaje pirometalúrgico:** Consiste en fundir las baterías a altas temperaturas para recuperar metales valiosos como cobalto, níquel y cobre. Es un proceso robusto, pero consume mucha energía y puede perder elementos como el litio.
- **Reciclaje hidrometalúrgico:** Utiliza soluciones químicas para disolver los componentes y extraer los metales. Es más eficiente en términos de recuperación y emisiones que la pirometalurgia, y permite recuperar también el litio.
- **Desensamblaje y reutilización directa:** Consiste en desarmar las baterías y reutilizar celdas o módulos en aplicaciones de menor exigencia, como almacenamiento estacionario, antes de someterlas a reciclaje químico.

Una economía circular en torno a las baterías también implica el ecodiseño, es decir, desarrollar baterías desde su origen con materiales fácilmente reciclables y estructuras que faciliten el desmontaje.

La Unión Europea ha tomado la delantera con el nuevo Reglamento de Baterías (2023), que obliga a fabricantes a cumplir objetivos mínimos de contenido reciclado, etiquetado digital y trazabilidad. América Latina comienza a avanzar con normativas en países como Chile y Brasil, y con esfuerzos regionales para el desarrollo de capacidades de reciclaje.

Por otro lado, empresas automotrices como Tesla, Renault y CATL han desarrollado programas propios de reciclaje y recuperación de materiales, reconociendo su valor estratégico y económico.

En China la empresa GEM, con sede en Shenzhen es uno de los principales recicladores. Ha establecido más de 140 plantas de reciclaje en todo el país y se ha asociado con más de 750 fabricantes y operadores de vehículos y baterías del mundo. Por su parte CATL, el mayor fabricante de baterías del mundo planea establecer operaciones de reciclaje en Europa y la finalización de su planta de fabricación en Hungría está prevista para 2026. Adicionalmente, Huayou Recycling, de Jiaxing, en la provincia de Zhejiang, al este de China, ha definido una alianza estratégica con el Grupo SUEZ, una de las mayores corporaciones europeas de servicios ambientales, dirigido a explorar el mercado francés de reciclaje de baterías.

Avanzar hacia un modelo de economía circular en el sector de baterías no solo reduce impactos ambientales, sino que también fortalece la seguridad de suministro y genera nuevas oportunidades industriales en la transición energética.

Aspectos Económicos y de Mercado

Costos de fabricación y tendencias de precios

Los precios de las baterías de vehículos eléctricos han disminuido drásticamente en la última década. En 2010, el precio por kWh superaba los 1.100 USD/kWh, mientras que en 2023 se redujo más del 90%, alcanzando aproximadamente 139 USD/kWh. Según BloombergNEF (BNEF), el costo medio de los paquetes de baterías ha descendido un 20% en el 2024, situándose en 115 USD/kWh, el nivel más bajo jamás registrado, constituyéndose en el mayor descenso anual desde 2017.

Según la IEA⁵, en la actualidad China produce más de tres cuartas partes de las baterías que se venden a nivel mundial, y en 2024 los precios promedio cayeron casi el 30% en este país, mucho más rápido que en cualquier otro lugar del mundo. Las baterías en China fueron 30% más baratas que en Europa y 20% que en Norteamérica. Esta reducción en los precios de las baterías ha determinado que muchos vehículos eléctricos (VE) en China sean por ahora más baratos que sus homólogos convencionales.

5 <https://www.iea.org/commentaries/the-battery-industry-has-entered-a-new-phase>



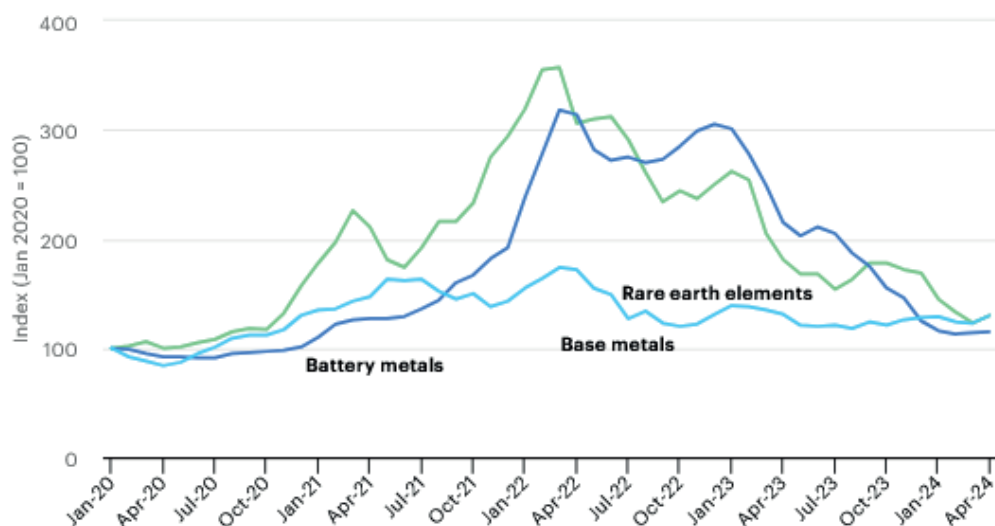
Umbral de competitividad

La Agencia Internacional de Energía (IEA) reporta que el precio medio de una batería para un coche eléctrico de batería cayó por debajo de los 100 USD/kWh en 2024, comúnmente considerado como un umbral clave para competir en el costo con los modelos convencionales. Esto sin duda marca un hito en el camino para alcanzar la paridad de costos con vehículos convencionales.

Factores que impulsan la reducción

- Economías de escala: El aumento en la producción, especialmente en China, reduce costos unitarios.
- Avances tecnológicos: Aumento de densidad energética y optimización de procesos manufactureros.
- Reducción de precios de materias primas: La caída en los precios del litio, cobalto y níquel ha contribuido alrededor del 50% de la reducción.
- El auge de las baterías de fosfato de hierro y litio (LFP), más económicas y con menor dependencia de materiales críticos como el cobalto y el níquel, tiene una fuerte incidencia en la reducción de precios.

Figura 17. Variación de los insumos de las baterías para VE



IEA. Licence: CC BY 4.0

● Base metals ● Battery metals ● Rare earth elements

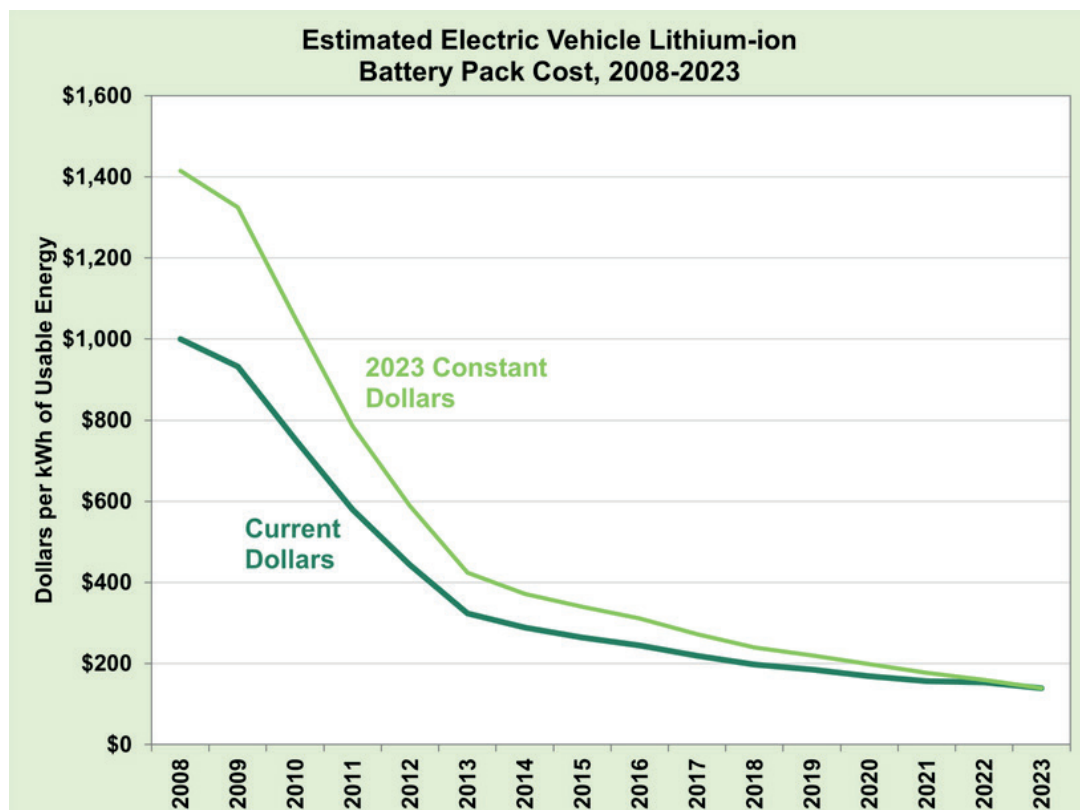
Fuente: IEA Global Critical Minerals Outlook 2024

Precios por tipo de tecnología química

- Fosfato de Hierro y Litio (LFP): En 2024, la celda sola costaba menos de 60 USD/kWh mientras que el pack completo rondaba los 100 USD/kWh o menos.
- Iones de LITIO (NMC/NCA): Generalmente son más caros —alrededor de 139 USD/kWh según DOE para 2023.



Figura 18. Variación en el precio de las baterías de iones de litio



Fuente. US Department of Energy (DOE)

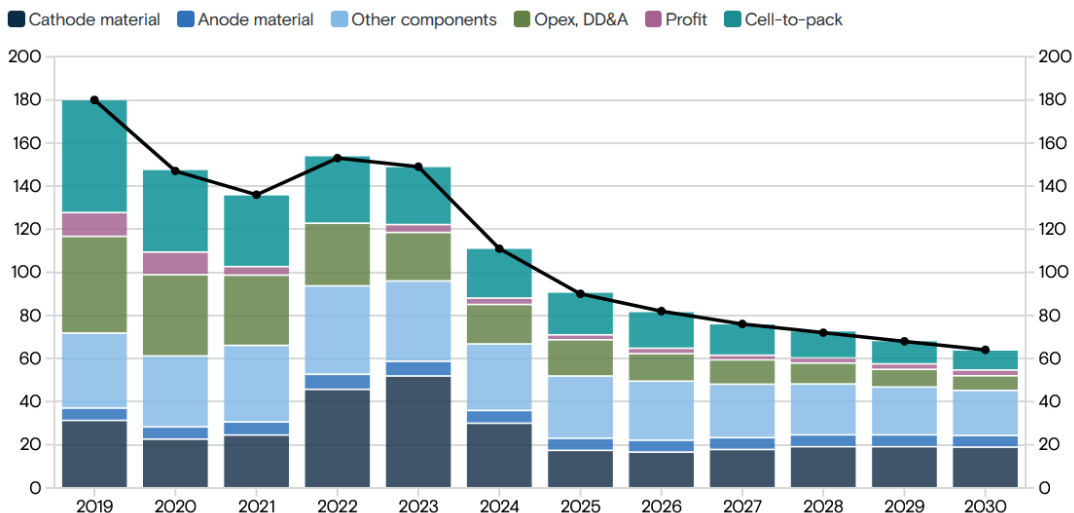
Tendencias hacia el futuro

- Se anticipa una caída anual de ~11% hasta 2030
- Para 2026–2030, la meta es alcanzar 80 USD/kWh o menos, impulsada por expansión de LFP fuera de China y mejoras en manufactura.
- Goldman Sachs proyecta que los precios podrían descender a 80 USD/kWh en 2030.

Figura 19. Estimación de precios a futuro de las baterías para VE

Battery prices forecast to continue to fall

Global: average battery pack prices (US\$/kWh)



Source: Company data, Wood Mackenzie, SNE Research, Goldman Sachs Research
2024- 2030 are forecasts

**Goldman
Sachs**

Especialistas en el tema advierten que, a pesar de la fuerte reducción de precios registrada en 2024, que sin duda ha marcado un hito, la tendencia podría cambiar y tornarse más moderada en 2025 debido a la volatilidad en los costos de las materias primas y el ajuste en la capacidad de producción. Si bien las tecnologías emergentes siguen avanzando y prometen baterías más eficientes y económicas a medio plazo, la evolución del mercado dependerá en gran medida de la inversión en innovación y de la optimización de las cadenas de suministro.

Implicaciones del costo

- Reducción de precios de los EVs: Las baterías representan hasta el 40 % del costo total de un VE; una reducción en los precios de baterías tiene una incidencia directa en el precio de los vehículos.
- Paridad con vehículos de combustión interna: Al ubicarse por debajo de umbral de 100 USD/kWh, los VE se volverían competitivos en el mercado, lo cual podría acelerar su desarrollo, más aún si de por medio existen incentivos gubernamentales.



Resumen de cifras clave:

Tabla 06. Costos de las baterías

Año / Proyección	Costo aprox. (USD/kWh)
2010	> 1 100
2023	~ 139
2024	< 100
2025	130–139
2026 (proyección)	~ 80
2030 (proyección)	< 80 (LFP ~36; NMC ~80)

Producción global y cadenas de suministro

Panorama global

China domina de manera amplia la cadena de suministro de baterías eléctricas: produce aproximadamente el 75% de las celdas de ion de litio, acapara el 70% de la capacidad de producción de cátodos y el 85 % de ánodos. Controla adicionalmente, más de la mitad del procesamiento de litio, cobalto y grafito.

Corea del Sur y Japón también juegan un papel importante en etapas medias y finales del proceso (producción de cátodos, ánodos y ensamblaje), mientras que Europa y EE. UU. concentran menos del 10% en esos componentes. Empresas coreanas como LG, SK On y Samsung SDI refuerzan la fabricación fuera de Corea, aprovechando incentivos fiscales en EE. UU. En 2024, Corea aportó más del 20% de la demanda global de baterías para vehículos eléctricos, y Japón cerca del 7%.

A nivel de empresas, las chinas CATL y BYD lideran el mercado con una participación de 37,7% y 15,4%, respectivamente; seguidas por las coreanas LG Energy Solution (13%) y Samsung SDI (5,1%) y la japonesa Panasonic (4,7%). Las empresas chinas SK On (4,8%), CALB (4,3%), Eve Energy (2,3%), Gotion (2,2%) y Sunwoda (2%) mantienen una participación menor en el mercado⁶.

6 <https://latamobility.com/byd-y-catl-lideran-mercado-de-baterias/>

La capacidad de fabricación en EE. UU. superó los 200 GWh en 2024 y está creciendo a ritmos cercanos al 50 %, gracias a incentivos como el Inflation Reduction Act⁷. Los principales fabricantes de baterías son: Panasonic (tiene una giga fábrica en Nevada en colaboración con Tesla); LG Energy Solution (proveedor de baterías para General Motors y otros fabricantes como Ford, Jaguar, Audi, Porsche y Tesla), Samsung SDI (ha invertido en la expansión de su capacidad de producción en América del Norte) y Tesla (está construyendo nuevas fábricas de baterías y ampliando su capacidad de producción interna).

En Europa, empresas como CATL y LG Energy Solution lideran actualmente la producción. Además, países como España impulsan iniciativas propias para la producción de baterías de nueva generación como Basquevolt. A pesar del cierre de plantas como Northvolt en Suecia (hasta hace poco el mayor fabricante europeo de baterías), se espera que la participación local crezca del 5% al 20 % hacia el 2030, en parte por inversiones extranjeras, muchas de ellas con participación china.

Liderazgo chino y expansión internacional

El liderazgo de China en la producción de baterías es el resultado de una serie de factores que se pueden resumir en lo siguiente:

- El ecosistema chino de baterías abarca todas las etapas de la cadena de suministro, desde la extracción y el refinado de minerales hasta la producción de equipos de fabricación de baterías, precursores y otros componentes, así como la producción final de baterías y vehículos eléctricos.
- Años de investigación y desarrollo han permitido a los productores chinos perfeccionar las baterías LFP, que ahora cubren casi la mitad del mercado mundial de vehículos eléctricos y son 30% más económicas que las baterías de óxido de manganeso, níquel y cobalto (NMC).
- Las empresas chinas se han visto obligadas a reducir sus márgenes para mantenerse vigentes en un mercado interno altamente competitivo. En el mercado chino de baterías operan casi 100 productores.

⁷ La Ley de Reducción de la Inflación (Inflation Reduction Act - IRA) de 2022 fue aprobada por el Congreso de Estados Unidos en agosto de 2022 y promulgada por el Presidente Biden. Se encuentra vigente.



China no solo concentra producción local, sino que también extiende su influencia internacional a través de empresas como CATL y BYD, que lideran el mercado y construyen grandes instalaciones en Europa y EE. UU.

Recientemente CATL, anunció la apertura de una nueva fábrica en Europa -que se sumaría a las plantas ya instaladas en España, Alemania y Hungría- y dos fábricas en Estados Unidos (una con Ford y otra con Tesla).

BloombergNEF estima que hacia 2030 China mantendrá cerca del 70% de la capacidad global.

Aprovisionamiento de materias primas

La minería de recursos críticos para la fabricación de baterías está concentrada en pocos países:

- **Litio:** Australia lideró la producción en el 2024 con 88.000 toneladas métricas (37%), seguida por Chile con 49,000 (20,4%) y China con 41.000 toneladas métricas /17%). Siguen a continuación Zimbabue (22.000), Argentina (18.000), Brasil (10.000) y Canadá (4.300). La producción mundial de litio en 2024 alcanzó las 240.000 toneladas métricas, el 80% se destina a la fabricación de baterías.
- **Cobalto:** la República Democrática del Congo es el mayor productor a nivel mundial. Tiene más del 50% de las reservas y produce en la actualidad más del 70%, seguido muy de lejos por Indonesia. Se proyecta que el dominio de la República Democrática del Congo disminuirá al 57% para 2030, a medida que Indonesia incrementa su producción.
- **Níquel:** Indonesia es el mayor productor de níquel del mundo. En 2023 produjo 1,8 millones de toneladas métricas, lo que equivale aproximadamente al 50% del suministro mundial. El segundo país productor es Filipinas que reportó 400 mil toneladas métricas en 2023. Le siguen Rusia con 200 mil toneladas y Canadá con 180 mil. Un nuevo actor es Nueva Caledonia, que en 2023 llegó a producir 230 mil toneladas, 200 mil más que el año anterior.
- **Grafito:** En 2024, China fue el mayor productor mundial de grafito (1.27 millones de toneladas métricas), representando aproximadamente el 79% de la producción mundial. Otros países importantes en la producción de grafito, aunque en menor medida son Brasil, Madagascar y Mozambique. Tanto el grafito sintético como el

natural⁸, se utilizan en los ánodos de las baterías de iones de litio. A medida que crece la demanda de baterías de iones de litio, se prevé que también aumente la de grafito en todo el mundo. A pesar de los debates sobre los cambios en la composición química de las baterías de iones de litio, se estima que el grafito seguirá siendo una materia prima clave en las baterías de vehículos eléctricos durante al menos la próxima década.

La concentración en pocos países de estos componentes esenciales de las baterías conlleva vulnerabilidades y riesgos ante la incertidumbre sobre el comportamiento de la cadena de suministros frente a tensiones políticas, interrupciones logísticas o implicaciones éticas, como es el caso de la reacción mundial que genera el trabajo infantil en la extracción de cobalto en la R.D. Congo.

La respuesta esperada ante esta realidad se sustenta en dos líneas de acción: **innovación** orientada al desarrollo de nuevas tecnologías y **diversificación** en el origen de los materiales.

⁸ El grafito sintético y el grafito natural son dos tipos de grafito con distintas características y procesos de producción. El grafito natural se encuentra en la naturaleza y se extrae de depósitos geológicos, mientras que el grafito sintético se produce a partir de materias primas ricas en carbono, como el coque de petróleo, utilizando procesos de alta temperatura.



Resumen de capacidades (2024)

Tabla 07. Capacidad de producción de baterías EV (2024)

Región	Capacidades Instalada de Celdas EV (GWh) valores aproximados	% Global Aproximado
China	2800	85%
EE.UU.	200	6%
Europa	200	6%
Corea del Sur*	350	-
Japón*	60	-

* Producción fuera del país

Fuente: Elaboración propia⁹

Incentivos gubernamentales y normativas

Los incentivos gubernamentales y las políticas regulatorias desempeñan un papel clave en la aceleración de la adopción de vehículos eléctricos y el desarrollo de las cadenas de suministro asociadas, incluidas las baterías. Estas medidas buscan reducir los costos iniciales, fomentar la infraestructura de recarga y garantizar estándares ambientales y de seguridad adecuados.

Subsidios y exenciones fiscales: Muchos gobiernos han implementado subsidios directos a la compra de vehículos eléctricos. Por ejemplo, en Estados Unidos, la Ley de Reducción de la Inflación —*Inflation Reduction Act*— ofrece créditos fiscales de hasta USD 7.500 para la compra de vehículos eléctricos nuevos que cumplan requisitos de ensamblaje y contenido regional. En la Unión Europea, algunos países ofrecen bonos ecológicos o reducciones del IVA.

En América Latina y el Caribe (ALC), países como Colombia, Chile, Costa Rica, México y Uruguay han adoptado incentivos fiscales y arancelarios para fomentar el uso de vehículos eléctricos.

⁹ Japón y Corea del Sur tienen la mayor parte de su producción principalmente en EE. UU., Europa y otros mercados.

- Colombia: ofrece exención de IVA, aranceles reducidos, y beneficios en circulación vehicular. Tiene una Ley de Movilidad Eléctrica (Ley 1964 de 2019) que impulsa el transporte sostenible.
- Chile: exención del impuesto verde para vehículos eléctricos, y plan nacional de electromovilidad con metas para flotas públicas.
- Costa Rica: ley 9518 otorga exenciones de aranceles de importación, IVA y marchamo para vehículos eléctricos y su infraestructura.
- Uruguay: reducción de impuestos de importación y acceso a beneficios aduaneros para empresas que inviertan en infraestructura de recarga, entre otros.
- México: incentivos fiscales para vehículos eléctricos y puntos de recarga en ciertos estados; se busca fortalecer el rol del país como centro de producción.

Incentivos no monetarios: Además de subsidios, existen otros beneficios como acceso a carriles preferenciales, estacionamiento gratuito, exenciones en peajes y restricciones vehiculares, lo que mejora la propuesta de valor para los consumidores.

Normativas de emisiones y objetivos de electrificación: La Unión Europea ha establecido una prohibición de ventas de nuevos vehículos de combustión interna a partir de 2035. China, por su parte, aplica cuotas de ventas de vehículos de nueva energía (NEV) para los fabricantes, mientras que Estados como California han adoptado regulaciones similares.

En ALC aún no se observan prohibiciones de venta de vehículos convencionales, pero se han definido estrategias nacionales de electromovilidad en más de 20 países, y ciudades como Bogotá, Santiago y Ciudad de México han implementado buses eléctricos en transporte público.

Apoyo a la infraestructura y producción: Muchos países también destinan fondos públicos a la instalación de estaciones de recarga, el desarrollo de tecnologías de baterías y la construcción de grandes fábricas. Iniciativas como la *Alianza Europea de Baterías*¹⁰ o el plan estadounidense *The Battery Materials Processing Grants*¹¹ están destinados a reducir la dependencia del extranjero y fortalecer la autonomía estratégica.

En ALC, países como Brasil y Argentina buscan desarrollar capacidades

¹⁰ https://single--market--economy-ec-europa-eu.translate.google.com/industry/industrial-alliances/european-battery-alliance_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

¹¹ <https://www.energy.gov/mesc/battery-materials-processing-grants>



industriales en baterías, mientras que varios gobiernos apoyan alianzas público-privadas para ampliar las redes de recarga.

Normas de reciclaje y segunda vida: Se están desarrollando marcos regulatorios que obligan a los fabricantes a garantizar la recolección, reutilización y reciclaje de baterías al final de su vida útil. Europa lidera este ámbito con el Reglamento de Baterías 2023, que establece objetivos de reciclaje y uso de materiales secundarios.

Aún en fase inicial en la región. Sin embargo, existe creciente interés por integrar principios de economía circular en normativas futuras, especialmente en países que extraen litio como Bolivia, Chile y Argentina.

En conjunto, estos incentivos y normativas no solo impulsan la adopción de vehículos eléctricos, sino que también orientan a la industria hacia prácticas más sostenibles y responsables en el uso de recursos críticos y regulaciones ambientales impulsan la adopción de VE en países como Noruega, China y Estados Unidos.

Desafíos y Perspectivas Futuras

Escalabilidad y suministro de materias primas

El crecimiento acelerado de la movilidad eléctrica plantea importantes desafíos en términos de escalabilidad industrial y acceso sostenible a materias primas críticas para la fabricación de baterías, como el litio, el cobalto, el níquel y el grafito.

A medida que aumenta la demanda global de vehículos eléctricos, también lo hace la presión sobre las cadenas de suministro de estos materiales. Se estima que para 2030 se requerirá al menos el cuádruple de la producción actual de litio y una duplicación o más del suministro de níquel y cobalto. Esta situación ha encendido alertas sobre posibles cuellos de botella que podrían ralentizar la transición energética si no se abordan adecuadamente.

Los principales países productores de materias primas son limitados: Australia, Chile, China y Argentina concentran más del 85% del litio mundial; la República Democrática del Congo domina la producción de cobalto; e Indonesia lidera en níquel. Además, China posee una posición dominante en el refinado de la mayoría de estos minerales. Esta concen-

tración geográfica aumenta los riesgos geopolíticos y la vulnerabilidad ante interrupciones logísticas o comerciales.

La respuesta ante esta realidad se sustenta en dos líneas de acción fundamentales: la innovación orientada al desarrollo de nuevas tecnologías y la diversificación en el origen de los materiales. Por un lado, se están desarrollando baterías que reducen o eliminan el uso de cobalto y níquel (como las LFP o las de sodio-ion). Por otro, varios países han empezado a implementar estrategias para asegurar cadenas de suministro más resilientes, incentivando la minería responsable, el reciclaje y la exploración de nuevos yacimientos.

El fomento de la economía circular también es clave: extender la vida útil de las baterías, reutilizarlas en aplicaciones estacionarias y mejorar los procesos de reciclaje contribuirá a reducir la presión sobre los recursos vírgenes. Asimismo, el diseño para el desmontaje y la recuperación de materiales será una práctica cada vez más importante en los próximos años.

La capacidad de escalar la producción de baterías sin comprometer la sostenibilidad ambiental y social será uno de los factores determinantes para el éxito de la transición hacia una movilidad eléctrica global e inclusiva.

Innovaciones en almacenamiento de energía

Frente a la necesidad de aumentar la densidad energética, reducir los costos, mejorar la seguridad y minimizar la dependencia de materiales críticos se están desarrollando múltiples innovaciones tecnológicas que podrían transformar la forma en que los vehículos eléctricos almacenan y utilizan la energía.

Una de las líneas de innovación más destacadas es el desarrollo de baterías de estado sólido, que sustituyen el electrolito líquido por uno sólido. Esto permite mejorar la seguridad térmica, aumentar la densidad energética y extender la vida útil. Si bien su comercialización a gran escala aún enfrenta desafíos técnicos y de costos, se espera que estas baterías comiencen a implementarse en vehículos de gama alta hacia finales de esta década.

Otro avance importante es el impulso de las baterías de sodio-ion, que reemplazan el litio por sodio, un material más abundante y económico.



Estas baterías ofrecen un buen desempeño en condiciones de baja temperatura y son particularmente prometedoras para mercados emergentes donde el costo es un factor crítico.

También se investiga en nuevas químicas como las baterías de litio-azufre, que prometen una densidad energética mucho mayor que las actuales, y las baterías sin cobalto ni níquel, orientadas a reducir el impacto ambiental y los riesgos asociados a la cadena de suministro.

Estas innovaciones aún están en distintas etapas de maduración tecnológica, pero representan oportunidades clave para diversificar la matriz de almacenamiento y afrontar los retos de escalabilidad, seguridad y sostenibilidad de la movilidad eléctrica global.

Integración con la red eléctrica y V2G

La creciente adopción de vehículos eléctricos no solo representa una transformación en el transporte, sino también una oportunidad para optimizar el sistema eléctrico a través de su integración con la red. La tecnología Vehicle-to-Grid (V2G) se refiere a la capacidad de los vehículos eléctricos de no solo consumir energía, sino también de devolverla a la red cuando sea necesario.

Los VE con capacidad V2G pueden actuar como unidades de almacenamiento distribuido, aportando estabilidad y flexibilidad a la red eléctrica. Durante los momentos de baja demanda, los vehículos cargan sus baterías, mientras que, durante picos de consumo o emergencias, pueden inyectar parte de esa energía acumulada, ayudando a equilibrar la oferta y la demanda energética.

Esta funcionalidad es especialmente valiosa en redes que integran fuentes renovables variables, como la solar y la eólica, que requieren mecanismos de respaldo y amortiguación. Además, permite a los usuarios participar activamente en el mercado energético, obteniendo beneficios económicos por aportar energía a la red.

Existen tres modalidades principales:

- V2G (Vehicle-to-Grid): transferencia bidireccional entre el VE y la red eléctrica.
- V2H (Vehicle-to-Home): el vehículo suministra energía a una vivienda.

- V2B (Vehicle-to-Building): integración con sistemas eléctricos de edificios o instalaciones comerciales.

Sin embargo, la implementación de V2G enfrenta desafíos técnicos, normativos y económicos. Se requiere infraestructura de carga bidireccional, estándares de interoperabilidad, incentivos adecuados y marcos regulatorios que reconozcan el rol activo de los usuarios.

Algunos países como Japón, Países Bajos y el Reino Unido han iniciado pilotos exitosos de V2G, y fabricantes como Nissan y Ford ya ofrecen modelos compatibles con esta tecnología. En el futuro, la integración masiva de vehículos eléctricos en la red podría convertirse en un componente esencial de los sistemas energéticos inteligentes y resilientes.

Conclusiones

Las baterías para vehículos eléctricos representan uno de los pilares fundamentales en la transición hacia un sistema de transporte más limpio y sostenible. A lo largo de este capítulo se ha evidenciado que, si bien las tecnologías actuales han alcanzado niveles notables de eficiencia y costos competitivos, aún persisten desafíos importantes en materia de sostenibilidad, seguridad de suministro y escalabilidad.

Las baterías de ion de litio continúan dominando el mercado, pero se observa una creciente diversificación tecnológica, impulsada por innovaciones como las baterías de estado sólido, las químicas sin cobalto y el desarrollo de alternativas como las baterías de sodio-ion. Estas innovaciones no solo buscan mejorar el rendimiento, sino también responder a preocupaciones ambientales y geopolíticas asociadas a la extracción de materiales críticos.

Asimismo, se ha destacado la importancia de abordar la huella de carbono de las baterías desde un enfoque de ciclo de vida, promoviendo el reciclaje, la reutilización y el ecodiseño. La economía circular se presenta como una estrategia clave para reducir el impacto ambiental y garantizar un suministro más sostenible de recursos.

En el ámbito económico y regulatorio, los incentivos gubernamentales, las políticas de electrificación del transporte y el fortalecimiento de las cadenas de suministro regionales jugarán un rol determinante para con-



solidar un ecosistema de movilidad eléctrica resiliente, incluso y con menor dependencia de mercados concentrados.

Finalmente, el éxito de la movilidad eléctrica a escala global dependerá no solo del avance tecnológico, sino también de la cooperación internacional, la planificación estratégica y el compromiso conjunto entre gobiernos, industria y sociedad para construir un futuro energético más justo y sostenible.

Bibliografía:

- Agencia Internacional de Energía. (2024). Global EV Outlook 2024: Trends and developments in electric mobility. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- Agencia Internacional de Energía. (2022). Global Supply Chains of EV Batteries. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/961cfc6c-6a8c-42bb-a3ef-57f3657b7aca/GlobalSupplyChainsofEVBatteries.pdf>
- Argus Media. (2024, abril 18). Global battery demand rises close to 1TWh in 2024 – IEA. <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2688652-global-battery-demand-rises-close-to-1twh-in-2024-iea>
- Battery University. (n.d.). Types of Lithium-ion Batteries. <https://batteryuniversity.com/>
- BloombergNEF. (2023). Battery Pack Prices Fall to \$139/kWh in 2023. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-139-kwh-in-2023/>
- Electrive.com. (2024, junio 3). IEA Report: Dimensions and Trends of the Global Battery Market. <https://www.electrive.com/2025/06/03/iea-report-dimensions-and-trends-of-the-global-battery-market/>
- European Battery Alliance. (s. f.). Strategic Action Plan. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/industrial-alliances/european-battery-alliance_en
- European Commission. (2023). Regulation (EU) 2023/1542 on batteries and waste batteries. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1542>
- Goldman Sachs. (2024). EV Battery Prices Expected to Fall Almost 50% by 2025. <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/electric-vehicle-battery-prices-are-expected-to-fall-almost-50-percent-by-2025/>
- IEA. (2024). Global EV Outlook: Battery Materials Demand and Supply. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/outlook-for-battery-and-energy-demand>
- International Renewable Energy Agency. (2024). Critical Materials - Batteries for Electric vehicles. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Critical_materials_Batteries_for_EVs_2024.pdf
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2025). Monitor de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe (Nota Técnica No. 8). <https://www.olade.org/publicaciones/nota-tecnica-n-8-movilidad-electrica-en-america-latina-y-el-caribe/>
- World Economic Forum. (2021). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030. <https://www.weforum.org/whitepapers/a-vision-for-a-sustainable-battery-value-chain-in-2030/>

Geopolítica de los Minerales Críticos

Los minerales críticos, indispensables para la transición energética global, han adquirido un papel estratégico en la medida en que se utilizan en el desarrollo de tecnologías clave como baterías para la producción de vehículos eléctricos y almacenamiento de energía. La Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2025) estima que la demanda de litio crecerá entre 40 y 51 veces entre 2020 y 2040, dependiendo del escenario de transición energética. Esta aceleración ha convertido al litio en un recurso central, no solo económico, sino también geopolítico.

En la actualidad, China procesa más del 60% del litio y aproximadamente el 80% del cobalto que se utiliza para la producción de baterías eléctricas a nivel global. Además, controla cerca del 90% del mercado de tierras raras (AIE, 2024). Esta ventaja comparativa ha posicionado al país como un líder mundial en la producción y exportación de vehículos eléctricos, aprovechando no solo la extracción de la materia prima sino también el procesamiento, la manufactura de baterías y el ensamblaje vehicular. Esto le ha permitido tener una expansión acelerada de su mercado interno, y una creciente tasa de exportación. En 2024, representó la mayor parte de las exportaciones mundiales, mientras que la Unión Europea se mantuvo como exportadora (principalmente entre países europeos) y Estados Unidos (EEUU) fue importador neto; sus importaciones aumentaron casi un 40% en 2024, mientras que las exportaciones disminuyeron casi un 15% (AIE, 2025).

Esta expansión de la tecnología china ha generado tensiones en la geopolítica de la energía. Tanto Europa como Estados Unidos han impuesto tarifas arancelarias a la compra de vehículos eléctricos importados. La Administración Biden impuso un arancel del 100%, mientras que la Unión Europea aplicó derechos compensatorios de hasta el 35,3% sobre los vehículos eléctricos fabricados en China, los cuales se suman al estándar aplicado por la UE del 10%. Estas tarifas varían según el fabricante: Tesla cuenta con el arancel más bajo 7,8%, mientras que las marcas BYD, Geely y SAIC pagan alrededor de 17%, 19-20% y 35,3% respectivamente (Lahiri, 2025).

Adicional a las presiones comerciales, la Unión Europea y Estados Unidos han venido delineando estrategias para asegurar el suministro

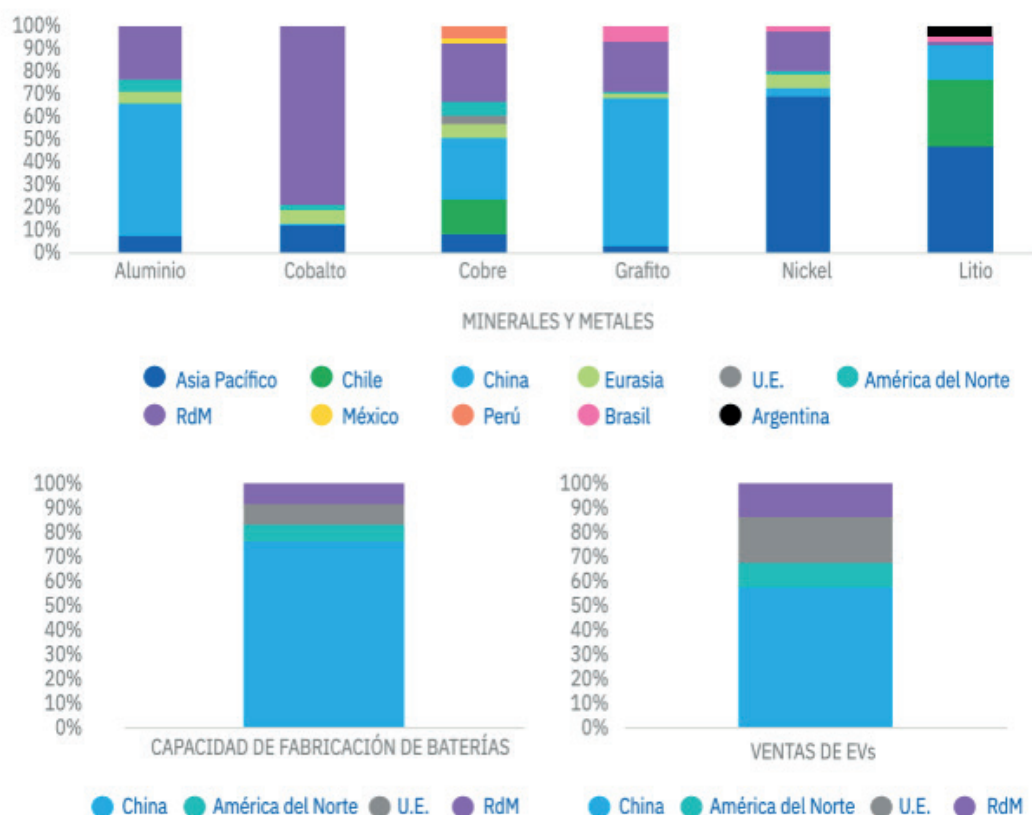


tro de minerales críticos por medio de asociaciones estratégicas, expansión de inversiones, y nuevos marcos regulatorios que exigen trazabilidad, sustentabilidad y derechos humanos en la cadena de suministro (European Commission, 2023). La Ley de Materias Primas Fundamentales de la UE y la Ley de Reducción de la Inflación (IRA) en EE.UU. son reflejo de esta urgencia por diversificar fuentes y fortalecer el control soberano sobre estos materiales (Kalantzakos, 2020).

América Latina y el Caribe en el nuevo contexto geopolítico de la energía

Si bien China domina toda la cadena de suministro y fabricación de los vehículos eléctricos, otros países -incluidos varios de la región- tienen una participación significativa de este mercado. En litio, Chile (30%), Argentina (5%) y Brasil (2%); en cobre, Chile (15%), México (3%) y Perú (5%), y Brasil, en grafito (7%) y níquel (3%) (BID, 2023).

Figura 20. Distribución Geográfica de la Cadena de Valor de Vehículos Eléctricos



Nota. De Hacia una integración sostenible: El potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe, por Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2023. Copyright 2023 por BID.

En este contexto, la UE ha venido impulsando una política activa de asociación con América Latina y el Caribe. En la III Cumbre UE–CELAC de 2023, se reafirmó el compromiso con el desarrollo sostenible y el acceso justo a recursos estratégicos en el marco de esta cooperación birregional. Uno de sus pilares es el impulso a asociaciones estratégicas en materias primas críticas, bajo principios de sostenibilidad, trazabilidad, y participación local. La Iniciativa Global Gateway y el nuevo Marco de Asociación Estratégica UE–ALC buscan promover cadenas de suministro más resilientes, transparentes y equitativas.

La UE también ha destacado la importancia de apoyar a los países latinoamericanos en el fortalecimiento de sus capacidades institucionales, regulatorias y tecnológicas, así como en la industrialización local y el desarrollo de valor agregado. Esto se enmarca dentro de una visión compartida de transición justa, que considera la dimensión social, ambiental y



económica de la minería. Entre junio y julio de 2023, el bloque firmó Memorándums de Entendimiento con Argentina y Chile para establecer una alianza estratégica en cadenas de valor de materias primas sostenibles entre las que se encuentra el litio.

Estos acuerdos contemplan cinco áreas clave para la cooperación:

1. La articulación de cadenas de valor sostenibles y resilientes en torno a las materias primas para el desarrollo de nuevos modelos de negocio, la atracción de inversiones y la puesta en marcha de iniciativas conjuntas.
2. La cooperación en actividades de investigación y desarrollo a lo largo de toda la cadena productiva.
3. La coordinación para promover y armonizar criterios y normativas ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en línea con estándares internacionales.
4. El impulso de proyectos de infraestructura estratégicos.
5. El fortalecimiento de capacidades, incluyendo la formación y cualificación del capital humano a lo largo de toda la cadena de valor. (Fundación EU-LAC, 2023).

La estrategia de Europa no se limita a la extracción, también hace un énfasis importante en extender el ciclo de vida de las baterías de litio por medio de la reutilización, remanufactura y revalorización de baterías en aplicaciones estacionarias, lo que contribuye a reducir la demanda de materias vírgenes -y por ende su dependencia en materias primas de otras regiones- y a cerrar el círculo del aprovechamiento de los recursos (Batteries Europe, 2021). China ha optado por una estrategia centrada en asegurar la materia prima debido a que domina el refinado de 19 de los 20 minerales estratégicos, representando cerca del 80% del crecimiento global en oferta de cobre y litio entre 2020 y 2024 (AIE, 2025).

Bajo este contraste entre los enfoques estratégicos de Occidente y China, América Latina y el Caribe se encuentra en una posición estratégica, pero también vulnerable. Su rol en esta transición energética dependerá

en el modelo de gobernanza que adopte cada país.

Gobernanza regional de los minerales críticos

El papel que pueda jugar la región en esta transición está limitado por orientaciones políticas de los gobiernos y la dependencia de modelos extractivistas tradicionales. Algunos países como Bolivia y México, han optado por fortalecer el rol de las empresas estatales en la extracción de sus minerales, mientras que Argentina y Chile han avanzado hacia una visión más liberal.

Tabla 08. Modelos de industrialización del litio en América Latina

País	Modelo	Participación Estatal	Apertura a Inversión Extranjera	Tecnología y Valor Agregado
Argentina	Liberalización completa	Mínima – Provincias regulan sin rol federal fuerte	Muy alta, régimen abierto con condiciones flexibles	Bajo control estatal; valor agregado y tecnología en manos extranjeras
Bolivia	Nacionalización total	Alta – el Estado controla toda la cadena de valor	Limitada a asociaciones técnicas o contratos	Bajo desarrollo tecnológico local; se impulsa la extracción directa de litio con socios
Chile	Nacionalización parcial	Moderada – Empresa Nacional de Litio (ENL) coordina junto a Corporación Nacional de Cobre (CODELCO) / Empresa Nacional de Minería (ENAMI)	Alta, pero con control estatal mayoritario en nuevos contratos	Enfoque en atraer inversión con transferencia tecnológica y valor agregado local
México	Nacionalización total	Muy alta – El Estado tiene el monopolio constitucional	Prácticamente nula tras la reforma de 2022	Producción aún incipiente, LitioMx busca desarrollar cadena completa

Fuente: Elaboración propia con base en IRR (2025) y Wilson Center (2024).

En el caso de Bolivia, se creó la Empresa de Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB) para desarrollar la industrialización bajo la definición de la estrategia nacional de explotación e industrialización de los recursos eva-



poríticos del país mediante la Ley No 928 de abril de 2017 (YLB, 2024). En noviembre de 2024, Bolivia firmó un acuerdo con el consorcio chino Hong Kong CBC Investment Limited que incluye al fabricante de baterías CATL, para construir dos plantas de extracción directa de litio por al menos 1.000 millones de dólares. Bolivia también firmó un contrato con grupo ruso Uranium One para la construcción de una planta de 970 millones de dólares para producir 14.000 toneladas de carbonato de litio al año (Ramos & Solomon, 2024).

México, por su parte, aprobó en abril de 2022 la reforma de la Ley Minera que busca proteger la soberanía energética del país debido a la creciente demanda internacional de litio y mantener un control efectivo sobre su propia seguridad nacional. Esta legislación prohíbe la participación privada en el mercado del litio y declara de utilidad pública la exploración, explotación y aprovechamiento del litio. Además, impide concesiones y contratos privados para la explotación del mineral, que es responsabilidad del Estado por medio del organismo público descentralizado denominado LitioMx (Rodríguez Garagarza, 2023; Litio para México, s.f.). Cabe mencionar que antes de la aprobación de dicha ley, México había otorgado concesiones a Bacanora Lithium (adquirida por la empresa china Ganfeng Lithium), para la explotación del mineral, sin embargo, ante la entrada en vigencia de la reforma, se cancelaron las concesiones.

Contrario a lo que han hecho los gobiernos de Bolivia y México, Argentina y Chile han optado por gestionar distinto el mineral por medio de mercados más abiertos para su industrialización. En su Estrategia Nacional del Litio (ENL), Chile busca reducir la dependencia externa, aumentar la supervisión estatal e impulsar el desarrollo de actividades con mayor valor agregado. Mientras que Argentina, a diferencia de sus vecinos, ha liberalizado completamente la industrialización del litio (Chekerdjieva, 2025).

Estos modelos de gobernanza del litio no solo evidencian decisiones técnicas o económicas son, además, estrategias de inserción internacional que moldean el rol de cada país en la nueva geopolítica de la transición energética. Al respecto, la CEPAL (2023) advierte sobre el rezago de la región en transformación industrial y en capitalización estratégica de sus recursos, pese a contar con reservas significativas.

Barreras y oportunidades para América Latina en la geopolítica del litio

Como se evidencia, hay actualmente una ausencia de mecanismos de cooperación entre los países con mayores reservas, lo cual impide negociar en bloque, contar con regulaciones alineadas o definir precios comunes. Estos desafíos estructurales limitan la capacidad que tiene la región de capturar mayor valor agregado y posicionarse como un actor geopolítico relevante sin caer en dinámicas extractivistas.

Por otro lado, no existen suficientes capacidades técnicas a nivel nacional o regional, por lo que se depende casi por completo de tecnología extranjera para la extracción directa de litio, procesamiento y producción de celdas de batería, pero tampoco en el reciclaje y reutilización de esta materia prima, que puede ser una oportunidad para países que no cuentan con reservas de estos minerales.

En Costa Rica, por ejemplo, se han venido desarrollando negocios en torno a la segunda vida de las baterías. En la actualidad, empresas como Fortech, han desarrollado una tecnología para la gestión adecuada, la reutilización y el reciclaje de baterías de litio en el país, convirtiéndolo en el primer país en vías de desarrollo con esta capacidad. La empresa ha recibido apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana – GIZ para desarrollar un plan piloto basado en un modelo de alianza público privada para apoyar a las municipalidades y empresas que venden productos con baterías de litio para desarrollar sinergias y crear nuevas capacidades técnicas.

Este proyecto contó también con la participación de la académica, la cual realizó un análisis del ciclo de vida que sigue Fortech en el procesamiento de las baterías de litio y confirmó que el método utilizado se logra con menos emisiones que las extracciones en las minas de África y Sudamérica (FORTECH & GIZ, 2023). Gracias al éxito del proyecto, Fortech y GIZ están preparando un proyecto para implementar esta tecnología en otros países, por ejemplo, en México.

Este tipo de iniciativas demuestra que, todos los países de la región pueden insertarse de manera estratégica en la cadena de valor de los minerales críticos por medio de la innovación tecnológica, la cooperación internacional y el desarrollo de capacidades locales. Casos como el de Costa Rica, evidencian que la transición energética no solo se basa en



la extracción, sino también en cómo se desarrollan modelos inclusivos, circulares y sostenibles que permitan generar empleos y valor a nivel nacional y regional. En ese sentido, la región tiene la posibilidad de pasar a ser solamente un proveedor más a convertirse en protagonista de una transición justa.

Bibliografía:

- International Energy Agency. (2024). *Global Critical Minerals Outlook 2024*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
- Fundación EU-LAC. (2023). *Asociaciones estratégicas para cadenas de valor sostenibles de materias primas entre la Unión Europea y América Latina y el Caribe*. EU-LAC Policy Brief n.º 7. <https://eulacfoundation.org/en/briefs/policy-brief-no-7-strategic-partnerships-sustainable-raw-material-value-chains>
- Batteries Europe. (2021). *Roadmap on Raw Materials and Recycling*. European Technology and Innovation Platform on Batteries. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/46038>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Hacia una integración sostenible: El potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/es/hacia-una-integracion-sostenible-el-potencial-de-la-electromovilidad-en-america-latina-y-el-caribe>
- International Energy Agency. (2024). *Global EV Outlook 2024: Catching up with climate ambitions*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- IRR. (2025). *Resource Nationalism in the Lithium Triangle: Analyzing the Investment Environment for China's Projects in the Lithium Industry*. International Relations Review. <https://www.irreview.org/articles/2025/5/15/resource-nationalism-in-the-lithium-triangle-analyzing-the-investment-environment-for-chinas-projects-in-the-lithium-industry>
- Wilson Center. (2024). *La presencia de China en el sector del litio en Argentina*. https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/La%20presencia%20de%20China%20en%20el%20sector%20del%20litio%20en%20Argentina_Abril%202024.pdf
- Yacimientos de Litio Bolivianos. (2024). *Acerca de YLB*. Recuperado de <https://www.ylb.gob.bo/acerca>
- Daniel Ramos & Daina Beth Solomon. (2024, 26 de noviembre). *Bolivia says China's CBC to invest \$1 billion in lithium plants*. Reuters. <https://www.reuters.com/markets/commodities/bolivia-says-chinas-cbc-invest-1-billion-lithium-plants-2024-11-26/>
- Chekerdjieva, C. (2025, 15 de mayo). *Resource nationalism in the lithium triangle: Analyzing the investment environment for China's projects in the lithium industry*. International Relations Review. Recuperado de <https://www.irreview.org/articles/2025/5/15/resource-nationalism-in-the-lithium-triangle-analyzing-the-investment-environment-for-chinas-projects-in-the-lithium-industry>
- CEPAL. (2023). *Extracción e industrialización del litio: oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48614-extraccion-industrializacion-litio-oportunidades-desafios-america-latina-caribe>
- FORTECH & GIZ. (2023). *Hacia una economía circular para las baterías de litio: Memoria técnica del taller regional*. San José, Costa Rica: Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible – GIZ.



Infraestructura de carga

Infraestructura de carga para vehículos eléctricos

Introducción

La transición hacia una movilidad sostenible demanda no solo vehículos eficientes y fuentes de energía limpia y sostenibles, sino también una infraestructura adecuada que asegure la viabilidad, seguridad y la disponibilidad adecuada. Dentro de esta infraestructura, la red de carga para vehículos eléctricos (VE) se convierte en un pilar fundamental, máxime en los países de América Latina y el Caribe, donde los desafíos de conectividad, inversión y planificación urbana se entrelazan con las oportunidades de diversificación energética.

Las decisiones en torno al diseño, ubicación, capacidad y tecnología de los sistemas de carga deben integrarse con políticas energéticas nacionales, aprovechando las ventajas comparativas de cada país. En esta sección se abordará la infraestructura de carga eléctrica, mientras que el capítulo correspondiente al hidrógeno verde (H₂) será tratado por separado, dada la especificidad de sus requerimientos técnicos y de infraestructura.

Definición y clasificación de la infraestructura de carga

La infraestructura de carga se refiere al conjunto de elementos físicos, tecnológicos y energéticos necesarios para brindar servicios de recarga a estos vehículos. Esta incluye desde puntos de conexión y transformadores hasta sistemas de gestión inteligente de la energía, integrándose con las redes eléctricas urbanas y rurales.

En términos funcionales, se clasifica en dos grandes categorías:

- **Carga pública:** se ubica en espacios de acceso abierto al público, ya sean de propiedad pública (calles, parques, dependencias del Estado nacional o subnacionales) o privada (estacionamientos

de centros comerciales, supermercados, estacionamientos o centros de servicios). Su planificación debe considerar factores como accesibilidad, rotación de usuarios y disponibilidad energética.

- **Carga privada:** se instala en domicilios particulares o infraestructuras empresariales con acceso restringido. Aunque su uso es más predecible y su gestión más sencilla, representa un componente crítico en la descentralización de la demanda energética.

Esta clasificación no solo responde a criterios de acceso físico, sino también a perfiles de consumo y planificación energética. Por ello, su integración dentro de las estrategias de promoción de la movilidad sostenible es fundamental para evitar presiones innecesarias en la red eléctrica y fomentar el uso eficiente de los recursos energéticos y de infraestructuras existentes.

Niveles de la red de carga de VE

Considerando los diferentes tipos de usuarios, tiempos de permanencia y necesidades energéticas, se identifican cuatro niveles funcionales para el desarrollo de infraestructura de carga:

Primer nivel: carga domiciliaria. Se trata de instalaciones de baja potencia (generalmente hasta 7,4 kW en corriente alterna) que permiten a los usuarios cargar sus vehículos durante la noche. En contextos donde existen tarifas multihorarias, esta modalidad permite desplazar la demanda hacia los horarios de menor consumo, favoreciendo el equilibrio de la red y reduciendo los costos para el usuario (IEA, 2024).

Segundo nivel: carga en puntos de permanencia prolongada. Son estaciones de carga de baja a media potencia, usualmente en corriente alterna (CA), ubicadas en lugares como estacionamientos de oficinas, centros comerciales, restaurantes y supermercados. El tiempo de permanencia del usuario permite cargas más extensas sin requerir alta velocidad. La combinación con sistemas de gestión inteligente (smart charging) posibilita una optimización del consumo energético.

Tercer nivel: carga rápida en corriente continua (CC). Estos puntos se



encuentran en ubicaciones estratégicas como corredores interurbanos o zonas de alta rotación vehicular. Ofrecen potencias de entre 50 y 150 kW, reduciendo el tiempo de recarga a menos de una hora. Su implementación requiere infraestructura eléctrica robusta y evaluación de impactos en la red (Olade, 2023).

Cuarto nivel: carga ultra rápida y de gran porte. Diseñada para vehículos pesados como autobuses eléctricos y camiones, esta infraestructura requiere potencias superiores a 150 kW, alcanzando hasta 350 kW o más. Su implementación debe considerar capacidades de transformadores, líneas de media tensión y disponibilidad energética, así como estrategias para evitar picos de demanda (IRENA, 2023).

Infraestructura para vehículos livianos y de micromovilidad

Los vehículos de tres ruedas, motocicletas eléctricas, bicicletas de pedaleo asistido y pequeños automóviles (city cars) han proliferado especialmente en zonas urbanas y rurales de difícil acceso. Este tipo de movilidad, además de representar una solución asequible y eficiente para la logística de última milla y el transporte personal, requiere redes específicas de carga.

Estas redes, por sus menores requerimientos eléctricos, permiten una expansión territorial con inversiones más accesibles. Su integración en espacios públicos (parques, estaciones intermodales, centros comunitarios) fomenta la inclusión y diversificación de la movilidad sostenible.

Tipos de conectores para vehículos eléctricos

La estandarización de conectores es un aspecto crucial para la interoperabilidad y expansión regional de la movilidad eléctrica. Existen distintos tipos de conectores utilizados en función del tipo de carga (CA o CC), la potencia requerida y las regulaciones locales.

Carga en corriente alterna (CA):

- **Tipo 1 (SAE J1772):** utilizado principalmente en América del Norte y Japón. Opera hasta 7,4 kW en carga monofásica.
- **Tipo 2 (Mennekes):** estándar en Europa y adoptado por varios países de América Latina. Permite carga monofásica y trifásica hasta 43 kW.

Carga en corriente continua (CC):

- **CHAdemo:** desarrollado en Japón, permite potencias de hasta 100 kW. Aunque su uso ha disminuido en algunos mercados, sigue presente en vehículos de origen asiático.
- **CCS Combo 1 y 2:** el más extendido globalmente. CCS1 se utiliza en América del Norte y CCS2 en Europa y varios países de América Latina. Soporta potencias superiores a 350 kW.
- **GB/T:** estándar chino, con variantes para CA y CC. China lidera su implementación, especialmente en redes públicas urbanas y flotas comerciales (IEA, 2024).

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2024), la tendencia global apunta hacia la consolidación del estándar CCS como el principal conector para cargas rápidas en CC, mientras que el tipo 2 domina la carga en CA en el contexto europeo y latinoamericano. En países como Brasil, Chile, Colombia y México, las políticas públicas y regulaciones están promoviendo la adopción de estos estándares para asegurar compatibilidad y facilitar la expansión de la infraestructura (Olade, 2023). Sin embargo, en otros mercados, especialmente en Centroamérica, se observa un incremento en la oferta de vehículos con estándar chino (GBT).

Esta diversidad en los conectores presenta un reto importante para la región, ya que limita la interoperabilidad entre países e incrementa costos de desarrollo de la infraestructura de carga. En este sentido, es importante avanzar hacia un proceso articulado de estandarización, en prime-



ra instancia a nivel subregional ya que los estándares también generan confianza, y permiten impulsar la electrificación de otros segmentos del mercado, (ABB E-mobility Inc., 2022).

Esta diversa oferta tecnológica también puede comprometer la integridad de la infraestructura. En Costa Rica, uno de los países con mayor despliegue de puntos de carga público y privados, donde coexisten múltiples conectores, obliga a los usuarios a utilizar adaptadores para poder hacer uso de la infraestructura. Muchos usuarios, por desconocimiento, hacen un uso inadecuado de estos dispositivos, por ejemplo, la desconexión cuando aún hay un proceso de carga activo. Esto puede provocar arcos eléctricos que dañan los conectores y que pueden llegar a derretir los adaptadores llegando incluso a quedar adheridos a los conectores.

Adicional al uso inadecuado, se observa el incremento en la oferta de adaptadores de baja calidad. Esto es especialmente preocupante ya que el riesgo de productos inseguros, poco confiables y mal diseñados, puede perjudicar el escalamiento de un mercado emergente. Por lo tanto, se recomienda a los países impulsar estándares de calidad para asegurar que la oferta de los dispositivos de carga sea la adecuada.

Consideraciones energéticas para la planificación de infraestructura

El despliegue de infraestructura de carga eléctrica debe integrarse con la planificación energética nacional. La disponibilidad de potencia, la estabilidad de la red y la complementariedad con fuentes renovables son factores determinantes.

La carga inteligente y la integración con sistemas de almacenamiento energético (baterías estacionarias) pueden mitigar impactos en la red, especialmente en regiones donde la infraestructura eléctrica es limitada. Asimismo, se abre la posibilidad del uso bidireccional de la energía (V2G, *vehicle-to-grid*), que permitiría a los vehículos actuar como almacenamiento distribuido en momentos de alta demanda o baja generación renovable.

Las sinergias entre el sector transporte y el energético son esenciales para garantizar una transición ordenada, resiliente y eficiente. Esto impli-

ca fortalecer la coordinación institucional, incentivar marcos normativos adecuados y promover inversiones que alineen objetivos de sostenibilidad con oportunidades económicas.

Bajo este contexto, resulta fundamental abordar las barreras regulatorias que condicionan el desarrollo de la infraestructura de carga, por ejemplo, las que solo habilitan a empresas concesionarias o distribuidoras eléctricas la venta de energía. Esto limita a los operadores privados ya que no pueden vender el servicio de carga por kWh obligándoles a usar esquemas de cobro indirectos que le quitan transparencia al mercado.

Perspectivas de las redes de carga a nivel mundial

Carga ultrarrápida (High Power Charging, HPC)

Este tipo de carga, que no es compatible para todos los vehículos, consiste en sistema de cargadores de más de 350 kW que se están instalando en corredores de transporte para permitir recargas de 80–90 % en menos de 10 minutos, especialmente en Europa, China y Norteamérica. IEA (2025).

En 2024, según IEA (2025), los cargadores ultrarrápidos (>150 kW) crecieron un 68 % a nivel mundial.

Asimismo, deben tenerse en cuenta las nuevas tecnologías como la de BYD (China) y de ABB, que se encuentran explorando soluciones con potencias de hasta 1 000 kW, dirigidas a segmentos especiales con énfasis en los vehículos pesados.

Carga inteligente y bidireccional (Smart Charging y V2G)**

Carga Smart y bidireccionalidad de la carga

La carga inteligente permite optimizar la demanda eléctrica mediante el aprovechamiento de las diversas señales de precio del mercado eléctrico, lo que además permite optimizar costos y potencias mediante un control remoto del sistema.



V2G y V2H

Vehicle-to-Grid (V2G) y Vehicle-to-Home (V2H) estas tecnologías permiten que los VE actúen como almacenamiento distribuido* ofreciendo flexibilidad a las redes.

Según IEA (2025), cerca del 20 % de la nueva infraestructura de carga residencial y pública instalada en 2024 ya es compatible con protocolos V2G. Mientras que OLADE promueve la adopción de estas tecnologías en América Latina y el Caribe como parte de su estrategia de integración de energía renovable y resiliencia de red (OLADE, 2024). Para ello no solo hay que contar con las soluciones tecnológicas, sino que también debemos contar con un robusto marco normativo que promueva estos usos con un criterio de eficiencia sistémica.

Carga inalámbrica (Wireless Charging)

La carga inalámbrica o inductiva que ya se encuentra masificada en otros productos tecnológicos, como los teléfonos celulares, tiene una oportunidad de desarrollo para servir flotas urbanas (taxis, buses, vehículos de aplicación) eléctricos. En la actualidad y de manera incipiente se están desarrollando pruebas piloto en la materia.

Esta tecnología está teniendo un espacio de expansión en China, Estados Unidos y Alemania, (IEA, 2025). En el futuro cercano este tipo de tecnología tendrá un rol interesante para atender demandas especiales.

Integración con energías renovables y almacenamiento

Los sistemas de carga se integran crecientemente con sistemas de generación de energía fotovoltaicas y almacenamiento en baterías. Estas últimas pueden incluir baterías en segundo uso.

Esta tendencia será clave en aquellas regiones con altas penetraciones de energía solar o eólica, y ayuda a evitar sobrecargas locales y mejorar la calidad del servicio de carga sin competir con otros usos de la red eléctrica. Desde OLADE impulsamos modelos de infraestructura de carga solar en áreas con baja densidad de red eléctrica, mejorando o ampliando el

servicio de carga a zonas rurales o aisladas (OLADE, 2024).

Carga distribuida en edificios, hogares y flotas

El mayor crecimiento se da en infraestructura residencial y en lugares de trabajo, donde se concentra cerca del 65 % de la carga total de VE, según la IEA.

Es importante contar para la gestión de cargas de flotas urbanas (logística, taxis, transporte público), con modelos de gestión energética centralizada como una opción que maximice la utilización de la infraestructura sin tensionar el sistema eléctrico. Un ejemplo de estas sinergias consiste en utilizar los cargadores de las playas de carga de los buses (noche) para carga de vehículos con taxímetros y flotas en el día.

Las rutas eléctricas que unen a ALC

Las rutas eléctricas en América Latina y el Caribe (ALC) constituyen un eje estratégico para consolidar la transición hacia una movilidad sostenible e integrada. Al igual que las redes de oleoductos, gasoductos e interconexiones eléctricas han facilitado históricamente el comercio energético, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos debe orientarse hacia la interoperabilidad transnacional. Esto implica avanzar hacia la armonización de estándares de conectores y protocolos de comunicación, así como establecer un sistema mínimo de medios de pago electrónicos (billeteras digitales, QR, tarjetas bancarias) que facilite el uso de la red en cualquier país de la región.

La implementación de corredores eléctricos regionales potenciará el transporte de mercancías y pasajeros en vehículos de motorización eléctrica, reducirá costos operativos y emisiones, y estimulará la movilidad transfronteriza de personas, con efectos positivos en el turismo y en las economías locales. Para lograrlo, será clave una coordinación institucional que promueva marcos mínimos de interoperabilidad.

Este proceso requiere estudios técnicos que permitan identificar corredores prioritarios, dimensionar la demanda futura, garantizar la viabilidad económica y definir mecanismos de gobernanza compartida.



Proyecciones y estudios futuros

Dada la rapidez con la que evoluciona la tecnología y las dinámicas energéticas, es imprescindible continuar desarrollando estudios prospectivos que aborden los escenarios de despliegue de infraestructura de carga, su impacto en las redes eléctricas y la integración de nuevas fuentes de energía.

Este capítulo representa un punto de partida para el análisis técnico-energético de la infraestructura de carga eléctrica. Sin embargo, para las próximas ediciones del *Libro blanco de la movilidad*, se prevé la incorporación de casos de estudio nacionales, análisis de costos-beneficios, modelos de financiamiento público-privado y experiencias exitosas en la región.

La movilidad eléctrica no es un fenómeno aislado, sino parte de una transformación estructural del sistema energético. Por ello, los estudios futuros deberán contemplar las interacciones con las políticas de electrificación rural, generación distribuida, almacenamiento y eficiencia energética.

Bibliografía:

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2024). *Global EV Outlook 2024*. París: IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- Organización Latinoamericana de Energía (Olade). (2023). *Movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe: Estado actual y perspectivas*. Quito: Olade. <https://www.olade.org/publicaciones>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Electric Vehicle Charging Infrastructure: Guidelines for Urban Development*. Abu Dhabi: IRENA.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Movilidad eléctrica en América Latina: Diagnóstico y políticas públicas*. Santiago: CEPAL.
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2022). *Charging systems for electric vehicles – IEC standards overview*. Ginebra: IEC.
- Agencia Internacional de Energía (IEA). IEA. (2025). *Global EV Outlook 2025**. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>.
- OLADE. (2024). *Perspectivas Energéticas de América Latina y el Caribe 2024*.

- OLADE. (2024). Movilidad Eléctrica y Renovables en América Latina.
- IEA. (2025). "Technology Roadmap: Charging Infrastructure for Electric Vehicles".
- ABB E-mobility Inc. (2022). *Standards and interoperability: Scaling EV charging infrastructure* [White paper]. ABB. Retrieved from https://library.e.abb.com/public/eb9346be60a74ca6a6f42d559e2d102f/ABB_E-mobility_Interoperability_WhitePaper_B.pdf



Infraestructura de Recarga para la Electromovilidad



Artículo elaborado por la Universidad Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica



Leyenda de la foto: Fundadores del Diplomado en Electromovilidad de USACH (Tecnología, Políticas Públicas y Modelos de Negocio), Hernan Nilo Fernandez y Matías Díaz Díaz.

Introducción

La electromovilidad se ha consolidado como un pilar fundamental en la transición energética global, ofreciendo una alternativa sostenible al transporte tradicional basado en combustibles fósiles. Sin embargo, la masificación de los vehículos eléctricos (VE) está intrínsecamente ligada al desarrollo y la disponibilidad de una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE) robusta, eficiente y accesible. Este capítulo se adentrará en los aspectos clave de la infraestructura de recarga, desde los diferentes tipos de tecnologías y sus estándares internacionales, hasta la situación actual y las políticas públicas implementadas en Chile. El objetivo es proporcionar una visión integral que sirva como base para

futuras estrategias y modelos de negocio en la región.

Tipos de Recarga

La recarga de vehículos eléctricos puede clasificarse en diversas modalidades, cada una con sus propias características, ventajas y desafíos. La elección de una u otra depende de factores como la potencia requerida, el tiempo disponible, el espacio físico y la aplicación específica del vehículo.

Recarga Conductiva

La recarga conductiva es la forma más común y extendida de recarga de VE. Implica una conexión física directa entre el vehículo y la fuente de energía a través de un cable y conectores. Esta modalidad se subdivide principalmente en recarga de corriente alterna (AC) y corriente continua (DC), las cuales se detallarán en la siguiente sección. Su principal ventaja es la eficiencia en la transferencia de energía y la madurez tecnológica. Ejemplo de ello es la tecnología V2G, en donde debido al uso de cargadores bidireccionales que permiten un flujo de energía desde la red al VE y viceversa, el VE puede dar soporte evitando sobredemandas en horas peak, reduciendo así las pérdidas en la red, manteniendo un balance en la tensión de esta, mejora en la potencia activa, entre otros. Sin embargo, requiere la manipulación de cables y la estandarización de conectores. A continuación, se presentan las ventajas y desventajas asociadas a este tipo de tecnología (Memon & Rossi, 2025).

Ventajas:

- **Madurez:** Tecnología madura que permite una infraestructura establecida que ha sido ampliamente adoptada.
- **Costos:** Menores costos en comparación a las otras tecnologías de carga.
- **Eficiencia:** Alta eficiencia y rápida carga de vehículos que se traduce en menores tiempos.

Desafíos:



- **Conexión:** Requiere de cableado para la conexión física entre el VE y el punto de carga.
- **Desgaste:** El uso de elementos para la conexión física de los elementos produce un desgaste que requiere un mantenimiento y reemplazo de componentes.

A continuación, en la Figura 21. se presenta el desarrollo en el tiempo de la carga conductiva por región a nivel mundial.

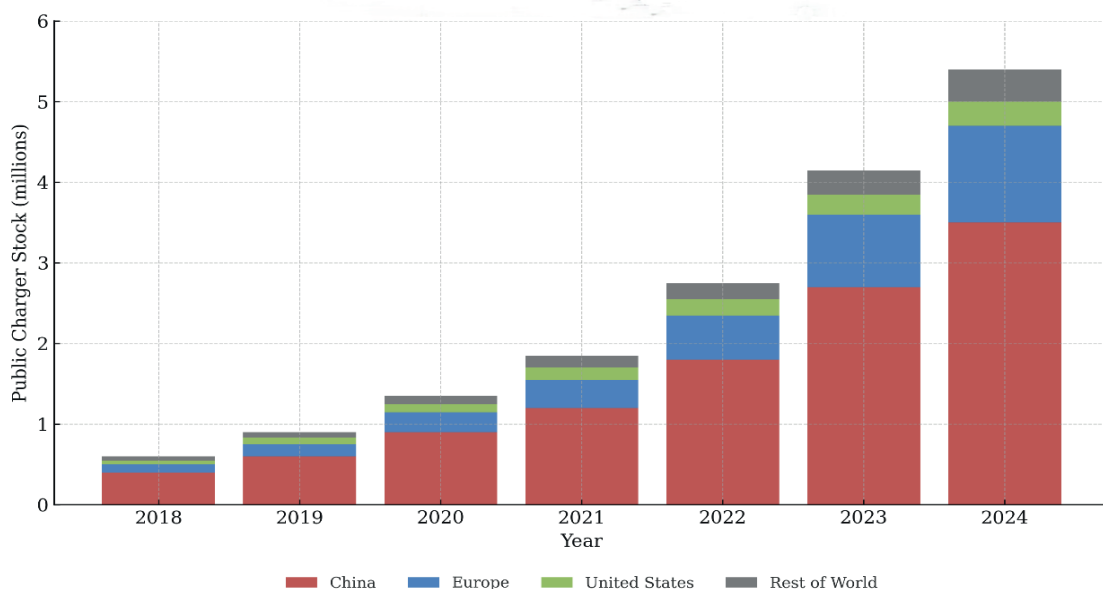


Figura 21. Desarrollo de Carga Conductiva a nivel Mundial (Global EV Outlook 2025 Expanding Sales in Diverse Markets, n.d.).

Recarga Inalámbrica

La recarga inalámbrica, basa su funcionamiento entorno al principio de propagación de ondas electromagnéticas. Esta se divide en 4 tipos siendo estos: transferencia a corta distancia (Inductiva, Capacitiva, Resonancia Magnética), transferencia a larga distancia (Laser, Microondas, Ondas de Radio), por fuerza mecánica y acústica. Actualmente la que se encuentra disponible para VE son la capacitiva e inductiva, siendo esta última la más empleada entre ambas ya que puede ser utilizada en mayores rangos de distancia que su versión capacitiva (Shahed & Rashid,

2024). El principio de funcionamiento de esta se basa en el acoplamiento magnético entre una bobina que se encuentra en la estación de carga y otra dentro del VE, las que intercambian energía a través de un campo magnético. A continuación, se presentan las ventajas y desventajas asociadas a la carga inalámbrica (Memon & Rossi, 2025).

Ventajas:

- **Conveniencia:** Elimina la necesidad de cables y conectores, facilitando el proceso de recarga.
- **Estética y seguridad:** Reduce el desorden de cables y el riesgo de tropiezos o daños por manipulación.
- **Seguridad:** Más seguro frente a condiciones adversas de clima.

Desafíos:

- **Eficiencia:** Generalmente, presenta una eficiencia ligeramente menor que la recarga conductiva debido a pérdidas en la transmisión.
- **Costo:** La implementación de la infraestructura inalámbrica suele ser más costosa.
- **Estandarización:** Aunque existen avances, la estandarización global aún está en desarrollo.

La recarga inalámbrica puede ser estática, donde el vehículo debe estar detenido sobre la plataforma de carga, o dinámica, donde el vehículo se carga mientras se mueve sobre carriles electrificados.

Esta tecnología ha sido abordada con mayor profundidad a través del tiempo, reflejando la tendencia al alza del desarrollo de soluciones que promuevan la inserción de VE. Esto se observa en la Figura 22 en donde se muestra la evolución desde el 2017 en adelante considerando proyecciones hasta el 2026 a lo largo del mundo.





Figura 22 Desarrollo de Cargas Inalámbricas a nivel Mundial (Mohamed et al., 2022).

Como se puede observar, existe una tendencia creciente en este tipo de carga, con Asia y Europa posicionándose como los principales referentes en el área. En contraste, Latinoamérica aún presenta un rezago significativo en este ámbito, mostrando así la oportunidad de desarrollo en esa área.

Battery Swap (Intercambio de Baterías)

El modelo de intercambio de baterías (Battery Swap) consiste en reemplazar una batería descargada del vehículo por una completamente cargada en una estación especializada. Este proceso se realiza de forma automatizada y en cuestión de minutos, similar a repostar combustible en un vehículo convencional. Esta alternativa posee ventajas y desventajas que se presentan a continuación (Mohamed et al., 2022; Shahed & Rashid, 2024):

Ventajas:

- **Rapidez:** Elimina los tiempos de espera asociados a la recarga, ofreciendo una solución rápida para la “recarga” de energía.
- **Optimización de baterías:** Permite a los operadores gestionar y

optimizar la vida útil de las baterías, cargándolas en horarios de baja demanda o con fuentes de energía renovable.

- **Menor costo inicial del VE:** El costo de la batería puede ser separado del precio de compra del vehículo, ofreciendo la batería como un servicio de suscripción.
- **Soporte a la Red:** En un sistema V2G las baterías cargadas en espera pueden entregar potencia a la red en periodos de máxima demanda, cargándose en los periodos donde la energía es más barata.

Desafíos:

- **Estandarización de baterías:** Requiere una estandarización rigurosa de los paquetes de baterías entre diferentes fabricantes y modelos de vehículos.
- **Infraestructura compleja:** Las estaciones de intercambio son costosas de construir y mantener, y requieren un inventario de baterías.
- **Propiedad de la batería:** Implica un cambio en el modelo de propiedad del vehículo, donde la batería no es propiedad del usuario.
- **Alto costo Inicial:** Necesidad de un gran espacio para el almacenamiento de las baterías, las que tienen un alto costo debido a la gran cantidad que se requiere para dar abasto a la demanda de VE.
- **Mayor Costo de Carga:** Mayor costo que la carga de vehículos a combustión debido a la mensualidad.

Este modelo ha sido explorado por empresas como Better Place, aunque con desafíos significativos en su implementación a gran escala. Sin embargo, sigue siendo una opción viable para flotas de vehículos con rutas predecibles y alta utilización. A continuación, en la Figura 23 se presenta el desarrollo del battery swapping alrededor del mundo.



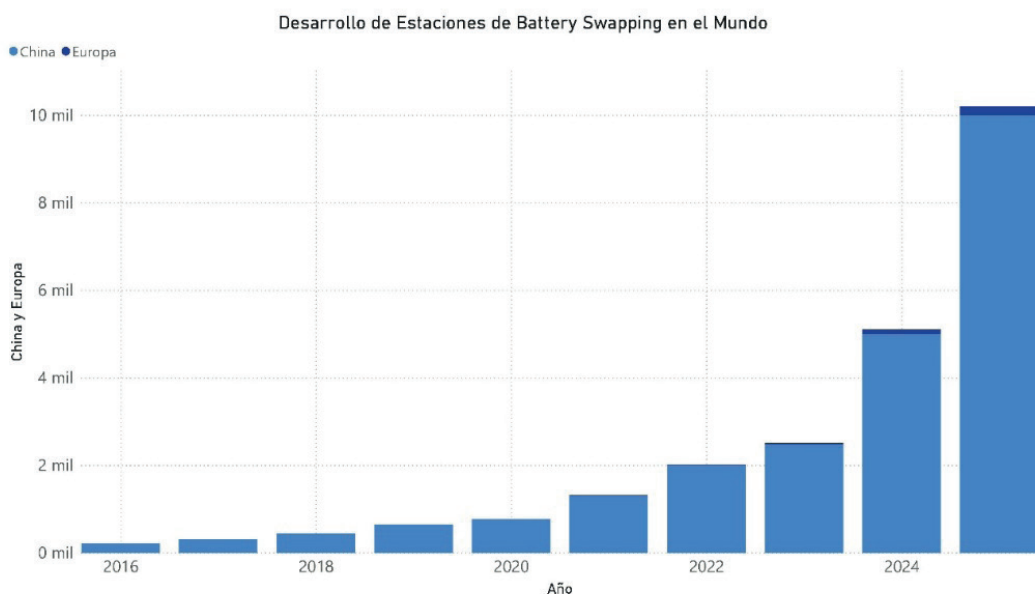


Figura 23 Desarrollo de Battery Swapping a nivel Mundial (Wang, n.d.).

Como se puede observar, China se posiciona como el principal actor a nivel mundial en el desarrollo de esta tecnología, destacándose por su papel pionero y su capacidad de expansión sostenida a lo largo del tiempo. Su liderazgo ha servido de referencia para otros países, impulsando la adopción global de esta solución. Esta dinámica ha comenzado a replicarse en otras regiones, como Europa, donde varios países están siguiendo un camino similar hacia la transición tecnológica.

A modo de resumen, en la Tabla 10 se presenta una comparativa entre los 3 modos de carga, evaluando características como duración de la carga, eficiencia de esta, entre otros.

Tabla 10 Comparativa entre Modos de Carga (Memon & Rossi, 2025).

Característica	Carga Conductiva (CC)	Carga Inalámbrica (CI)	Battery Swapping (BS)
Tipo de Tecnología	Conexión de cable	Ondas electromagnéticas	Reemplazo de baterías
Conveniencia	Moderada (requiere mantención)	Alta (sin cables)	Muy alta
Eficiencia	Alta	Moderada	Moderada
Costo de Infraestructura	Moderado	Alto	Muy alto
Tiempo de Carga	Rápido	Moderado a lento	Muy rápido
Escalabilidad	Alta	Baja a moderada	Moderada
Aplicaciones	Áreas urbanas. Estacionamientos. Áreas públicas. Carreteras.	Áreas urbanas	Flotas comerciales. Escenarios de alta demanda.
Desafíos	Dependencia del usuario. Disponibilidad de estación. Desgaste del cableado.	Pérdida de energía. Baja velocidad. Problemas de alineamiento.	Estandarización. Gestión de batería. Costo.

Carga Conductiva AC y DC

La recarga conductiva es el método predominante para los vehículos eléctricos y se clasifica según el tipo de corriente utilizada: AC y DC, en donde cada una tiene sus propias características y aplicaciones. A su vez, estas están subdivididas en distintos modos de carga acorde a diferentes estándares que se aplican a nivel mundial, estos son detallados en la presente sección en la Tabla 3.1, los cuales serán abordados en profundidad en la siguiente sección.



Carga de Corriente Alterna (AC)

En la práctica, existen diversos estándares que establecen distintos niveles de carga para vehículos eléctricos. De forma general, la carga en corriente alterna (AC) es la más utilizada tanto en entornos domésticos como en estaciones públicas de baja y media potencia. En este tipo de carga, la electricidad proveniente de la red se convierte en corriente continua (DC) mediante un cargador a bordo del vehículo, lo que limita la potencia disponible para la batería. Como resultado, los tiempos de carga suelen ser prolongados, clasificándose en categorías de carga lenta o semi-rápida.

Carga de Corriente Continua (DC)

La carga DC, también conocida como carga rápida, suministra energía directamente a la batería del vehículo, omitiendo el cargador a bordo del VE. Esto permite una transferencia de potencia mucho mayor y, por lo tanto, tiempos de recarga significativamente más cortos.

La elección entre carga AC y DC depende del uso del vehículo y la infraestructura disponible. La carga AC es adecuada para recargas diarias en el hogar o el trabajo, mientras que la carga DC es esencial para viajes largos y flotas de alta utilización. A continuación, en la Figura 24 se presenta el esquema de la carga AC y DC.

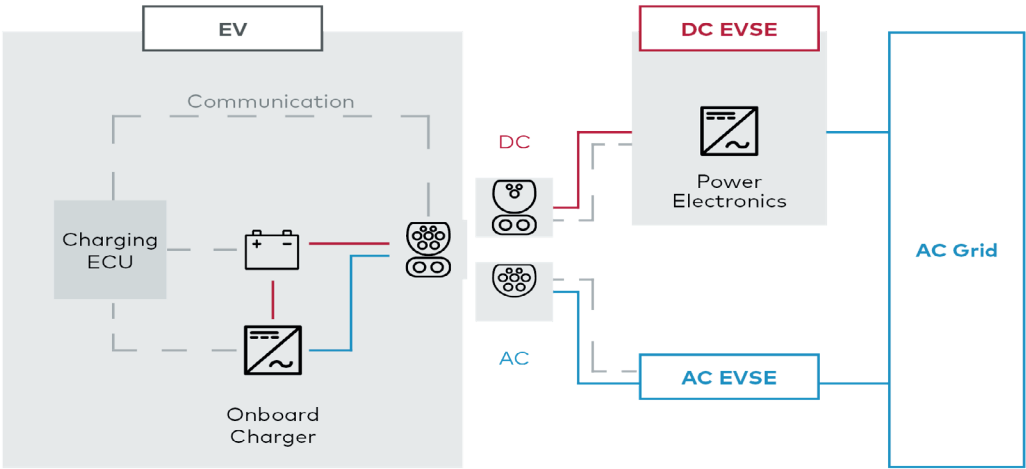


Figura 24 Configuración de Carga AC y DC (Charging Interfaces | Vector, n.d.).

A continuación, como resumen en la Tabla 11 se presenta una comparación entre ambos modos.

Tabla 11: Comparativa de Carga Conductiva AC y DC.

Criterio	Carga Conductiva AC	Carga Conductiva DC
Ubicación del convertidor	Dentro del vehículo	En la estación de carga
Infraestructura necesaria	Más simple, puede usar red residencial	Requiere subestaciones, alta potencia, gestión térmica
Aplicaciones típicas	Hogares, oficinas, estacionamientos lentos	Estaciones públicas rápidas, terminales de buses, autopistas
Costo del cargador	Bajo a medio	Alto
Impacto en la red eléctrica	Bajo a moderado	Alto, puede generar picos de demanda



Aplicaciones típicas según tipo de carga

La aplicación de un tipo de carga depende principalmente del nivel de potencia disponible, lo cual influye directamente en el tiempo necesario para cargar la batería. En general, los tiempos de carga más breves están asociados a la carga en corriente continua (DC), mientras que la carga en corriente alterna (AC) ofrece velocidades más bajas, abarcando principalmente los tipos de carga lenta y semi-rápida. En función de estas características, el uso de carga AC o DC se define según los siguientes criterios:

- **Carga AC** es ideal para uso residencial, oficinas y lugares donde el vehículo permanece estacionado por varias horas.
- **Carga DC** es esencial para viajes largos, flotas comerciales y transporte público, donde el tiempo de recarga es crítico.

Potencias y tiempos de carga

En la actualidad se encuentran distintos niveles de potencia para la recarga de VE, estos van desde el tipo monofásico con potencias de 2 hasta los 7 kW, trifásicos con potencias que alcanzan los 22 kW. Lo anterior, es válido para la carga AC, mientras que en la carga DC los niveles de potencia van desde los 25 kW en adelante. A continuación, en la Tabla 2.2 se presentan los niveles de potencia acorde a los distintos tipos de carga AC y DC, junto con los tiempos requeridos para la carga en cada caso.

Tabla 2.2: Velocidades de carga AC y DC (Ayoade & Longe, 2024).

Carga	Velocidad de Carga	Potencia (kW)	Tiempo (h)
AC	Lenta	1.5-2	6-10
	Semi rápida	19	1-3
DC	Rápida	25-350	0.5

Normativa Internacional en infraestructura

La estandarización de la infraestructura de recarga para VE es un componente esencial para garantizar la interoperabilidad, seguridad y eficiencia del sistema de electromovilidad a nivel global. Las normativas internacionales definen los modos de carga, niveles de potencia, tipos de conectores y protocolos de comunicación, permitiendo que vehículos de distintos fabricantes puedan utilizar una red común de estaciones de recarga. Este apartado presenta un panorama de las principales normas internacionales, sus clasificaciones y su relevancia para el desarrollo de políticas públicas y marcos regulatorios en países de la región.

Sistema Conductivo de Carga de Vehículos Eléctricos

La serie de normas IEC 61851, desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), es el estándar global para los sistemas de carga conductiva. Define los modos de carga, establece las especificaciones generales para la infraestructura de carga, las funciones de comunicación y seguridad entre el VE y el cargador.

Modos de Carga AC:

- **Modo 1:** Conexión simple a una toma de corriente doméstica estándar (schuko) sin comunicación ni protecciones avanzadas. Generalmente limitado a bajas potencias (hasta 2.3 kW) y no permitido para VE en Chile debido a preocupaciones de seguridad. En la Figura 25 se puede ver en detalle este modo de carga.



Figura 25: Modo de Carga 1 (EV Charging Modes | Deltrix Chargers, n.d.).

- **Modo 2:** Utiliza un cable con un dispositivo de control y protección en el cable (IC-CPD) que incorpora funciones de seguridad y co-

municación básica entre el vehículo y la toma de corriente. Permite potencias de hasta 7.4 kW (monofásico) o 22 kW (trifásico) y se conecta a tomas domésticas o industriales. Es ideal para recarga ocasional en el hogar o en lugares de trabajo. En la Figura 26 se presenta este modo de carga.



Figura 26 Modo de Carga 2 (EV Charging Modes | Deltrix Chargers, n.d.).

- **Modo 3:** Es el modo de carga AC más avanzado y seguro. Implica un equipo de suministro de vehículos eléctricos (EVSE o Wallbox) fijo, que gestiona la comunicación y las protecciones eléctricas. Ofrece potencias que van desde 3.7 kW hasta 22 kW (monofásico o trifásico) y es el estándar para la mayoría de los puntos de carga públicos y residenciales dedicados ((EX)UNE-EN_IEC_61851-1=2020, n.d.), lo cual se puede ver en mayor detalle en la Figura 27.



Figura 27: Modo de Carga 3 (EV Charging Modes | Deltrix Chargers, n.d.).

- **Modo 4:** Es el único modo de carga DC. El EVSE externo realiza la conversión AC/DC y entrega la energía directamente a la batería del vehículo. Las potencias pueden variar desde 25 kW hasta más de 350 kW (ultra-rápida). Es la opción preferida para estaciones de servicio en carretera y lugares donde se requiere una recarga en poco tiempo. Esta se aprecia en la Figura 28.

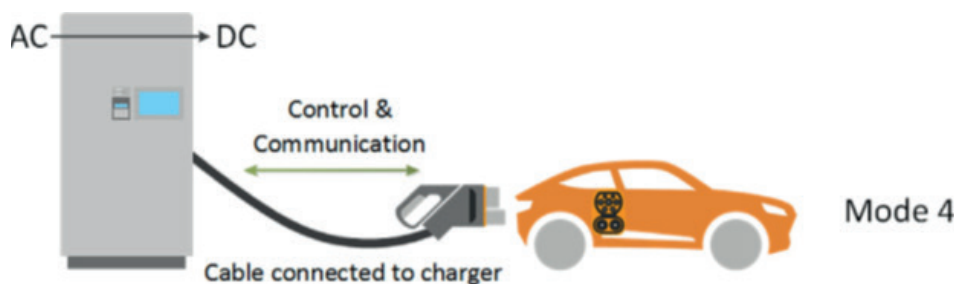


Figura 28: Modo de Carga 4 (EV Charging Modes | Deltrix Chargers, n.d.).

- **IEC 62752: Dispositivo de Control y Protección en Cable (IC-CPD) para Modo 2:** Esta norma específica se centra en los cargadores portátiles de Modo 2, detallando sus requisitos de seguridad, construcción y pruebas. Es fundamental para garantizar que estos dispositivos, que se conectan a tomas domésticas, operen de manera segura en entornos no controlados.

SAE J1772: Conector de Vehículos Eléctricos

La clasificación por niveles de carga proviene principalmente de la norma SAE J1772, ampliamente utilizada en Norteamérica, y se basa en la potencia suministrada:

- Nivel 1: Carga lenta (hasta 2 kW) en AC, usando tomas domésticas de 120 V. Tiempo de carga: 8–20 horas.
- Nivel 2: Carga semi-rápida (3–22 kW) en AC, con tomas de 240 V. Tiempo de carga: 4–8 horas. Es el estándar en hogares y estaciones públicas.
- Nivel 3 o DCFC (Carga rápida en DC): Potencias superiores a 50 kW, con tiempos de carga de 20–40 minutos. Utiliza conectores específicos como CHAdeMO, CCS o Tesla Supercharger.

A continuación, en la Tabla 12 se hace la comparativa entre distintos estándares.



Tabla 12 Tabla Comparativa Estándares (Lebrouhi et al., 2021).

Estándar	Tipo	Fase	Nivel / Modo	Voltaje (V)	Corriente (A)
SAE J1772	AC	Monofásico	Nivel 1	120	16
		Monofásico	Nivel 2	240	32-80
	DC	DC	Nivel 1	200-450	80
		DC	Nivel 2	200-450	200
IEC 61851	AC, no dedicado	Monofásico	Modo 1	250	16
		Trifásico		480	16
	AC, no dedicado	Monofásico	Modo 2	250	32
		Trifásico		480	32
	AC, dedicado	Monofásico	Modo 3	250	32
		Trifásico		480	32
	DC, dedicado	DC	Modo 4	400	200

Normas de conectores

La diversidad de conectores y protocolos ha sido un desafío para la interoperabilidad. A continuación, se presentan los más relevantes:

Conectores AC:

- **Tipo 1 (SAE J1772):** Común en América del Norte y Japón, para carga monofásica.
- **Tipo 2 (Mennekes / IEC 62196):** Estándar en Europa y Chile, para carga monofásica y trifásica.
- **GB/T AC:** Estándar en China, similar al Tipo 2 pero con pines hembra en el conector fijo.

Conectores DC:

- **CHAdemo:** Estándar japonés, común en vehículos asiáticos.

- **CCS Combo 1 (SAE J1772 Combo):** Combinación del conector Tipo 1 con pines adicionales para DC, utilizado en América del Norte.
- **CCS Combo 2 (Mennekes Combo / IEC 62196 Combo):** Combinación del conector Tipo 2 con pines adicionales para DC, estándar en Europa y Chile.
- **GB/T DC:** Estándar chino para carga rápida.
- **ChaoJi:** Conector en desarrollo conjunto entre Japón y China, con el objetivo de soportar potencias muy elevadas (hasta 900 kW).

Los conectores presentados previamente se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Tipos de Conectores (Memon & Rossi, 2025).

Tipo de Conector	China	Norte América	Europa	Japón
				
Conector AC	GB/T AC	SAE J1772 Tipo 1	IEC 62196 Tipo 2	SAE J1772 Tipo 1
				
Conector DC	GB/T DC	CCS Combo 1	CCS Combo 2	CHAdeMO

Cada uno de estos conectores provee diferentes cantidades de potencia al vehículo, esto permite que el tiempo de la recarga sea mayor o menor acorde sea el caso, en la Tabla 13 se presenta el tiempo de carga junto con otras características de los diferentes tipos de conectores.

Tabla 13: Comparativa Tipos de Conectores (Parte 1) (Lebrouhi et al., 2021).

Estándar	Tipo	Fase	Nivel / Modo	Conector	Tiempo de Carga (h)	Ubicación
----------	------	------	--------------	----------	---------------------	-----------



SAE J1772	AC	Monofásico	Nivel 1	Tipo 1 / Tipo 2	8-9	On-Board
		Monofásico	Nivel 2	Tipo 2	1-3	On-Board
	DC	DC	Nivel 1	CHAdEMO / CCS	0.5 - 1.5	Off-Board
		DC	Nivel 2	CHAdEMO / CCS	0.2 – 0.58	Off-Board
IEC 62196	AC	Monofásico / Trifásico	Modo 1	5.5	Tipo 1	On-Board
		Monofásico / Trifásico	Modo 2	1	Tipo 2 / Mennekes	On-Board
		Trifásico	Modo 3	0.5	Tipo 2 / Mennekes	On-Board
	DC	-	Modo 4	0.1	CHAdEMO / CCS	Off- Board

Tabla 14: Comparativa Tipos de Conectores (Parte 2) (Lebrouhi et al., 2021).

Estándar	Tipo	Fase	Nivel / Modo	Conector	Tiempo de Carga (h)
GB/T	AC	Prohibido	Modo 1	-	-
	AC	Monofásico	Modo 2	GB/T	3-5
	AC	Monofásico / Trifásico	Modo 3	GB/T	1-3
	DC	-	Modo 4	GB/T - CHAdEMO	0.2-0.58

Protocolos de comunicación

La información inherente dentro del VE y la gestión de esta es de vital importancia dentro del ecosistema de la electromovilidad, esto ya que en base a ella se pueden mantener un seguimiento constante de las condiciones del VE tales como estado de carga, estado de salud de las baterías, entre otros. Información relevante que ayuda a planificar la carga y descarga del vehículo de forma tal de evitar sobredemandas en la red, mayores pérdidas de energía, disminución de los tiempos de carga para los usuarios, prolongando la vida útil de las baterías, etc. Por esta razón,

se han desarrollado distintos protocolos de comunicación entre el VE y la infraestructura de carga los cuales se presentan a continuación:

- **OCCP (Open Charge Point Protocol):** Permite la comunicación entre estaciones de carga y sistemas de gestión centralizados. Permite interoperabilidad entre el sistema de alimentación del vehículo eléctrico (SAVE) y el VE, intercambiando información como la potencia de carga, señales de inicio/parado de carga.
- **IEC 63119:** El protocolo IEC 63119 define el estándar para la comunicación entre proveedores de servicios y operadores de estaciones de carga en contextos de roaming de vehículos eléctricos. Establece cómo intercambiar información de autenticación, reservas, cobros y uso de energía, garantizando interoperabilidad entre distintas redes. No regula la comunicación directa entre el vehículo y el cargador, sino que actúa en el nivel superior, facilitando el acceso de los usuarios a múltiples operadores con una sola cuenta.
- **OICP:** El protocolo OICP (Open InterCharge Protocol) es un estándar desarrollado por Hubject que permite la interoperabilidad entre operadores de puntos de carga (CPO) y proveedores de servicios de movilidad (eMSP). Facilita el intercambio de información sobre disponibilidad, precios, reservas, autenticación y transacciones de carga, permitiendo a los usuarios de vehículos eléctricos acceder a una red amplia de cargadores usando una única plataforma o tarjeta. OICP es ampliamente utilizado en Europa y se basa en comunicación segura vía web services (SOAP).
- **IEC 61851:** Estándar que regula los aspectos generales de la infraestructura de carga conductiva para vehículos eléctricos, incluyendo modos de carga, niveles de potencia y requisitos de seguridad. Define la comunicación básica entre el cargador (EVSE) y el vehículo mediante la señal de Control Piloto (CP), permitiendo gestionar la conexión, la ventilación, y la corriente máxima disponible. Es la base técnica para los cargadores AC convencionales y sienta las bases para otros protocolos más avanzados como ISO 15118.
- **ISO 15118:** Establece la comunicación vehículo-estación, incluyendo funciones como Plug & Charge y gestión de energía bidireccional (V2G). Además, con este protocolo se permite la identificación y facturación de forma automática del VE (Tightiz et al., 2025).



A continuación, en la Figura 29 se presenta la imagen de la aplicación de los distintos protocolos antes mencionados dentro del ecosistema de los VE.

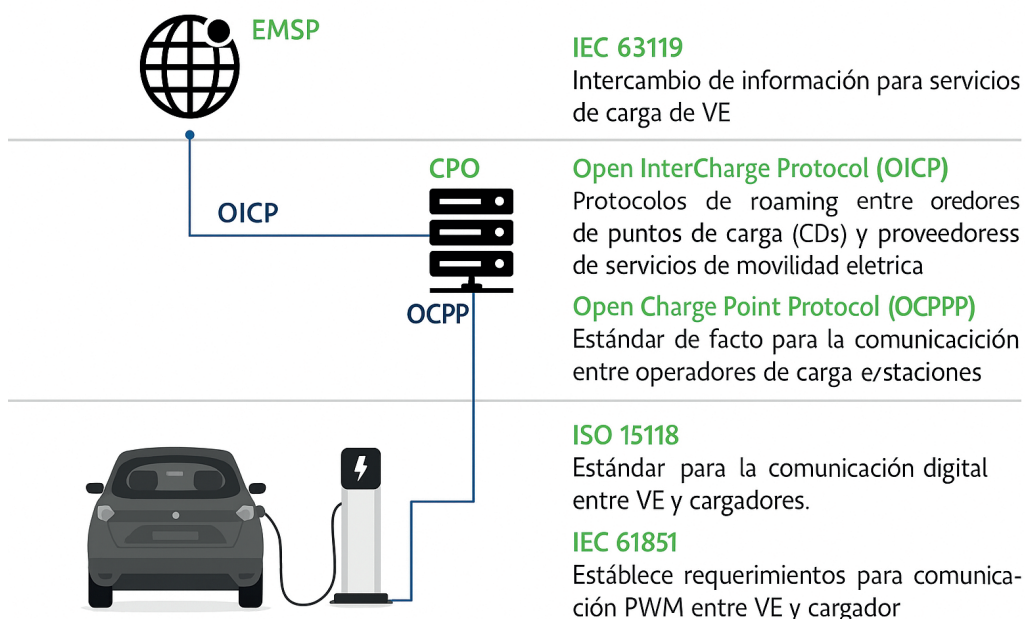


Figura 29 Esquema Protocolos de Comunicación VE.

Armonización y Comparación entre regiones

A pesar de la existencia de múltiples estándares, la industria busca una mayor armonización para facilitar la interoperabilidad global. La coexistencia de diferentes tipos de conectores y protocolos puede generar desafíos para los usuarios y los fabricantes de infraestructura. La Figura 3.6 muestra la adopción de estándares por parte los países.

En este sentido, la adopción de normas varía según la región:

- **Europa:** Lidera en estandarización con el uso obligatorio del conector Tipo 2 y CCS. La interoperabilidad es una prioridad.

- **EE.UU. y Canadá:** Uso extendido de SAE J1772 y CCS. Tesla ha comenzado a abrir su red a otros fabricantes.
- **Asia:** Japón utiliza CHAdeMO, mientras que China ha desarrollado su propio estándar (GB/T).
- **América Latina:** En proceso de adopción, con una tendencia hacia la compatibilidad con normas europeas y norteamericanas.

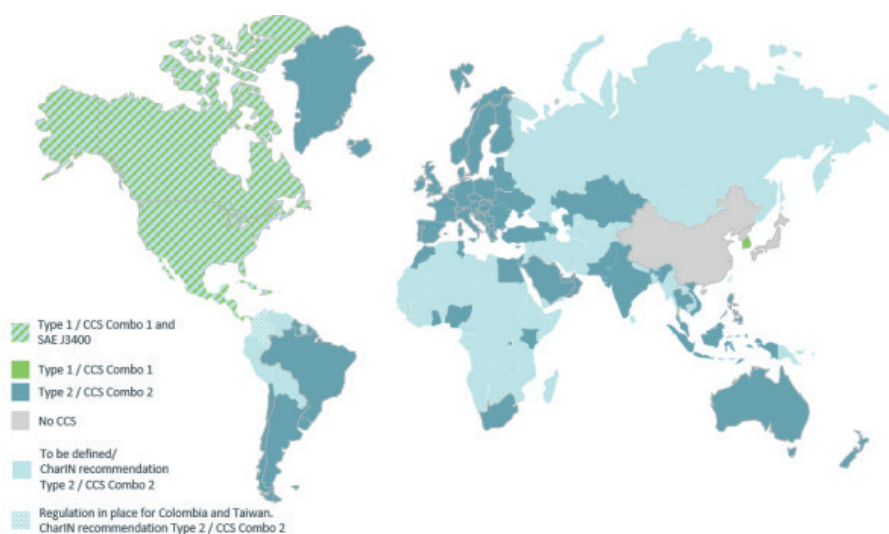


Figura 24 Mapa Mundial de Estándares de conectores por región (The 38th International Electric Vehicle Symposium & Exhibition - Harmonizing EV Charging Connectors).

Preliminares del Caso Chileno

Chile ha mostrado un compromiso creciente con la electromovilidad, estableciendo metas ambiciosas y desarrollando un marco regulatorio para impulsar la adopción de vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga.



Breve Reseña de la Electromovilidad en Chile

La electromovilidad en Chile ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsada por políticas públicas y la creciente conciencia sobre la sostenibilidad. Aunque el parque de vehículos eléctricos aún es pequeño en comparación con los líderes mundiales, la tasa de crecimiento es notable.

- **Crecimiento del parque vehicular:** Las ventas de vehículos eléctricos (BEV y PHEV) han mostrado una tendencia al alza, pasando de 197 unidades en 2018 a 1,769 en 2022. Para el primer semestre de 2025, se registraron 2,537 unidades vendidas de PHEV y BEV (INFORME CERO Y BAJAS EMISIONES ANAC A.G.-MAYO 2025, n.d.).
- **Preferencias del mercado:** Los consumidores chilenos aún muestran una preferencia por los vehículos híbridos convencionales (HEV), que no son cero emisiones, pero las ventas de BEV y PHEV están aumentando (INFORME CERO Y BAJAS EMISIONES ANAC A.G.-MAYO 2025, n.d.). Modelos pequeños y de bajo costo, como el Wuling Mini BEV y el BYD Dolphin, han sido exitosos en China, lo que podría replicarse en Chile para democratizar el acceso a la electromovilidad (Lévay et al., 2017).
- **Infraestructura actual:** Chile cuenta con una infraestructura de recarga operativa en sus doce regiones, con 396 instalaciones de carga pública, 648 privadas, 33 electroterminales y 30 centros de carga para transporte público (*Plataforma de Electromovilidad*, n.d.). Sin embargo, la mayoría de los puntos de carga públicos se concentran en la Región Metropolitana, lo que representa una barrera en otras comunas y regiones (*Plataforma de Electromovilidad*, n.d.).

Descripción de Políticas Públicas para IRVE

El Estado chileno ha implementado diversas políticas y normativas para fomentar el desarrollo de la IRVE.

- **Estrategia Nacional de Electromovilidad:** Publicada por primera vez en 2017 y actualizada en 2022, establece metas ambiciosas para el 2050, incluyendo que el 100% del transporte público y el

40% de los vehículos particulares sean eléctricos. También propone que el 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos sean cero emisiones para 2035 (*ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD | Ministerio de Energía*, n.d.).

- **Hoja de Ruta para el Avance de la Electromovilidad:** Lanzada en 2023, esta política establece objetivos concretos para 2026, como la elaboración de un plan maestro para impulsar la infraestructura de carga en las macrozonas norte, sur y centro, y la incorporación de buses eléctricos en regiones (HOJA DE RUTA PARA EL AVANCE DE LA ELECTROMOVILIDAD EN CHILE, n.d.).
- **Pliego Técnico Normativo RIC N°15:** Publicado en 2020 y actualizado en 2024, esta normativa de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) regula específicamente la IRVE, incluyendo modos de carga, tipos de conectores y requisitos de seguridad. Es fundamental para garantizar recargas seguras y estandarizadas ((EX)UNE-EN_IEC_61851-1=2020, n.d.), (*Global EV Outlook 2023 – Analysis - IEA*, n.d.).
 - **Modos de Carga Permitidos:** El RIC N° 15 prohíbe el Modo 1 para la recarga de VE, permitiendo los Modos 2, 3 y 4 bajo estrictas condiciones de seguridad.
 - **Protecciones:** Exige protecciones diferenciales (Tipo B o Tipo A con detección de fuga de DC > 6mA) y contra sobrecorrientes, así como la supervisión de la continuidad del conductor de protección.
 - **Grados de Protección:** Establece requisitos mínimos de grados IP (contra ingreso de sólidos y líquidos) e IK (contra impactos mecánicos) para los EVSE.
- **TE-6:** Este documento surge como material complementario al Pliego Técnico RIC N°15. Surge en 2018 con el fin de definir los requisitos funcionales mínimos para los sistemas de alimentación de vehículos eléctricos (sufriendo modificaciones en el periodo 2019-2020), de forma que estos permitan la interoperabilidad con plataformas externas, monitoreo, control y trazabilidad. En base a lo anterior este instrumento asegura lo siguiente (MANUAL DEL USUARIO PLATAFORMA TE6 USUARIO DECLARADOR COMUNICACIÓN DE ENERGIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA LA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, n.d.):
 - **Arquitectura:** Define bloques esenciales como Unidad de Control Local, Módulos de Comunicación, Interfaces Hom-



bre-Máquina y Gestión de Carga y Seguridad.

- **Interoperabilidad:** Requiere compatibilidad con protocolo OCPP 1.6 o superior, permitiendo bidireccionalidad con sistemas centralizados, operadores de red y plataformas de monitoreo.
- **Gestión Remota y Trazabilidad:** El SAVE tiene que registrar y reportar transacciones de carga, permitir diagnósticos remotos, facilitar actualizaciones de firmware y ofrecer respaldo y restauración de parámetros críticos.
- **Integración con Registro Nacional de Cargadores:** Establecer que los SAVE deben integrarse con el sistema de información nacional para monitorear el estado de la infraestructura de recarga.

Caso de Éxito: Modelo de Electroterminales y Transporte Público

Uno de los casos de éxito más destacados en Chile es la electrificación del transporte público, particularmente en Santiago, que cuenta con la segunda flota de buses eléctricos más grande del mundo, solo superada por China. Este logro se basa en un modelo de colaboración público-privada que ha permitido superar barreras de inversión y operación.

Para llevarlo a cabo, se tuvieron que implementar una serie de medidas que allanaron el camino para la incorporación de la electromovilidad en Chile dentro del transporte público. Esto debido a que, en su etapa previa, el transporte público tenía una baja competitividad producto de las grandes barreras de entrada para quienes quisieran formar parte de este ecosistema. Por esta razón, se vio en la necesidad de desarrollar medidas legales, financieras y operativas que han dado el impulso requerido para el cambio.

Ejemplo de estas barreras corresponden a los grandes niveles de inversión y concentración de mercado, ya que la infraestructura requerida para el cambio no estaba alineada con la presente, esto sumado a los altos costos en la incorporación de nuevos vehículos eléctricos fomentaba la concentración del transporte público en los entes que ya se encontraban consolidados dentro de este mercado. Para ello se implementó un subsidio nacional del transporte público y el robustecimiento del marco

legal actual que le daba mayores atribuciones al Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Ejemplo de estas medidas corresponden a la Ley N° 20.378 la cual crea el subsidio nacional al transporte público (*Ley Chile - Ley 20378 - Biblioteca Del Congreso Nacional*, n.d.), de esta forma se asegura el financiamiento a largo plazo del sistema, además incluye la creación de un panel de expertos los cuales se encargan de hacer los reajustes respectivos entregando así una estabilidad financiera de los actores que participan del sistema. Otras contribuciones corresponden a la Ley N° 18.696, 18.059 y el Decreto Supremo N° 212 los que le daban al ministerio atribuciones para la regulación del transporte público, como la licitación de vías en caso de congestión, deterioro ambiental o riesgo de seguridad vial (*Ley Chile - Decreto 212 21-NOV-1992 MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES - Biblioteca Del Congreso Nacional*, n.d.; *Ley Chile - Ley 18059 - Biblioteca Del Congreso Nacional*, n.d.; *Ley Chile - Ley 18696 - Biblioteca Del Congreso Nacional*, n.d.). Sin embargo, los instrumentos que resaltan dentro de este hito corresponden a los contratos de concesión de uso de vías y las condiciones específicas de operación, los cuales fueron firmados con las empresas que entregan el servicio, contratos que pueden ser renovables dándole mayor flexibilidad a la contratación de servicios y garantías de operación del sistema (*1er Informe de Electromovilidad 2024*, n.d.).

Ahora bien, en lo que respecta al modelo de negocio implementado, este se detalla a continuación:

- **Modelo de Negocio:** Para viabilizar la electrificación del transporte público en Chile, especialmente en el sistema RED de Santiago, se implementó un modelo de negocio innovador basado en la separación de roles entre la propiedad de la flota, su operación y el financiamiento. Este esquema permite que empresas privadas, como Enel X o Engie, se encarguen de la adquisición de buses eléctricos y la infraestructura de carga, para luego arrendarlos a los operadores mediante contratos de largo plazo. A su vez, el Estado garantiza una tarifa mensual fija a los operadores, lo que disminuye considerablemente los riesgos financieros y operativos asociados a la transición tecnológica. Este modelo de arrendamiento respaldado por el sector público ha demostrado ser exitoso, ya que reduce el costo total de propiedad en comparación con los buses diésel, incentiva la inversión privada y acelera la incorpo-



ración de buses eléctricos en corredores troncales. Su implementación se ha extendido progresivamente a otras ciudades del país, como Rancagua, La Serena y Colina. Además, instrumentos como la posibilidad de extender los contratos de operación al incorporar flotas eléctricas han reforzado el compromiso de los operadores y consolidado una política pública de electromovilidad con alto impacto ambiental y social.

La iniciativa comenzó con la incorporación de los primeros 200 buses eléctricos, gracias a la colaboración entre METBUS y BYD a través de Enel X y Engie, quienes lideraron la implementación conjunta de buses y cargadores. De manera paralela, las empresas Vule y STP replicaron el modelo utilizando buses Yutong. A continuación, se detallan los aportes iniciales de estas alianzas:

- Enel X:
 - 100 buses BYD K9 operados por METBUS.
 - 100 cargadores BYD de 50 kW en corriente alterna (AC), también operados por METBUS.
- Engie:
 - 100 buses Yutong E12 operados por Vule y STP.
 - 50 cargadores Yutong de 150 kW en corriente continua (DC), operados por Vule y STP.
- **Roles de los Actores:**
 - **Distribuidoras de Energía:** Invierten en infraestructura y venta de energía.
 - **Fabricantes de Buses (ej. BYD):** Proveen los vehículos, mantenimiento y garantías.
 - **Operadores de Transporte Público:** Gestionan las rutas y el servicio, buscando eficiencia y reducción de costos.
- **Gobierno:** Facilita licitaciones, financia costos adicionales y agiliza procesos regulatorios y permisos.

Los modelos de negocios implementados en el transporte público se presentan en las Figura 30 y Figura 31.

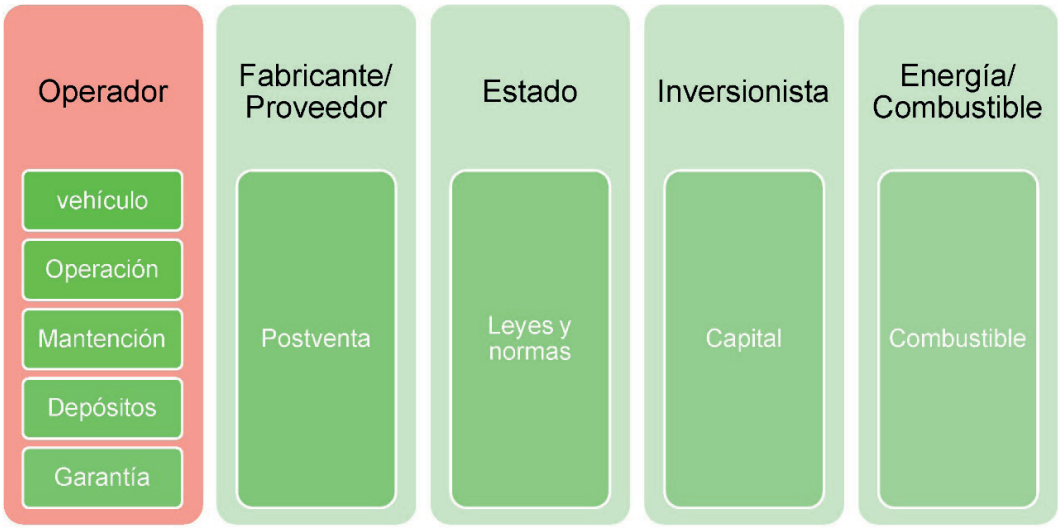


Figura 30: Modelo de Negocios Previo a la Electromovilidad en Chile.



Figura 31 Modelo de Negocios Electromovilidad en Chile.

El modelo descrito introduce cambios significativos respecto a lo que existía hasta hace poco. Anteriormente, el operador asumía un rol central, actuando como propietario de los vehículos, responsable de su operación, mantenimiento y gestión de depósitos, además de entregar garantías que permitieran acceder a los vehículos eléctricos. El resto de los actores



mantenía una participación pasiva. En contraste, el nuevo modelo distribuye estas responsabilidades entre los distintos entes del ecosistema. El operador se enfoca exclusivamente en la operación de los vehículos y la gestión de los depósitos, mientras que la gestión técnica y mantención de los VE queda en manos del fabricante o proveedor. El Estado asume el rol de garante financiero para la adquisición de los vehículos, los inversionistas se encargan del financiamiento de las electroterminales, y los actores vinculados a la energía o combustibles ahora también participan en la provisión y gestión del equipamiento en los depósitos.

Formación de Capital Humano para la electromovilidad

El éxito de la electromovilidad no depende únicamente del despliegue de infraestructura de recarga, la evolución de los estándares técnicos o la implementación de modelos de negocio innovadores. Existe un componente transversal y crítico: **el capital humano especializado**, capaz de diseñar, operar, mantener y optimizar los sistemas eléctricos, electrónicos y digitales que sustentan esta transformación. Sin personas formadas en las competencias adecuadas, la adopción de nuevas tecnologías enfrenta un cuello de botella que ralentiza su masificación y limita su impacto.

En este sentido, la **Estrategia Nacional de Electromovilidad** incorpora como uno de sus cinco ejes estratégicos la **formación de capital humano**, reconociendo que las metas proyectadas para 2035 y 2050 requieren un contingente significativo de profesionales y técnicos capacitados en múltiples áreas: desde la ingeniería de vehículos eléctricos y su infraestructura de recarga, hasta la integración de energías renovables, la gestión energética, la ciberseguridad en sistemas de carga, y el análisis de datos para la optimización de flotas y redes. La formación en electromovilidad debe, por tanto, responder a una demanda creciente de conocimiento multidisciplinario, con capacidad para adaptarse a un entorno tecnológico en constante cambio.

Diplomado en Electromovilidad de la USACH: un referente nacional y regional

La Universidad de Santiago de Chile (USACH), a través del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) y su centro E2Tech, ha desarrollado el Diplomado en Electromovilidad, un programa pionero que integra conocimientos técnicos, regulatorios y de gestión, respondiendo a la necesidad ur-

gente de formar especialistas en el área. Dirigido a ingenieros, técnicos, operadores de transporte, autoridades y profesionales del sector público y privado, este diplomado ha logrado consolidarse como un punto de encuentro entre academia, industria y Estado.

Bibliografía:

- *1er Informe de Electromovilidad 2024*. (n.d.).
- Ayoadé, I. A., & Longe, O. M. (2024). A Comprehensive Review on Smart Electromobility Charging Infrastructure. In *World Electric Vehicle Journal* (Vol. 15, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/wevj15070286>
- *Charging Interfaces | Vector*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from https://www.vector.com/at/en/know-how/smart-charging/charging-interfaces/?utm_source=chatgpt.com#c323086
- *Diplomado de Electromovilidad realizó talleres junto a Gildemeister - DIE / USACH*. (n.d.). Retrieved August 11, 2025, from <https://die.usach.cl/diplomado-de-electromovilidad-realizo-talleres-junto-a-gildemeister/>
- *Diplomado en electromovilidad completa 9na edición y anuncia una nueva para septiembre - DIE / USACH*. (n.d.). Retrieved August 11, 2025, from <https://die.usach.cl/diplomado-en-electromovilidad-completa-9na-edicion-y-anuncia-una-nueva-para-septiembre/>
- *Document of the World Bank*. (2017). www.worldbank.org
- *ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD | Ministerio de Energía*. (n.d.). Retrieved July 24, 2025, from <https://energia.gob.cl/consultas-publicas/estrategia-nacional-de-electromovilidad>
- *EV Charging Modes | Deltrix Chargers*. (n.d.). Retrieved July 24, 2025, from <https://deltrixchargers.com/about-emobility/charging-modes/>
- *(EX)UNE-EN_IEC_61851-1=2020*. (n.d.).
- *Global EV Outlook 2023 – Analysis - IEA*. (n.d.). Retrieved July 24, 2025, from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- *Global EV Outlook 2025 Expanding sales in diverse markets*. (n.d.). www.iea.org
- *HOJA DE RUTA PARA EL AVANCE DE LA ELECTROMOVILIDAD EN CHILE*. (n.d.).
- *INFORME CERO Y BAJAS EMISIONES ANAC A.G.-MAYO 2025*. (n.d.).
- Lebrouhi, B. E., Khattari, Y., Lamrani, B., Maaroufi, M., Zeraouli, Y., & Kousksou, T. (2021). Key challenges for a large-scale development of battery electric vehicles: A comprehensive review. In *Journal of Energy Storage* (Vol. 44). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103273>



- Lévy, P. Z., Drossinos, Y., & Thiel, C. (2017). The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*, 105, 524–533. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2017.02.054>
- *Ley Chile - Decreto 212 21-NOV-1992 MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES - Biblioteca del Congreso Nacional*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11043>
- *Ley Chile - Ley 18059 - Biblioteca del Congreso Nacional*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29486>
- *Ley Chile - Ley 18696 - Biblioteca del Congreso Nacional*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30078>
- *Ley Chile - Ley 20378 - Biblioteca del Congreso Nacional*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1005871>
- *MANUAL DEL USUARIO PLATAFORMA TE6 USUARIO DECLARADOR COMUNICACIÓN DE ENERGIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA LA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*. (n.d.).
- Memon, M., & Rossi, C. (2025). A Review of EV Adoption, Charging Standards, and Charging Infrastructure Growth in Europe and Italy. *Batteries*, 11(6), 229. <https://doi.org/10.3390/batteries11060229>
- Mohamed, N., Aymen, F., Alharbi, T. E. A., El-Bayeh, C. Z., Lassaad, S., Ghoneim, S. S. M., & Eicker, U. (2022). A Comprehensive Analysis of Wireless Charging Systems for Electric Vehicles. *IEEE Access*, 10, 43865–43881. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3168727>
- *OCPP - Open Charge Point Protocol - AMPECO*. (n.d.). Retrieved July 28, 2025, from https://www.ampeco.com/ocpp-open-charge-point-protocol/?utm_adgroup=OCPP-Other-Protocol-s&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Search-LatAm&utm_content=product-ocpp-2&utm_term=ocpp%20network&hsa_acc=6648423588&hsa_cam=22470451826&hsa_grp=175237174501&hsa_ad=747738418293&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-2194349383177&hsa_kw=ocpp%20network&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gad_campaignid=22470451826&gbraid=0AAAAACxwTM70vHM3kEBqQd6sMb89QBhL&gclid=Cj0KCQjw4qHEBhCDARIsALYKFNNsksmf4WYbfc-6Qnse9JDf7STmgNhG6uSiZOcwra5M1nm5ujXjqOj0aAjg9EALw_wcB
- *Plataforma de Electromovilidad*. (n.d.). Retrieved July 29, 2025, from <https://energia.gob.cl/electromovilidad/>
- *Premio Fidelmov 2021: proyecto de eficiencia energética busca potenciar la electromovilidad en Chile*. (n.d.). Retrieved August 11, 2025, from <https://www.diarioconcepcion.cl/economia/2021/07/27/premio-fidelmov-2021-proyecto-de-eficiencia-energetica-busca-potenciar-la-electromovilidad-en-chile.html>
- Shahed, M. T., & Rashid, A. B. M. H. ur. (2024). Battery charging technologies and standards for electric vehicles: A state-of-the-art review, challenges, and future research prospects. In *Energy Reports* (Vol. 11, pp. 5978–5998). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.05.062>
- *Test drive y talleres prácticos: conoce algunas de las actividades del Diplomado en Electromovilidad - DIE / USACH*. (n.d.). Retrieved August 11, 2025, from <https://die.usach.cl/test-drive-y-talleres-practicos-conoce-algunas-de-las-actividades-del-diplomado-en-electromovilidad/>

- *The 38th International Electric Vehicle Symposium & Exhibition - Harmonizing EV Charging Connectors: CharIN's Commitment to Global Standards.* (n.d.). Retrieved July 28, 2025, from <https://evs38.org/media-main/blog/blog-drive-electric-today/harmonizing-ev-charging-connectors-charins-commitment-to-global-standards>
- Tightiz, L., Dang, L. M., Yoo, J., & Padmanaban, S. (2025). A Comprehensive review on AIoT applications for intelligent EV charging/discharging ecosystem. *Energy Conversion and Management: X*, 101088. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.101088>
- *USACH y OLADE firman convenio para impulsar la formación y cooperación regional en electromovilidad - DIE / USACH.* (n.d.). Retrieved August 11, 2025, from <https://die.usach.cl/usach-y-olade-firman-convenio-para-impulsar-la-formacion-y-cooperacion-regional-en-electromovilidad/>
- Wang, Z. (n.d.). *Annual Report on the Big Data of New Energy Vehicle in China (2023).*





**Movilidad
Sostenible**



Movilidad de última milla como pilar de un ecosistema de movilidad sostenible

La movilidad de última milla se entiende como un sistema de conexión de proximidad que articula los troncales del transporte con destinos finales —tanto para personas como para mercancías— en entornos urbanos. Esta movilidad de proximidad es clave para cerrar el ciclo integral de una movilidad verdaderamente sostenible.

Resolver esta etapa con eficiencia energética —maximizando el uso de tecnologías limpias y reduciendo el gasto energético por kilómetro recorrido— fortalece el objetivo central de lograr un sistema de transporte sostenible en las localidades. Además, permitirá descongestionar zonas de alta densidad o centros históricos, optimizar recursos y reducir impactos ambientales.

Ventajas estratégicas

- Reducción de emisiones y eficiencia energética: el uso de vehículos ligeros con propulsión eléctrica, electro asistido o biocombustibles avanzados permite reducir significativamente las emisiones de CO₂ y contaminantes locales, al tiempo que mejora el rendimiento energético en logística urbana.
- Intercambio multimodal público-privado: integrar patinetes, bicicletas (eléctricas o convencionales) y vehículos utilitarios ligeros en conexión con troncales de transporte público fortalece la cohesión urbana, disminuye la dependencia de vehículos individuales e impulsa la eficiencia del sistema.
- Alivio del tránsito y recuperación de espacios urbanos: vehículos más pequeños disminuyen la huella vial, liberan espacio en las calles, favorecen la reducción de ruido y mejoran la calidad del aire en zonas densas.
- Optimización de rutas mediante tecnologías inteligentes: el uso de inteligencia artificial y sistemas de planificación optimizan distancias recorridas, reducen consumo de energía y mejoran la puntualidad logística (SimpliRoute, 2023)



Modalidades y soluciones sostenibles

1. Bicicletas y bicicletas eléctricas de carga (ecargo bikes): ideales para entregas rápidas de pequeño volumen, con cero emisiones de escape y bajo costo operativo. En Montevideo, empresas como CargoBike y Wheele han demostrado eficiencia en pilotajes urbanos, reduciendo CO₂ e incrementando la movilidad sostenible. (Solutionplus, 2023a).
2. Scooters eléctricos: soluciones ágiles para entregas de corta distancia. Su adopción creciente permite una reducción de emisiones y del impacto acústico, representando una alternativa eficiente frente a motocicletas de combustión interna (New Lab, 2024).
3. Vehículos eléctricos ligeros utilitarios (etricycles, quadricycles, furgonetas pequeñas): combinan capacidad de carga con eficiencia energética. Pilotos en Quito y Montevideo han validado modelos con autonomías adecuadas y carga consolidada en zonas urbanas (SOLUTIONSplus, 2023b).
4. Uso de biocombustibles avanzados, hidrógeno verde o gas natural: complementan la electromovilidad en contextos donde la infraestructura eléctrica es limitada, fortaleciendo la flexibilidad energética del sistema urbano.

Impacto energético y ambiental

Según OLADE (2024a), el sector transporte es el de mayor intensidad energética en ALC, representando aproximadamente el 39 % del consumo final total. En este contexto, la movilidad de última milla representa una oportunidad crítica para desacoplar el crecimiento del sector respecto al consumo energético y las emisiones, especialmente al adoptar flotas eléctricas y rutas optimizadas.

Un estudio en Uruguay reveló que el costo energético por kilómetro recorrido en vehículos eléctricos puede ser hasta 8 veces menor al de vehículos de combustión (Pereira et al., 2023). Esta ventaja energética es acompañada por una mejora en la calidad del aire y reducción de ruido urbano.

Desde la perspectiva energética, sustituir bi rodados, triciclos y furgones urbanos a combustión por vehículos eléctricos o asistidos eléctricamen-

te puede reducir el consumo energético relevante. Además, la logística basada en rutas óptimas y tecnologías de despacho inteligente podría recortar hasta 34 % de kilómetros recorridos y toneladas de CO₂ emitido en entregas urbanas (Sociable, 2024).

En el contexto de América Latina, donde muchas ciudades ya enfrentan altas tasas de congestión urbana y problemas de calidad del aire, como Santiago, San Pablo o Bogotá, estas estrategias de última milla eléctrica complementan las políticas de electromovilidad en buses y transporte público, amplificando los beneficios en reducción de emisiones y mejoras sanitarias (Sociable, 2024).

Sostenibilidad social y económica

Desde el punto de vista social, estas iniciativas promueven inclusión urbana: facilitan movilidad para sectores con limitaciones de acceso a transporte, y promueven empleo local en nuevas cadenas de valor (manufactura, mantenimiento, conducción). En proyectos como La Rolita en Bogotá, se ha incorporado equidad de género en el personal operativo de una flota cero emisiones (Reuters, 2024).

Económicamente, aunque la inversión inicial en flotas eléctricas puede ser mayor, los costos operativos y de mantenimiento son significativamente menores. En el sector logístico, consolidar entregas y usar IA en planificación reduce el uso de vehículos y combustible, disminuyendo los costos operativos y el costo energético por pedido entregado (Sociable, 2024).

Relevancia regional

La movilidad de última milla, correctamente integrada en políticas energéticas regionales, contribuye al cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética de OLADE contemplados en su Nota Técnica de Metas de Eficiencia Energética Regional (diciembre 2024). Además, al alinearse con iniciativas como Shared Mobility de WRI (2024) y los planes de acción bajo carbono de ICLEI para logística urbana (LCAPUF) (Sustainablemobility, 2021) se fortalece la coherencia institucional y la escala de soluciones replicables en toda la región.

En conclusión, la movilidad de última milla representa un elemento esencial dentro de una estrategia regional de sostenibilidad energética



y urbana. Su integración con tecnologías limpias, planificación inteligente y modelos de negocio inclusivos y económicos sostiene la misión de OLADE de propiciar eficiencia energética, desarrollo socioeconómico y conservación ambiental. Para lograrlo, es indispensable la generación de datos sólidos, estudios comparativos prospectivos y un enfoque regulatorio que incentive la replicación de modelos exitosos en los 27 países miembros.

Bibliografía

- CEPAL. (2023). *Base de Indicadores de Eficiencia Energética – BIEE*. <https://biee-cepal.enerdata.net/>
- ICLEI. (2024). *Logistics City Access Plans – Urban Freight*. <https://sustainablemobility.iclei.org/lcapuf-latinoamerica-asia/>
- International Energy Agency. (2014). *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/c41341f3-2149-4f59-a2e4-81c48bbc49be/IEA_EnergyEfficiencyIndicators_EssentialsforPolicyMaking.pdf
- International Energy Agency. (2023). *Demand-side data and energy efficiency indicators: A guide to designing a national roadmap*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/bcc21d9c-47df-4d5b-8e20-f9688d9f9279/Demand-sidedataandenergyefficiencyindicators.pdf>
- Newlab. (2024). *Open Call: Sustainable Quick-Commerce Delivery Solutions in Latin America*. <https://www.newlab.com/post/open-call-sustainable-quick-commerce-delivery-solutions-in-uruguay-and-latin-america>
- OLADE. (2024a). *Metas Regionales de Eficiencia Energética*. Nota Técnica. Quito, Ecuador.
- OLADE. (2024b). *Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe – SIELAC*. <https://sielac.olade.org>
- Pereira, A., Villalba, J., & Arévalo, M. (2023). *Analysis of Electric Vehicle Efficiency in Uruguay*. *Urban Science*, 8(2), 52. <https://www.mdpi.com/2413-8851/8/2/52>
- Reuters. (2024, abril 16). *Drive to Electrify Latin America's Buses Picks Up Speed*. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/drive-electrify-latin-americas-buses-picks-up-speed-2024-04-16/>
- Sociable. (2024). *Chilean Startup Promotes Green Seal for Energy Efficiency in Last Mile Logistics*. <https://sociable.co/business/chilean-startup-seeks-to-promote-green-seal-for-energy-efficiency-in-latin-americas-last-mile/>
- SOLUTIONSplus. (2023a). *Montevideo Pilot Project: E-Bike Logistics and Shared Micromobility*. <https://www.solutionsplus.eu/montevideo>
- SOLUTIONSplus. (2023b). *Quito Urban Logistics Electric Vehicles Deployment*. <https://www.solutionsplus.eu>

Plataformas digitales, movilidad compartida e intermodalidad

El desarrollo de un sistema de movilidad sostenible en América Latina y el Caribe (ALC) exige una integración armónica entre la planificación urbana, la innovación tecnológica y la transición energética. En este contexto, las plataformas digitales de transporte, los modelos de movilidad compartida y los sistemas inteligentes de transporte (ITS) representan herramientas clave para avanzar hacia una movilidad urbana más eficiente, inclusiva y ambientalmente responsable.

Desde una perspectiva energética, la movilidad urbana tradicional basada en vehículos de combustión interna ha generado una alta dependencia de los combustibles fósiles, representando aproximadamente el 43% de las emisiones de CO₂ del sector energético regional y cerca del 40% del consumo total de energía final (sieLAC – OLADE, 2024). Esta situación se agrava en las áreas urbanas densamente pobladas, donde la congestión vehicular no solo incrementa el consumo energético, sino que también contribuye significativamente a la contaminación atmosférica y acústica.

Las plataformas digitales, concebidas como sistemas de gestión inteligente de la movilidad, ofrecen oportunidades concretas para transformar este panorama. Estas herramientas permiten optimizar la planificación de viajes, gestionar el tráfico en tiempo real, integrar diferentes modos de transporte y promover la eficiencia energética mediante la reducción del uso del vehículo privado. El acceso universal a dispositivos móviles y a redes de internet ha democratizado el uso de estas plataformas, ampliando las posibilidades de interacción ciudadana con el sistema de transporte y potenciando la accesibilidad.

Plataformas digitales y eficiencia en el transporte

Las plataformas digitales de movilidad, que incluyen aplicaciones para viajes compartidos, seguimiento de buses en tiempo real, acceso a sistemas de bicicletas públicas, servicios de taxis con taxímetro digital y car-sharing, han demostrado mejorar la eficiencia operativa del transporte urbano. En particular, la capacidad de recopilar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real permite optimizar las rutas, reducir tiempos de espera, minimizar desplazamientos innecesarios y racionalizar la



demanda de energía.

Asimismo, estas plataformas son un instrumento esencial para la transición hacia una matriz energética baja en carbono. Algunas aplicaciones en la región ya comienzan a ofrecer opciones diferenciadas según el tipo de vehículo, permitiendo a los usuarios seleccionar trayectos con menor huella de carbono, privilegiando vehículos eléctricos o híbridos enchufables. Esta funcionalidad no solo empodera al usuario, sino que contribuye a la sensibilización ambiental, fomentando hábitos de movilidad más sostenibles.

Movilidad compartida y reducción de emisiones

Los servicios de movilidad compartida, como el carpooling, el ridesharing y el renting, desempeñan un papel central en la reducción de la dependencia del automóvil privado. Al fomentar el uso compartido de vehículos, se disminuye la necesidad de mantener una flota vehicular sobredimensionada, con los consecuentes beneficios en términos de reducción de emisiones de CO₂, consumo de energía y demanda de espacio urbano destinado a estacionamiento.

La evidencia empírica sugiere que un vehículo compartido puede sustituir entre 9 y 13 automóviles privados, dependiendo del contexto urbano y del modelo de uso (International Transport Forum, 2023). Este cambio en el paradigma de propiedad vehicular no solo impacta positivamente en el consumo energético, sino que genera beneficios sociales asociados a la equidad en el acceso a la movilidad, al tiempo que reduce externalidades negativas como la contaminación y la congestión vial.

Intermodalidad y optimización energética del sistema

La intermodalidad —entendida como la integración eficiente de diferentes modos de transporte en un mismo trayecto— es uno de los pilares de un sistema de movilidad sostenible. Las plataformas digitales han facilitado significativamente la implementación de esquemas intermodales, permitiendo al usuario planificar rutas que combinan, por ejemplo, trans-

porte público con bicicletas compartidas o vehículos eléctricos para corta distancia.

Desde el punto de vista energético, la intermodalidad permite utilizar el modo de transporte más eficiente para cada segmento del trayecto. Así, los desplazamientos de larga distancia pueden realizarse en medios de alta capacidad y baja intensidad energética (como trenes eléctricos o autobuses masivos), mientras que los trayectos finales pueden completarse con micromovilidad eléctrica, a pie u otro modo de movilidad activa, reduciendo significativamente el consumo total de energía y las emisiones asociadas.

Sistemas inteligentes de transporte (ITS) y ciudades inteligentes

La incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y el análisis de big data en la gestión del tránsito urbano ha dado paso a los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Estos sistemas permiten modelar el comportamiento del tráfico, prever situaciones críticas y generar respuestas automatizadas en tiempo real, contribuyendo de manera sustantiva a la eficiencia energética del sistema de movilidad.

A su vez, los ITS son una piedra angular en el desarrollo de las ciudades inteligentes. Estas ciudades integran tecnología, sostenibilidad y gobernanza para mejorar la calidad de vida urbana. La electrificación del transporte público —especialmente buses y trenes eléctricos— y la integración de redes de carga inteligente son componentes esenciales de estas estrategias, que buscan reducir la intensidad energética del sector transporte y sus impactos ambientales y sociales.

Reducción del uso del coche privado y eficiencia energética

Durante décadas, el automóvil privado ha sido el medio dominante de transporte en las ciudades de ALC. No obstante, su uso extensivo ha resultado en un consumo energético elevado, altos niveles de contaminación y una ocupación ineficiente del espacio urbano. Las plataformas digitales de movilidad están contribuyendo a revertir esta tendencia,



ofreciendo soluciones a demanda que reducen la necesidad de poseer un vehículo particular.

La digitalización de la movilidad permite a los usuarios acceder a servicios de transporte de forma flexible, solo cuando los necesitan, reduciendo el número de vehículos en circulación y, por ende, el consumo energético asociado.

Optimización del espacio urbano y beneficios colaterales

La gestión eficiente de la movilidad mediante plataformas digitales y modelos compartidos también impacta positivamente en la configuración del espacio urbano. La disminución de vehículos en circulación y la optimización del aparcamiento liberan espacio para usos más sostenibles, como zonas verdes, carriles exclusivos para transporte público o infraestructura peatonal y ciclista. Estas acciones no solo promueven una mayor eficiencia energética del sistema de transporte, sino que mejoran la calidad ambiental y fomentan estilos de vida más saludables.

Adicionalmente, la digitalización del transporte aporta beneficios colaterales relevantes, como la mejora en la seguridad vial mediante sistemas de asistencia, la trazabilidad de los viajes y el análisis de patrones de movilidad que permiten una mejor planificación de políticas públicas.

Perspectivas futuras: investigación, innovación y planificación estratégica

Dado el dinamismo de las tecnologías digitales aplicadas a la movilidad y su potencial impacto en la eficiencia energética del sector, resulta imprescindible ampliar los estudios sobre estas temáticas. Se recomienda fomentar investigaciones multidisciplinarias que integren aspectos energéticos, tecnológicos, sociales y económicos, con una perspectiva regional adaptada a las condiciones específicas de los países de ALC.

Es crucial además fortalecer los sistemas de información energética y de movilidad, como sieLAC, con datos actualizados y abiertos que permitan un monitoreo efectivo del avance hacia un sistema de transporte sostenible y resiliente. La generación de evidencia será clave para la formulación de políticas públicas basadas en datos, el diseño de incentivos adecua-

dos y la construcción de consensos sociales en torno a las transformaciones necesarias.

En este sentido, este capítulo constituye un primer paso para documentar y analizar el papel de las plataformas digitales en la transformación energética del transporte. En futuras ediciones del *Libro Blanco de la Movilidad Sostenible*, se deberá profundizar en estos temas, mediante el análisis de estudios de casos, el seguimiento de indicadores clave y la identificación de modelos replicables en la región. Asimismo, se deberán incorporar nuevas dimensiones vinculadas al almacenamiento energético, la electromovilidad rural, la regulación de algoritmos de movilidad y el vínculo con la generación distribuida renovable.

Conclusión

La transformación de la movilidad urbana en América Latina y el Caribe no puede desvincularse de la transición energética. Las plataformas digitales, los modelos de movilidad compartida, la intermodalidad y los sistemas inteligentes de transporte conforman un ecosistema tecnológico que permite maximizar la eficiencia energética del transporte, reducir su impacto ambiental y mejorar la equidad en el acceso a la movilidad.

Sin embargo, estos avances requieren una planificación integral, marcos regulatorios actualizados, inversión sostenida en infraestructura y una visión estratégica que articule los intereses públicos y privados. El aprovechamiento de los recursos renovables de la región, combinados con el potencial de digitalización, convierten a ALC en un territorio fértil para liderar una nueva etapa de movilidad sostenible con enfoque energético, social y ambiental.

Bibliografía:

- Organización Latinoamericana de Energía – OLADE. (2024). *Movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe*. Nota Técnica N.º1.
- Agencia Internacional de Energía – IEA. (2024). *Global EV Outlook 2024*.
- Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2024). *Hacia una integración sostenible: el potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe*. Nota Técnica TN-2805.
- Foro Internacional de Transporte – ITF. (2023). *Shared Mobility Simulations for Latin America*.
- Banco Mundial. (2024). *Urban Development Overview*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>





Innovaciones en el transporte marítimo urbano sostenible y ferris de cero emisiones: Lecciones globales y oportunidades para América Latina



INSTITUTE OF
THE AMERICAS®

Por Richard Kiy - Presidente y CEO
Instituto de las Américas

A medida que las ciudades de América Latina enfrentan cada vez más los desafíos interrelacionados del cambio climático, la congestión urbana y la desigualdad socioeconómica, los abundantes ríos, canales, bahías y costas de la región ofrecen una oportunidad única, aunque poco aprovechada: un transporte fluvial urbano limpio, eficiente e inclusivo. Históricamente impulsados por motores diésel contaminantes, los ferris y taxis acuáticos en muchas partes de América Latina han quedado rezagados en cuanto a desempeño ambiental y modernización.

En los últimos años, se está desplegando una creciente ola de ofertas innovadoras de ferry de cero emisiones (ZEF) en ciudades costeras y ribereñas del interior de todo el mundo que despliegan una gama de ferries híbridos con baterías eléctricas, propulsados por hidrógeno y solares.

Según un informe del BID de 2021, existen¹² desafíos en la adopción de soluciones sostenibles de transporte marítimo urbano por parte de las ciudades de LATAM, incluidos los altos costos de capital iniciales de invertir en ferries de cero emisiones, así como la infraestructura de energía en tierra requerida. Dicho esto, varias ciudades costeras de América Latina se encuentran cerca no solo de fuentes confiables de energía limpia (hidroeléctrica, solar, eólica), sino también de importantes destinos de ecoturismo y áreas marinas protegidas, por lo que existen oportunidades para financiar, en el futuro, el desarrollo de soluciones más sostenibles de transporte marítimo urbano en determinados lugares.

12

Opportunities for Electric Ferries in Latin America, Banco Interamericano de Desarrollo, febrero 2021 <https://publications.iadb.org/en/opportunities-electric-ferries-latin-america>

Como parte del análisis presentado, se examinan seis categorías de transporte marítimo urbano sostenible: baterías eléctricas, hidroplanos, sistemas de ferry alimentados por hidrógeno, energía solar eléctrica, basados en biocombustibles e híbridos, junto con las lecciones aprendidas de los primeros usuarios de todo el mundo. También se han identificado varias ciudades costeras de América Latina, así como destinos de ecoturismo, que, bajo las condiciones adecuadas, podrían en los próximos años transformar sus servicios de ferris y taxis acuáticos, dejando de utilizar el fuelóleo pesado (HFO) de menor costo para adoptar soluciones marítimas urbanas más sostenibles¹³. Dada la disponibilidad de litio en Argentina, Chile y Bolivia, y el sector de construcción naval ya existente en Brasil, también se analiza la oportunidad de desarrollar una alianza especializada en la construcción de ferris de cero emisiones (ZEF), tomando como referencia los primeros éxitos alcanzados por Noruega y Nueva Zelanda en este sector especializado.

Tendencias globales emergentes

Con la implementación, en 2020, de las normas sobre combustibles de bajo contenido de azufre por parte de la Organización Marítima Internacional (OMI) y su reciente aprobación del Marco de Cero Emisiones Netas (NZF), el sector del transporte marítimo en todo el mundo está experimentando una profunda transformación. Aunque los ferris que transportan personas y vehículos emiten solo alrededor del 6 % de las emisiones del transporte marítimo a nivel mundial —menos del 0,2 % del total de emisiones de gases de efecto invernadero—¹⁴ y la OMI también otorga exenciones del Marco de Cero Emisiones Netas (NZF) para los buques que operan dentro de las aguas territoriales de un país, existe, no obstante, un movimiento creciente de ciudades y regiones en todo el mundo hacia la adopción de soluciones de movilidad marítima más limpias, eficientes y resilientes frente al cambio climático. Los ferris de pasajeros, un vínculo vital para las comunidades costeras e interiores, están cada vez más en el centro de este cambio.

¹³ El 11 de abril de 2025, la Organización Marítima Internacional (OMI) aprobó regulaciones de cero emisiones netas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el transporte marítimo mundial, incluida la adopción de nuevas normas sobre combustibles de bajas emisiones, pero estas normas solo se aplican a buques de 5.000 toneladas brutas o más, junto con exenciones para los comerciantes nacionales. Además, los países pueden hacer excepciones para los buques que operan bajo su propio pabellón y que solo operan en sus aguas territoriales cuando esto se considere “razonable y práctico”.

¹⁴ <https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2025/04/15/electric-flying-ferry-candela-p-12/>



Impulsados por los avances en tecnologías de propulsión, almacenamiento de energía y diseño de embarcaciones, así como por el fortalecimiento de las regulaciones de emisiones y la creciente demanda pública de viajes sostenibles, los operadores están probando e implementando una amplia variedad de sistemas de ferris de bajas y cero emisiones.

Entre las innovaciones más prometedoras se encuentran los ferris eléctricos a batería, que ofrecen operaciones silenciosas y sin emisiones en rutas de corta y media distancia; las embarcaciones con hidroala, que reducen la resistencia y el consumo de energía al elevarse sobre el agua; los ferris impulsados por hidrógeno, capaces de cubrir mayores distancias mientras emiten únicamente vapor de agua; las embarcaciones solar-eléctricas, que aprovechan directamente la energía renovable del sol; los ferris a base de biocombustibles, que permiten a las flotas existentes reducir la intensidad de carbono sin necesidad de rediseñar significativamente las embarcaciones; y los sistemas híbridos, que combinan múltiples fuentes de energía para lograr una flexibilidad y eficiencia óptimas.

Los primeros países en adoptar soluciones marítimas urbanas sostenibles incluyen las naciones escandinavas de Noruega, Suecia y Dinamarca; Australia; Canadá; India; Singapur; y los estados de California, Maine, Nueva York, Texas y el estado de Washington en los Estados Unidos. Estas soluciones no solo están remodelando la tecnología del transporte marítimo, sino que también están generando valiosas lecciones en la planificación de infraestructuras, la integración energética y el apoyo a las políticas. Los estudios de casos globales, desde las rutas eléctricas pioneras de Escandinavia hasta los despliegues avanzados de hidroala de Asia, ofrecen información sobre modelos de financiamiento, estrategias de electrificación portuaria, protocolos de seguridad y aceptación pública. Comprender estas innovaciones y las condiciones que permiten su éxito es esencial para los responsables políticos, operadores y comunidades costeras de LATAM que buscan escalar sistemas de ferry sostenibles y acelerar la descarbonización de sus respectivas ofertas de transporte marítimo urbano.

Ferries eléctricos de batería e híbridos de doble potencia: una base para la movilidad urbana descarbonizada

La electrificación se está convirtiendo rápidamente en la piedra angular de la descarbonización marítima. Los transbordadores híbridos eléctricos y de doble potencia no solo reducen la contaminación atmosférica y acústica, sino que también ofrecen ahorros en los costos operativos a largo plazo, algo crucial para los municipios con presupuesto limitado en el Sur Global.

Batería eléctrica

Entre los primeros en adoptar una solución de ferris eléctricos se encuentra el operador argentino BuqueBus, que en mayo de 2025 lanzó el China Zorrilla, el ferri eléctrico a batería más grande del mundo, que opera entre Buenos Aires, Argentina, y Colonia del Sacramento, Uruguay, con una capacidad de 2.100 pasajeros y 226 vehículos, prestando servicio a través del Río de la Plata.¹⁵ Desarrollado por la empresa australiana InCat [Tasmania](https://incat.com.au), el *China Zorrilla* es un catamarán de casco de aluminio de 130 metros de largo, alimentado por un sistema de baterías de 40 MWh, cuatro veces más grande que cualquier instalación marítima anterior. Sus ocho propulsores eléctricos son recargados mediante estaciones de carga rápida de corriente continua (DC) de alta capacidad en ambos puertos. Este proyecto binacional, pionero en su tipo, entre Argentina y Uruguay, demuestra cómo el transporte eléctrico transfronterizo puede contribuir a la descarbonización de una ruta de alto tráfico, al mismo tiempo que impulsa el turismo y la integración regional. El China Zorrilla también ofrece un modelo replicable para corredores de ferry interurbanos similares en América Latina, incluyendo Cartagena–Islas del Rosario o Valparaíso–Viña del Mar.

Otro innovador en transbordadores eléctricos de batería es el [MF Ampe-re](#), el primer transbordador de automóviles totalmente eléctrico desplegado en 2015 y operado por NORLED, con sede en Noruega, con suministro [de](#) energía de la red eléctrica respaldada por energía hidroeléctrica de Noruega. El MF Ampere realiza 34 salidas diarias entre semana, con una capacidad de 120 automóviles y 350 pasajeros a bordo. Lo que hace al

¹⁵ Historia hecha en el río Dewent: INCAT lanza el barco eléctrico de batería más grande del mundo, comunicado de prensa de INCAT, 2 de mayo de 2025 <https://incat.com.au/history-ma-de-on-the-derwent-river/>



MV Ampere relevante para posibles implementaciones en América Latina son sus menores costos de combustible y mantenimiento, dado que esta embarcación ahorra 1 millón de litros de diésel y reduce 570 toneladas de CO₂ anualmente.

A menor escala, Flagship Cruises & Events, una empresa de alquiler de yates con sede en San Diego, California, está trabajando actualmente para lanzar, antes del otoño de 2026, dos ferris totalmente eléctricos y de cero emisiones, con capacidad para 245 pasajeros¹⁶ y servicio regular entre el centro de San Diego y Coronado.¹⁷ Los transbordadores que ahora está diseñando [Aurora Marine Design](#) reemplazarán a los actuales transbordadores diésel y ayudarán a apoyar la Estrategia de Aire Limpio Marítimo del Puerto de San Diego¹⁸.

Ferries híbridos

Entre los transbordadores eléctricos de doble potencia, hay varios transbordadores actualmente en funcionamiento. El primer ferry de pasajeros híbrido diésel eléctrico fue el Hornblower Hybrid, que opera en la bahía de San Francisco por Alcatraz City Cruises desde 2008¹⁹.

Más recientemente, el Departamento de Transporte de Texas puso en funcionamiento en 2024 el ferri *Esperanza “Hope” Andrade* a lo largo de una ruta de 2,7 millas que conecta la isla Galveston, Texas, con la península de Bolivar, utilizando el sistema de propulsión eléctrica de Siemens Electric²⁰. A finales de este año, Casco Bay Lines tiene planes de operar un ferry híbrido eléctrico-diésel en toda la Bahía de Casco desde Portland, Maine, que funcionará con baterías de iones de litio²¹. Además, Washington State Ferries, que opera en Puget Sound, se ha comprometido a reconstruir y modernizar su flota de transbordadores diésel convencionales a energía híbrida-eléctrica para 2040, además de comprar 16 nuevos transbordadores eléctricos híbridos dentro de ese plazo²². El primero de sus ferris, el *Wenatchee*, completó su conversión a propulsión híbrida

16 <https://www.flagshipsd.com/eferry>

17 <https://www.flagshipsd.com/blog/zero-emission-ferries-coming-san-diego-bay-coronado>

18 <https://www.offshore-energy.biz/all-electric-zero-emission-ferry-duo-to-debut-on-san-diego-coronado-route-by-2026/>

19 <https://www.nps.gov/articles/000/alcatraz-hybrid-ferries.htm>

20 <https://www.workboat.com/shift-to-hybrid-propulsion-gains-momentum-in-the-us-ferry-sector#:~:text=En%20board%20the%20Esperanza%20%20%20Andrade%2C%20the%20technology%20supplier%20Senesco%20Marine%20photo.>

21 <https://www.workboat.com/casco-bay-lines-hybrid-ferry-fleet-update-1683223461776>

22 <https://wsdot.wa.gov/construction-planning/major-projects/ferry-system-electrification>

eléctrica en julio de 2025,²³ y ese mismo mes se encargaron tres nuevos ferris híbridos eléctricos con capacidad para 160 automóviles.

Ferries híbridos de combustible alternativo

Además de los ferris híbridos de doble propulsión que actualmente operan con diésel convencional, en 2024 el operador francés Brittany Ferries introdujo dos **ferris híbridos LNG-eléctricos** impulsados por un avanzado sistema de propulsión híbrido, el Saint-Malo y el Guillaume de Normandie, para prestar servicio a través del Canal de la Mancha. El Saint-Malo, de 194,7 metros de largo, que inició su servicio en enero de 2025, cuenta con la “batería marina más grande del mundo”. Diseñado para funcionar con GNL, batería o una combinación de ambos, el Saint-Malo funciona con batería de cero emisiones al entrar y salir de los puertos existentes²⁴.

También se está avanzando para lanzar el Stena Futura, un **ferry híbrido de metanol** y electricidad de la compañía sueca de ferries [Stena Lines](#), para su ruta de Belfast a Haysham a través del Mar de Irlanda en septiembre de 2025. Una vez en funcionamiento, Stena Futura y su buque gemelo, Stena Connecta (que comenzará a prestar servicio en 2026), mejorarán la capacidad de carga de la compañía en un 40% en la ruta Belfast-Heysham en respuesta a un aumento en la demanda de servicios entre Irlanda del Norte e Inglaterra²⁵. Además de sus ferris preparados para metanol, Stena Lines está desarrollando un nuevo ferry híbrido Ro-Ro de última generación impulsado por energía eólica, el *Stena Futuro*, destinado al transporte de semirremolques y automóviles, que estará equipado con un sistema de propulsión híbrido capaz de funcionar con varios tipos de combustible y con el potencial de reducir el consumo de energía en un 20 %²⁶.

23 <https://washingtonstatestandard.com/2025/07/10/washingtons-first-battery-ferry-to-enter-service-next-week/>

24 <https://www.offshore-energy.biz/brittany-ferries-brand-new-hybrid-ferry-hoists-french-flag/#:~:text=The%20hybrid%20ferry's%20christening%20ceremony,while%20entering%20and%20exiting%20ports.>

25 <https://news.cision.com/stena-line/r/stena-futura-successfully-completes-sea-trials-in-china,c4168069>

26 <https://www.offshore-energy.biz/a-sneak-peek-at-tomorrows-vessels-stena-line-presents-wind-powered-hybrid-ro-ro-concept/>



Ferries eléctricos de hidroala y taxis acuáticos: reducción de los costos de arrastre y operación

Entre las soluciones con creciente interés en centros urbanos seleccionados de Europa, América del Norte y Asia para servicios de taxi acuático se encuentran los transbordadores de hidroplanos eléctricos.

Entre los principales fabricantes de transbordadores e-hidrofoil se encuentra el fabricante sueco de transbordadores electrónicos, [Candela](#). El [P-12](#) de la compañía es el primer buque de cercanías eléctrico del mundo con capacidad para 30 pasajeros con velocidades de hasta 25 nudos por hora y un alcance de 40 millas náuticas. Una característica única del P-12 es su diseño de lámina activa que reduce el uso de energía al eliminar la estela y el arrastre. Hasta la fecha, el P-12 de Candela entró en servicio en Estocolmo a finales de 2024.²⁷ Se planea un próximo despliegue en [Fly Tahoe](#), que realizará un recorrido de 30 minutos para atravesar el lago Tahoe²⁸, la zona de esquí y montaña ubicada en la frontera entre California y Nevada, con inicio de operaciones previsto para 2026, sujeto a la aprobación de las autoridades regulatorias.

²⁹ El P-12 también se ha vendido a clientes en Arabia Saudita, Nueva Zelanda y Berlín. También se están llevando a cabo planes para futuros despliegues en otras ciudades costeras congestionadas, como la ciudad de Nueva York, San Francisco y Mumbai.

Con una capacidad para 150 pasajeros, la empresa con sede en Irlanda del Norte, [Artemis Technologies](#), está trabajando actualmente en el despliegue de su [ferri de pasajeros Artemis EF-24](#) en Belfast, Irlanda del Norte, en octubre de 2025, junto con planes para establecer un nuevo Corredor de Transporte Marítimo Verde del Reino Unido entre Newlyn, en Cornualles, y St. Mary's, en las Islas Sorlingas, un cruce de 39 millas. El EF-24 también ya se ha probado de forma piloto en aguas del estado de Washington con el objetivo de proporcionar una mayor oferta de transbordadores de hidroplanos de transbordador electrónico al Puget Sound y posibles futuros servicios transfronterizos a la Columbia Británica.³⁰

²⁷ https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/stockholm-expands-electric-hydrofoil-ferry-service-after-successful-pilot-2025-05-06_en

²⁸ <https://candela.com/newsroom/the-first-flying-electric-ferry-in-the-us-is-coming-to-lake-tahoe/>

²⁹ <https://www.tahoedailytribune.com/news/flytahoe-and-candela-showcase-technology-used-in-upcoming-electric-flying-ferry/>

³⁰ https://www.spokesman.com/stories/2025/may/08/flying-passenger-ferry-sails-puget-sound/?utm_source=chatgpt.com

También ha sido desarrollado un taxi acuático hidroala eléctrico más pequeño por la empresa francesa [Sea Bubbles](#), con un despliegue inicial en el lago Annecy, en Francia. Está diseñado para 5 pasajeros y alcanza velocidades de hasta 12 nudos (22 km/h).³¹

En conjunto, estos despliegues de hidroalas eléctricas señalan la creación, a corto plazo, de redes en las que hidroalas con capacidad para 5 a 150 pasajeros conecten lagos y puertos —como el lago Tahoe en 2026, los servicios en Belfast que se intensificarán entre 2024 y 2026, y otros proyectos piloto que surgen en EE. UU. y Asia—, ofreciendo una movilidad urbana acuática más rápida y de bajo impacto. El funcionamiento silencioso de las hidroalas eléctricas, junto con su baja estela, hace que estas embarcaciones sean altamente adecuadas para el traslado diario y el turismo a través de vías navegables interiores congestionadas o ecológicamente sensibles. En América Latina, esto podría beneficiar a las zonas periféricas de rápido crecimiento y a las comunidades insulares como la isla de Taboga (frente a la costa de la ciudad de Panamá) o Isla Grande (frente al manto de Cartagena, Colombia), donde las carreteras y puentes convencionales son limitados.

Ferries impulsados por hidrógeno (H2): Energía limpia para rutas más largas

Los transbordadores de pila de combustible H2, extienden el servicio de cero emisiones, donde las baterías de otros transbordadores totalmente eléctricos pueden tener dificultades, en particular, para rutas más largas y rápidas y donde la carga a escala de megavatios no es práctica. El primer ferry comercial de pila de combustible H2, [Sea Change](#), fue desarrollado por [Switch Maritime](#) y se desplegó en la bahía de San Francisco como parte de un programa piloto de 6 meses que fue posible gracias a una subvención de la Junta de Recursos del Aire de California.³² El servicio del ferri catamarán de 70 pies y 75 pasajeros ha concluido, y actualmente se están llevando a cabo los planes para el nuevo despliegue del Sea Change³³. En comparación con los hidroplanos de batería que generalmente se

³¹ https://www.lepoint.fr/science/seabubbles-les-bateaux-volants-entrent-en-service-sur-le-lac-d-annecy-05-07-2023-2527536_25.php#11

³² <https://sanfranciscobayferry.com/sea-change-hydrogen-powered-ferry-schedule/>

³³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319925000448>



recargan después de aproximadamente dos horas de servicio, el ferry de pila de combustible Sea Change H2 tiene el potencial de cumplir con el cronograma para corredores más largos y velocidades más altas.

Si bien las soluciones de ferry de energía H2 aún son incipientes, con el tiempo América Latina podría evolucionar para ser un lugar ideal para el despliegue futuro. En Chile, el hub de hidrógeno verde en desarrollo en Magallanes³⁴ tiene el potencial de ofrecer servicios turísticos de ferris impulsados por H₂ en rutas por los fiordos y la Patagonia (por ejemplo, los enlaces Punta Arenas–Porvenir y Puerto Natales), donde las distancias, las condiciones climáticas y la limitada capacidad de la red eléctrica hacen más conveniente el abastecimiento de hidrógeno que el uso de cargadores de alta potencia. Además, en el noreste de Brasil se están llevando a cabo planes para desarrollar un centro de hidrógeno y amoníaco verde de 3 GW que formará parte del Parque de Energía Verde del Noreste de Brasil y de la Iniciativa de Corredores Marítimos Verdes.³⁵

Además, Uruguay, que ya cuenta con abundante energía eólica y avanza en su propia estrategia nacional de H₂, podría desplegar en el futuro transbordadores de pila de combustible de hidrógeno en el Río de la Plata entre Montevideo-Colonia Sacramento y Buenos Aires. En resumen, en el futuro los ferries de hidrógeno ofrecen el potencial de ofrecer servicios de ferry de energía limpia en rutas medianas y largas en América Latina, especialmente en aquellas regiones que ahora desarrollan activamente sus propias cadenas de valor regionales de hidrógeno.

³⁴ <https://h2v.eu/hydrogen-valleys/green-hydrogen-magallanes>

³⁵ <https://www.accessnewswire.com/newsroom/en/oil-gas-and-energy/partnership-between-vale-and-green-energy-park-in-brazil-receives-global-gateway-1000041>

Ferries híbridos solares y eléctricos: empoderando a las ciudades con recursos limitados

Para muchas ciudades más pequeñas y comunidades rurales de América Latina, los ferries solares-eléctricos ofrecen una solución rentable y descentralizada donde la conectividad de la red es deficiente o poco confiable. Desarrollado por la empresa india de tecnología eco-marina, Navalt, ya se ha desplegado un ferry solar de 100 pasajeros para el metro acuático de Kochi en la India, alimentado por baterías de óxido de titanato de litio de carga rápida.

En Argentina también están en marcha planes para ofrecer un servicio de ferry con energía solar en el Delta del Paraná a través de una nueva iniciativa EcoLancha, encabezada por [Lineas Delta Argentino S.R.L.](#) (LDA), el segundo operador de ferry más grande de la región.³⁶ Actualmente en fase piloto, el prototipo Delta Eco One de la compañía está realizando pruebas en el río Paraná y el Río de La Plata con una embarcación de 22 pasajeros que opera con un panel solar de 1.100 vatios en su techo que alimenta el equipo a bordo y el aire acondicionado.³⁷ Con el tiempo, LDA tiene la intención de reemplazar su flota de 154 ferries con Ecolanchas.

Más allá de Argentina, en ciudades como Belém (Brasil), Iquitos (Perú) o Leticia (Colombia), donde el transporte fluvial es dominante y el potencial solar es alto, podría beneficiarse enormemente de la adopción de transbordadores solares-eléctricos para el transporte público o escolar.

Biocombustibles y Diésel Renovable: Soluciones de Transición para Flotas Existentes

No todos los sistemas de ferry pueden cambiar a electricidad o hidrógeno de inmediato. En este contexto, los ferries a biocombustible y diésel renovable están surgiendo como una alternativa práctica y de menores emisiones para los operadores marítimos que buscan descarbonizar sin necesidad inmediata de costosas infraestructuras totalmente eléctricas o de hidrógeno.³⁸

³⁶ <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/biofuel-trial-plan-ned-for-brazilian-port-tugs-84525>

³⁷ *Ibíd*

³⁸ <https://biodieselmagazine.com/articles/incat-crowther-to-design-renewable-diesel-fe>



En la ciudad de Nueva York, varios operadores, incluido el sistema de ferry de la ciudad de Nueva York, han comenzado a hacer la transición de partes de sus flotas para que funcionen con diesel renovable (RD), un combustible de entrega directa hecho de aceites residuales, grasas y otras materias primas renovables. Este cambio ofrece reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida, a menudo en un 50-80%, al tiempo que mantiene el rendimiento de la embarcación y no requiere modificaciones importantes del motor. La adopción en la ciudad de Nueva York está respaldada por incentivos de transporte limpio estatales y municipales, alineándose con los objetivos de acción climática más amplios de Nueva York.

A lo largo de la costa del sur de California, el Catalina Express, un servicio de ferry de pasajeros de alta velocidad que une Los Ángeles y la isla Catalina, se está preparando para la transición de partes de su flota a diésel renovable. Esta medida sigue a los despliegues exitosos de RD en otras flotas marinas de California y aprovecha los créditos del Estándar de Combustible Bajo en Carbono (LCFS) del estado para compensar los costos. El nuevo ferry forma parte del proyecto de reducción de emisiones marinas del Puerto de Los Ángeles denominado LA MER³⁹. El diésel renovable ofrece al Catalina Ferry un camino inmediato para reducir las emisiones de partículas, NOx y CO₂, al tiempo que preserva la fiabilidad del horario, fundamental para el turismo insular.

Estos desarrollos ilustran el creciente papel de los biocombustibles y el diésel renovable como soluciones de descarbonización marítima a corto plazo, cerrando la brecha hacia las tecnologías de cero emisiones.

En toda América Latina, las ciudades costeras con flotas de ferry activas, como Montevideo, Recife y Acapulco, podrían adoptar estrategias de mezcla de biocombustibles como una solución puente mientras planifican las transiciones eléctricas. Además, en el caso de Brasil, podría aprovechar su actual cadena de suministro de biocombustibles para ofrecer transbordadores alimentados con biocombustibles en el futuro. De hecho, ya se están realizando pruebas para remolcadores impulsados por biocombustibles en Port Acu, cerca de Río de Janeiro⁴⁰.

39 https://kentico.portoflosangeles.org/getmedia/5232f369-9b5f-4c15-a4b4-24e6230f2b00/05_1-16-25-BHC_Item-5-Environmental_-_Environmental_CARB-LA-MER-Grant-Subrecipients

40 <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/biofuel-trial-plan-ned-for-brazilian-port-tugs-84525>

Conclusión

En todo el mundo, los sistemas de transbordadores urbanos se están reinventando como catalizadores de la movilidad baja en carbono, la inclusión económica y la resiliencia climática. Para América Latina, esta transición no solo es posible, sino que se adapta perfectamente a las dotaciones naturales de la región, las tendencias demográficas (incluido el aumento de la urbanización en las comunidades costeras y el turismo) y el potencial tecnológico. Con abundantes ríos, lagos y costas (incluyendo muchas eco-regiones ecológicamente frágiles), alta irradiación solar y un potencial de hidrógeno verde de nivel mundial, los cimientos para una revolución de ferris sostenibles ya están en marcha.

El camino a seguir requerirá acciones audaces. Los gobiernos y municipios de América Latina deben combinar la visión con el pragmatismo: lanzar proyectos piloto, modernizar la infraestructura y crear marcos de políticas que alineen los compromisos climáticos nacionales con las necesidades de movilidad local. Las asociaciones público-privadas serán esenciales, reuniendo experiencia internacional, constructores navales locales y proveedores de tecnología innovadora. Del mismo modo, aprovechar el financiamiento climático de instituciones multilaterales como el Fondo Verde para el Clima, CAF y el BID puede ayudar a cerrar las brechas de costos de capital iniciales y acelerar el despliegue.

Al reemplazar o modernizar las flotas diésel antiguas, las ciudades pueden ofrecer aire más limpio, vías navegables más silenciosas y un transporte más confiable para las comunidades desatendidas, al mismo tiempo que contribuyen a los objetivos nacionales de reducción de emisiones. Ejemplos de todo el mundo, incluidos los primeros despliegues en América Latina, incluido el servicio de ferry con batería eléctrica entre Buenos Aires y Uruguay a pilotos de ferry con energía solar en el río Paraná de Argentina y el Río de La Plata, demuestran que la viabilidad tecnológica ya no es una barrera; lo que queda es la voluntad política y la acción coordinada para escalar soluciones.

Los ríos, bahías y costas de América Latina no son obstáculos para la conectividad, son activos estratégicos. Con un liderazgo decisivo, la región



puede transformar sus “corredores azules” en motores de crecimiento sostenible, acceso equitativo y acción climática que podrían estimular un transporte urbano marítimo más sostenible y un mayor ecoturismo. La oportunidad está aquí, la tecnología está lista, y la tendencia ya se inclina hacia un futuro urbano más limpio y conectado por el agua.



Pie de foto: Lanzamiento de China Zorrilla, el ferri electrónico operado por BoqueBus que ofrece servicio entre Buenos Aires, Argentina y Colonia Sacramento, Uruguay. Crédito de la foto: INCAT Tasmania, 2025

Transporte Terrestre con Hidrógeno: Tendencias Globales y Experiencias de California

Por Lawrence Youngblood

UC San Diego School for Global Policy & Strategy & Institute of
the Americas



Crédito: Alamy Stock Images

Resumen Ejecutivo

Este capítulo evalúa las tendencias mundiales en el transporte terrestre impulsado por hidrógeno, destacando los avances de California con ejemplos específicos ilustrativos de los éxitos y desafíos en la aplicación de esta tecnología de energía limpia relativamente incipiente pero prometedora. Aprovechando los avances recientes en infraestructura, asociaciones público-privadas y programas estatales y federales, California se encuentra a la vanguardia de la adopción del hidrógeno para el transporte. Sin embargo, el impulso del estado enfrenta obstáculos debido a



la reciente anulación de exenciones federales, los retrocesos durante la administración Trump y la incertidumbre regulatoria en evolución. El análisis concluye con recomendaciones para reforzar el despliegue de hidrógeno a pesar de los cambios en las políticas federales.

Tipologías del Hidrógeno y Tendencias Globales

El hidrógeno es un *vector energético secundario*, generado a partir de fuentes primarias de energía como el gas natural, las renovables e incluso la nuclear. Debido a que se puede producir de diferentes maneras, adopta diferentes tipologías, pero se discute más comúnmente en sus formas gris, azul y verde.

- **Hidrógeno Gris** – Producido a partir de gas natural (metano) mediante reformado con vapor de metano (SMR), sin captura de CO₂.
- **Hidrógeno Azul** – Considerado de *bajas emisiones*. Se produce de la misma manera que el hidrógeno gris (reformado con vapor de metano a partir de gas natural, SMR), pero acompañado de captura y almacenamiento de carbono (CCS).
- **Hidrógeno Verde** – Considerado de *bajas emisiones*. Producido a través de la electrólisis del agua alimentada por electricidad renovable.

De estas tres tipologías, el **hidrógeno gris domina** el mercado global, representando aproximadamente el 95% de la producción total⁴¹. Esto es relevante en el contexto del papel del hidrógeno en la descarbonización, ya que la mayor parte del hidrógeno producido hoy todavía depende en gran medida de los combustibles fósiles. Además, hay una pérdida de energía significativa asociada con la producción de combustible de hidrógeno. La *Revisión Global del Hidrógeno 2024* de la AIE sugiere que, si bien los anuncios de proyectos de hidrógeno de bajas emisiones indican un fuerte crecimiento para el sector en los próximos años, las cifras aún no alcanzan los objetivos establecidos en las hojas de ruta de cero emisiones donde el hidrógeno desempeña un papel clave.

A pesar del entusiasmo inicial por el transporte impulsado por hidrógeno, el progreso tecnológico ha sido lento, y la inversión y el despliegue globales siguen siendo en gran medida tibios debido a los altos requisi-

41 <https://arxiv.org/abs/2410.08154>

tos de gasto de capital en infraestructura, las previsiones inciertas de la demanda y las alternativas competitivas.⁴² Incluso con estas barreras, el hidrógeno de bajas emisiones sigue siendo identificado como una herramienta imprescindible para lograr una descarbonización profunda, especialmente dentro del sector del transporte.

En todo el mundo, los “centros de hidrógeno” (centros H₂) están surgiendo como ecosistemas integrados donde la producción, el almacenamiento, la distribución y el uso final se ubican conjuntamente para mejorar la rentabilidad y acelerar la adopción. Estos centros de H₂ aprovechan las asociaciones público-privadas, el despliegue conjunto de infraestructura y las aplicaciones específicas en sectores donde el hidrógeno ofrece una ventaja competitiva, principalmente la carga pesada, el transporte público, el transporte marítimo y los procesos industriales.

En **Asia**, el Campo de Investigación de Energía de Hidrógeno de Fukushima (FH₂R) de Japón produce 10 MW de hidrógeno verde a partir de energías renovables, suministrando flotas de movilidad y servicios de red⁴³. El centro de Ulsan en Corea del Sur integra la electrólisis eólica marina con el tránsito urbano⁴⁴. Además, China está construyendo activamente estaciones de reabastecimiento de combustible y el despliegue de autobuses y camiones de hidrógeno. De hecho, el año pasado China superó al resto del mundo en la producción de vehículos pesados de hidrógeno. Además, según el Financial Times, China también lidera el mundo en ventas de vehículos comerciales de hidrógeno⁴⁵.

En **Europa**, la red H₂ Mobility de Alemania está cambiando el enfoque a la infraestructura que respalda el reabastecimiento de combustible de vehículos comerciales de hidrógeno, lo que predice una disminución en la demanda de automóviles H₂⁴⁶. El proyecto HEAVENN de los Países Bajos conecta la electrólisis a gran escala con autobuses, camiones y usuarios industriales⁴⁷, mientras que el puerto de Rotterdam trabaja para convertirse en el punto focal de Europa de las importaciones y exportaciones de hidrógeno.⁴⁸ El desarrollo de la infraestructura de transporte de hidrógeno-

⁴² <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024/>

⁴³ <https://www.global.toshiba/ww/news/energy/2020/03/news-20200307-01.html>

⁴⁴ <https://fuelcellsworld.com/news/ulsan-city-leads-the-way-hydrogen-trams-to-transit-form-urban-transit-by-2029>

⁴⁵ <https://www.ft.com/content/41fe6407-ca14-4bf3-b5ee-0163c0b4888c?>

⁴⁶ <https://www.electrive.com/2025/03/03/h2-mobility-to-shut-down-22-hydrogen-fuel-stations-in-germany/>

⁴⁷ <https://heavenn.org/green-mobility/>

⁴⁸ <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/energy-transition/ongoing-projects/hydrogen-rotterdam>



no de la UE ha sido catalizado, en parte, por la ley afir de la UE que requiere el repostaje de hidrógeno en la red central de la RTE-T cada 200 km y en todos los nodos urbanos para 2030, explícitamente dimensionado para vehículos pesados.⁴⁹

Oceanía tiene el centro Geelong de Australia, que cuenta con camiones de varias bahías que repostan hidrógeno verde producido por los abundantes recursos solares y eólicos de la región⁵⁰. Además, se está trabajando para desarrollar una “carretera de hidrógeno” respaldada por el gobierno a lo largo del corredor Nueva Gales del Sur-Victoria Hume con una extensa red de reabastecimiento de hidrógeno.⁵¹

En **América del Norte**, el programa Regional Clean Hydrogen Hubs del DOE de EE. UU. ha financiado siete centros, incluidos LOS ARCOS de California, centrados en puertos, camiones pesados y transporte público. Si bien los planes para los ARCOS aún están avanzando, la administración Trump ha propuesto terminar cuatro centros en todo Estados Unidos (incluidos los ARCOS) y \$ 4 mil millones en apoyo, una decisión que se espera que se tome en los próximos meses⁵². La Iniciativa de Corredores de Hidrógeno de Canadá está descarbonizando la carga a través de rutas de camiones impulsados por hidrógeno a través de las provincias occidentales⁵³.

En toda África, los países están capitalizando sus recursos solares de clase mundial. En Namibia, se están desarrollando proyectos de hidrógeno verde a gran escala como Hyphen y Arandis para producir amoníaco y aplicaciones de apoyo⁵⁴, incluido el transporte marítimo⁵⁵.

En **América Latina y el Caribe (ALC)**, se están formando centros de H2 en etapa inicial. La **región chilena de Magallanes** está desarrollando una electrólisis eólica a gran escala que se utilizará a nivel nacional para

49 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_4782 1/5

50 <https://www.news.com.au/technology/motoring/on-the-road/australias-first-green-hydrogen-refuelling-station-opens-in-geelong/news-story/10626eb2e386a97189c8b075d354ea47>

51 <https://hvia.asn.au/hydrogen-superhighway-to-link-eastern-states/>

52 <https://natlawreview.com/article/shifting-energy-priorities-are-reshaping-h2hubs-program>

53 <https://www.hydrogen.ca/what-we-do/western-canada-hydrogen-corridors-initiative>

54 <https://namibiatoday.com/cleanenergy-to-invest-n50-billion-in-arandis-green-hydrogen-project-advancing-namibias-renewable-energy-goals/>

55 <https://fuelcellsworks.com/news/namibias-green-hydrogen-projects-reach-key-milestones>

flotas mineras. Además, con su intensa radiación solar y sus fuertes vientos, la región de Magallanes está lista para convertirse en uno de los productores de hidrógeno de menor costo del mundo y aspira a ser un líder mundial en las exportaciones de hidrógeno⁵⁶. **Colombia** también está avanzando en los pilotos de hidrógeno verde en la zona industrial de Cartagena y trabajando para desplegar una flota de autobuses de hidrógeno en Bogotá⁵⁷. **Trinidad y Tobago** también está explorando la producción de hidrógeno azul aprovechando su infraestructura de gas natural preexistente⁵⁸, mientras que **Costa Rica** opera un pequeño grupo de hidrógeno renovable en Liberia que suministra autobuses y vehículos industriales⁵⁹. En Uruguay, un grupo de empresas ha invertido 38,6 millones de USD en la primera planta de hidrógeno verde del país, conocida como Kahirós y ubicada en Fray Bentos, la cual estará operativa en 2026 y se utilizará para abastecer de combustible a camiones pesados que transportan madera⁶⁰. El proyecto incluirá 8.000 paneles solares, un electrolizador de 2MW y una estación de reabastecimiento de camiones⁶¹.

Para ALC, estos ejemplos resaltan el valor de comenzar con las flotas existentes y alinear el diseño del centro con abundantes recursos renovables, infraestructura portuaria y potencial de exportación. ALC fue señalada en la *Revisión Global del Hidrógeno 2024* de la AIE como una promesa significativa en el emergente mercado del hidrógeno de bajas emisiones. Aprovechando sus abundantes recursos naturales y renovables, combinados con una red relativamente descarbonizada, la región puede centrarse en aplicaciones nacionales para aumentar la producción, posicionándose para capitalizar cuando el mercado mundial de hidrógeno de crecimiento históricamente lento comience a expandirse⁶².

Perspectivas y Lecciones del Hidrógeno en California: California ha sido pionera en la promoción de opciones de transporte con hidrógeno, y estos esfuerzos se han visto respaldados por una tendencia constante de apoyo gubernamental. En 2004, el estado comenzó la *“Iniciativa de la Carretera del Hidrógeno”* bajo el gobernador Schwarzenegger, cuyo objetivo era establecer una red de 150 estaciones de servicio y apoyar la

56 https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/green_h2_strategy_chile.pdf

57 <https://hydrogenindustryleaders.com/colombias-first-hydrogen-powered-buses-experience-continued-de-lays/>

58 <https://publications.iadb.org/en/publications/english/viewer/The-roadmap-for-a-green-hydrogen-economy-in-Trinidad-and-Tobago.pdf>

59 https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/programmes/cefim/green-hydrogen/update-case-studies/Ad-Astra-Case-Study-2024.pdf/_jcr_content/renditions/original/Ad-Astra-Cas

60 <https://renewablesnow.com/news/uruguays-1st-green-h2-project-takes-shape-production-seen-in-2026-873180/>

61 [https://yieh.com/en/News/uruguay-announces-plans-for-first-green-hydrogen-plant/151049#:~:text=Register,Steel%20News,US\\$1.3%20billion%20in%20exports.](https://yieh.com/en/News/uruguay-announces-plans-for-first-green-hydrogen-plant/151049#:~:text=Register,Steel%20News,US$1.3%20billion%20in%20exports.)

62 AIE, *Revisión Global del Hidrógeno 2024*



adopción de 20.000 vehículos impulsados por hidrógeno para 2010. Aunque la iniciativa no alcanzó estos objetivos desafiantes debido a la falta de financiamiento sostenido, estableció un marco fundamental de políticas e infraestructura que posicionó al estado como un líder temprano en la adopción del hidrógeno.

El enfoque de California se ha centrado principalmente en la accesibilidad del hidrógeno, subsidiando sus mayores costos de infraestructura y distribución, lo que le permite mantener un estado viable en las opciones de vehículos de cero emisiones a medida que California aprieta las riendas de los estándares de emisión.

Incluso con el apoyo continuo del estado, el sector del hidrógeno de California ha progresado de manera no lineal. Las lecciones clave de su experiencia pueden aplicarse a regiones que buscan expandir sus propias redes de hidrógeno, ayudándolas a evitar los errores cometidos por los pioneros anteriores. Por un lado, evite desplegar redes de H₂ donde la batería eléctrica superará a la competencia. Los vehículos ligeros a hidrógeno están muy lejos de alcanzar la paridad de costos con los vehículos eléctricos, y la volatilidad de los precios puede provocar el cierre de estaciones de combustible mientras la demanda permanece incierta. Los sectores de difícil descarbonización, como el transporte de corta distancia (drayage), el transporte pesado por carretera y el transporte de larga distancia, son la base más confiable sobre la que construir proyectos de hidrógeno, con la oportunidad de expandirse a mercados tangenciales en el futuro. Otra conclusión crucial es evitar vincular la viabilidad del proyecto a un mercado crediticio; las estaciones minoristas de California tuvieron problemas a medida que los precios del crédito LCFS oscilaban, exponiendo las operaciones a shocks de ingresos⁶³. Los programas deben diseñarse para seguir siendo viables incluso si los valores crediticios colapsan.

Debe evaluarse de manera realista la demanda de agua y energía. El hidrógeno de bajas emisiones consume mucha energía y requiere mucha agua para producirse, una gran demanda para las regiones expuestas a problemas de red o sequías frecuentes⁶⁴. Por último, las diversas fuentes garantizan la seguridad del suministro. El mercado del hidrógeno de California ha experimentado múltiples retrasos o interrupciones en el sumi-

63 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2023-12/AB-8-Report-2023-FINAL-R.pdf>

64 https://climateprogramportal.org/wp-content/uploads/2025/02/Pathways-to-Commercial-Liftoff_Clean-Hydrogen_December-2024-Update.pdf

nistro, lo que ha interrumpido el status quo necesario para que el hidrógeno sea un combustible confiable⁶⁵.

Entorno de políticas para el hidrógeno en California

El Estándar de Combustible Bajo en Carbono de California (LCFS) es la política fundamental que respalda el despliegue de hidrógeno del estado. Administrado por la [Junta de Recursos del Aire de California \(CARB\)](#), requiere reducciones progresivas de la intensidad de carbono y recompensa los combustibles bajos en carbono con créditos negociables. Los productores de hidrógeno y los operadores de estaciones obtienen créditos LCFS, compensando los costos.

La Comisión de Energía de California (CEC) financia la estación, mientras que los vales del Proyecto de Incentivos para Vales de Camiones y Autobuses Limpios (HVIP) respaldan las compras en el punto de venta de autobuses y camiones de hidrógeno, lo que hace que el precio de etiqueta sea más asequible para los propietarios de flotas⁶⁶.

CARB supervisa los estándares de emisiones de vehículos y los mandatos de vehículos de cero emisiones (ZEV), operando bajo una exención de la Ley de Aire Limpio que, hasta hace poco, permitía a California mantener estándares más altos de lo que exige la ley federal.

CARB ha adoptado el Reglamento de Camiones Limpios Avanzados (ACT), que estipula que los fabricantes deben vender un porcentaje creciente de camiones de cero emisiones (batería eléctrica o pila de combustible de hidrógeno), que comenzó en el año modelo 2024⁶⁷. CARB también ha implementado el Reglamento Avanzado de Flotas Limpias (ACF), que requiere que las compañías de camiones de larga distancia tengan un por-

⁶⁵ https://www.greencarreports.com/news/1130717_another-fuel-cell-outage-hampers-bay-area-fuel-cell-drivers

⁶⁶ <https://www.energy.ca.gov/publications/2025/joint-agency-staff-report-assembly-bill-126-2024-annual-assessment-hydrogen>

⁶⁷ <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-trucks/about>



centaje creciente de su flota de ZEV a partir de 2036⁶⁸. Sin embargo, este mandato estatal se ha revertido recientemente debido a las recientes acciones federales de la Administración Trump⁶⁹.

En julio de 2024, California lanzó formalmente el centro de hidrógeno AR-CHES, asegurando 1,2 mil millones de dólares en financiamiento federal bajo el programa de Centros Regionales de Hidrógeno Limpio del DOE. Como se mencionó anteriormente, el programa enfrenta días inciertos bajo una nueva administración, pero si logra mantenerse, los objetivos del centro incluyen la descarbonización de puertos, transporte de carga pesada y transporte masivo, lo que representa 2 millones de toneladas métricas de CO₂ evitadas anualmente⁷⁰.

Los puertos californianos lideran el camino



Instalaciones de Toyota y FuelCell Energy TriGen en el Puerto de Long Beach⁷¹. Foto: Cortesía del Puerto de Long Beach.

Los puertos marítimos están demostrando actualmente el uso de tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible para las operaciones portuarias en todo California. Un ejemplo principal de estas tecnologías son los camiones de carga pesada impulsados por hidrógeno que entregan contenedores portuarios a destinos interiores. Aquí, el Puerto de Los Ángeles utiliza diez camiones de corta distancia (drayage) fabricados por

68 <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-fleets/about>

69 <https://subscriber.politicopro.com/article/eenews/2025/06/12/trump-signs-roll-back-of-california-ev-mandate-00402826>

70 <https://www.gov.ca.gov/2024/07/17/california-launches-world-leading-hydrogen-hub/>

71 <https://polb.com/port-info/news-and-press/renewable-energy-project-powers-port-with-hydrogen-05-02-2024/>

Kenworth y equipados con tecnología de celdas de combustible de Toyota. Originalmente desplegados para probar la viabilidad de estos modelos de camiones a hidrógeno, todavía se utilizan en la actualidad⁷².

En el Puerto de Long Beach, Shell opera una estación de hidrógeno para vehículos pesados que da soporte a las operaciones de transporte local de carga. Las instalaciones cercanas de Tri-Gen de Toyota y FuelCell Energy producen hidrógeno renovable a partir de biogás (≈ 1.200 kg/día), combinado con la cogeneración de energía y agua, lo que ejemplifica las instalaciones de hidrógeno multiservicio integradas de⁷³manera efectiva

⁷⁴.

En el Puerto de Oakland, treinta camiones eléctricos de pila de combustible Hyundai están operando a plena capacidad comercial. Para apoyar el reabastecimiento de combustible de estos camiones eléctricos de pila de combustible, tres estaciones de abastecimiento de hidrógeno capaces de servir a camiones pesados de cero emisiones, incluido el más grande de su tipo, están en servicio o en construcción junto al Puerto de Oakland⁷⁵.

Pasillos para camiones pesados

La red de abastecimiento de hidrógeno de California para camiones de larga distancia Clase 8 está en expansión. Las instalaciones a lo largo de los corredores de carga incluyen la red HYL A de Nikola y los centros FirstElement, que están completando un plan para instalar hasta 60 estaciones de abastecimiento de hidrógeno en todo California⁷⁶. En 2024, California, Oregón y Washington recibieron 102 millones de dólares en financiamiento federal para desplegar estaciones de abastecimiento de hidrógeno a lo largo de la Interestatal 5, un corredor principal de transporte de carga en la Costa Oeste. Estas iniciativas demuestran el apoyo público y privado combinado que el hidrógeno continúa atrayendo a tra-

⁷² <https://pressroom.toyota.com/trucking-world-endorses-toyotas-hydrogen-powered-fuel-cells-as-a-step-toward-a-cleaner-planet/>

⁷³ <https://pressroom.toyota.com/trucking-world-endorses-toyotas-hydrogen-powered-fuel-cells-as-a-step-toward-a-cleaner-planet/>

⁷⁴ <https://www.fastechus.com/case-studies/shell-hdv-long-beach>

⁷⁵ https://www.portfoakland.com/wp-content/uploads/2024/06/Project-Narrative_Port-of-Oakland.pdf

⁷⁶ <https://www.nikolamotor.com/nikola-opens-first-hyla-hydrogen-refueling-station-in-southern-california>



vés de incentivos como los créditos LCFS y el financiamiento federal de capitalización durante los períodos de administración de apoyo.

Transporte Público Cero Emisiones

Es importante reconocer que las flotas de California pueden ejercer discreción en cuanto a qué tecnologías implementarán para alcanzar los estándares de emisión de CARB. Las agencias regionales de tránsito de California como AC Transit, SunLine y Foothill Transit han optado por avanzar en su hidrógeno.

AC Transit recibió \$ 144 millones a través de ARCOS expresamente designados para la expansión de la flota de hidrógeno⁷⁷. La flota de autobuses a hidrógeno de SunLine ha acumulado 3,3 millones de millas hasta comienzos de 2025, destacando los menores costos de mantenimiento y la durabilidad en condiciones de calor extremo como atributos valiosos del transporte eléctrico con celdas de combustible⁷⁸. Foothill Transit posee y opera 33 autobuses de celdas de combustible de hidrógeno con la intención de agregar 19 más en los próximos años. Estos autobuses ofrecen un alcance extendido de aproximadamente 300 millas en comparación con la batería eléctrica y reducen las emisiones de GEI hasta 135 toneladas por año en comparación con un autobús diesel⁷⁹.

El interés en el hidrógeno para el transporte público se originó con los objetivos de Tránsito Limpio Innovador (ICT) del estado, que establecieron un objetivo del 100% de uso de autobuses de cero emisiones para 2040⁸⁰.

Desafíos Políticos

Bajo la primera administración de Trump (2017–2021), la reducción del apoyo federal a la energía limpia ralentizó algunos proyectos, aunque California mantuvo la inercia a través de la inversión a nivel estatal. De cara al futuro, la reducción de costos, el crecimiento de

77 <https://www.actransit.org/article/ac-transit-receives-144-million-for-zero-emission>

78 <https://www.sunline.org/projects/alternative-fuels/clean-fleet>

79 <https://www.foothilltransit.org/greeningbig>

80 <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/innovative-clean-transit-ict-regulation-fact-sheet>

la infraestructura y las asociaciones entre sectores serán cruciales para la adopción generalizada, en medio de un rechazo más amplio a la tecnología de transporte con hidrógeno.

Con las recientes acciones de la administración Trump, el Congreso revocó la exención de California bajo la Ley de Aire Limpio, que históricamente permitía al estado imponer normas de emisiones más estrictas, anulando los mandatos de venta de vehículos eléctricos (por ejemplo, la prohibición de autos nuevos a gasolina para 2035) y las normas de emisiones para camiones pesados⁸¹. Los ciudadanos de California y los propietarios de flotas se enfrentarán ahora a la decisión de actualizarse a vehículos de cero emisiones (ZEV) y mantener los objetivos estatales, o continuar con las opciones de motores de combustión, que a menudo son más económicas.

Ventajas Comparativas y Desafíos del Hidrógeno frente a los Vehículos Eléctricos a Batería

La siguiente tabla compara los criterios clave de evaluación para el transporte pesado por carretera entre camiones con celdas de combustible de hidrógeno y camiones eléctricos a batería, basándose en vehículos que operan en las carreteras de California.

Aunque simplifica las compensaciones entre las dos tecnologías, no considera el apoyo estatal y federal de los Estados Unidos que podría sesgar a los propietarios de flotas y descuida otras formas de transporte terrestre, es una forma útil de visualizar las diferencias clave entre estas opciones.

⁸¹ <https://www.politico.com/news/2025/06/12/trump-revokes-californias-nation-leading-electric-vehicle-mandate-00402601>



Criterio	Camiones FCEV de hidrógeno	Camiones eléctricos de batería (Bev)
Costo promedio del vehículo	\$ 750,000–\$ 1,200,000 ⁸²⁸³	\$ 400,000–\$ 500,000 (disminuyendo con la escala) ⁸⁴
Tiempo de Reabastecimiento / Carga	10–20 minutos (similar al combustible diésel) ⁸⁵	2–8 horas (1–2 horas con carga rápida de megavatios de CC) ⁵¹
Rango	300–500 millas en uso típico; más de 600+51 millas en demostraciones	150–300 millas típicas; hasta 400+ con baterías de próxima generación ⁸⁶
Costos de Mantenimiento	Moderado - probablemente mejor que el diésel ⁸⁷	Más bajo – menos piezas móviles, menores costos de mantenimiento en comparación con el diésel ⁵³
Peso del vehículo	Más ligero que los Bev (permite una mayor carga útil) ⁸⁸	Más pesado; las baterías grandes reducen la capacidad de carga ^{útil56}

82 <https://www.wsj.com/articles/nikolas-rollout-of-hydrogen-trucks-is-hitting-supply-chain-hurdles-322823c2>

83 <https://www.sunline.org/projects/alternative-fuels/clean-fleet>

84 https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2024-12/Zero%20Emission%20Class%208%20Tractor%20Pricing%20Comparisons_ADA.pdf

85 <https://www.symbio.one/en/news-media/newsroom/hydrogen-truck-vs-electric-truck-which-best-solution-future-your-fleet>

86 <https://mexicomlogistics.com/electric-trucks-north-america-drigns-range/>

87 <https://www.globaltrademag.com/the-rise-of-electric-and-hydrogen-powered-trucks-in-sustainable-logistics/>

88 <https://www.symbio.one/en/news-media/newsroom/hydrogen-truck-vs-electric-truck-which-best-solution-future-your-fleet>

Lecciones aprendidas y recomendaciones para ALC

El lanzamiento de hidrógeno de California sirve como un proyecto piloto a gran escala, que ofrece información valiosa sobre lo que funciona y lo que no. El hidrógeno debe dirigirse primero a los “centros y corredores” de carga, como el transporte, la minería y los camiones de larga distancia, donde los vehículos eléctricos con batería están limitados por el alcance y la carga útil. Los vehículos, las estaciones de servicio y las cadenas de suministro deben planificarse juntos, idealmente junto con la demanda industrial en puertos, refinerías o grupos de cemento y acero para garantizar una toma constante. La política también debe exigir la confiabilidad desde el principio al requerir múltiples vías de suministro y subsidios de apoyo.

Para evitar los obstáculos que enfrentó California, los países de América Latina y el Caribe deberían diseñar mecanismos de apoyo al mercado que reduzcan la exposición al riesgo de ingresos, protegiendo a los operadores frente a la volatilidad crediticia mediante instrumentos como precios mínimos o contratos por diferencia. Los gobiernos deberían adoptar un enfoque tecnológicamente neutro, permitiendo que los autobuses y las flotas de reparto regionales opten por la batería eléctrica a menos que las pantallas independientes de costos y eficiencia favorezcan claramente el hidrógeno. Finalmente, los planificadores deben considerar las limitaciones de agua y de la red eléctrica, vinculando los electrolizadores a fuentes de agua reutilizada cuando sea posible y contratando suficiente electricidad renovable para cubrir la producción, compresión y enfriamiento. Estos pasos pueden ayudar a ALC a construir un ecosistema de hidrógeno resistente y rentable, al tiempo que evitan los desafíos que ralentizaron la construcción de la red de hidrógeno de California.





Visiones

Políticas de movilidad eléctrica en Brasil: Avances, desafíos y perspectivas hasta 2034

Brasil vive un momento estratégico en la transición energética, y la electromovilidad se perfila como un vector clave para la descarbonización del sector del transporte. La presentación de la Empresa de Investigación Energética (EPE), vinculada al Plan Decenal de Expansión Energética 2034 (PDE 2034), ofrece un análisis sólido del escenario actual y las perspectivas de las políticas públicas en materia de movilidad eléctrica en el país.

Perspectivas nacionales e internacionales

En 2023, las ventas mundiales de vehículos eléctricos alcanzaron los 14 millones de unidades (18 % del total), impulsadas por incentivos gubernamentales, la caída de los precios de las baterías y una mayor disponibilidad de modelos. En Brasil, la situación es más moderada: la penetración de vehículos eléctricos (HEV, PHEV y BEV) representa aproximadamente el 4,3 % de las matriculaciones, concentrándose en el segmento premium debido al alto costo de estos modelos y a la infraestructura aún incipiente.

Iniciativas y Políticas Públicas

El país ha invertido en un conjunto de políticas para promover la electromovilidad:

- Programa MOVER: incentiva la producción nacional de vehículos menos contaminantes.
- Nuevo PAC: destina R\$ 7.300 millones hasta 2028 a la renovación de flotas de autobuses eléctricos en 61 municipios.
- Programa Combustible del Futuro: busca integrar los biocombustibles en la estrategia de descarbonización, sin limitar al país a una sola tecnología.

Estas acciones, en combinación con RenovaBio, Proconve, Rota 2030 y PBEV, promueven un enfoque tecnológico neutro y gradual.



Tendencias del Mercado Nacional

Se prevé un avance progresivo de la electrificación:

- Vehículos ligeros: Se prevé la matriculación de 694,000 unidades electrificadas en 2034, lo que representa el 18% de las ventas. Se prevé que la flota total de vehículos híbridos y eléctricos alcance los 3.7 millones.
- Vehículos comerciales ligeros y camiones ligeros: Se prevé que estos vehículos lideren la electrificación del transporte urbano de mercancías, con un 16% de las ventas previstas para 2034.
- Autobuses urbanos: Se estima que el 26% de las ventas se alcanzará en 2034, impulsado por las políticas municipales y el Nuevo PAC (Programa de Aceleración del Crecimiento Avanzado).
- Vehículos pesados y semipesados: Se prevé un avance gradual de la electrificación, con un predominio del diésel y un crecimiento de las alternativas híbridas y de gas natural.

Desafíos Estructurales

A pesar de los avances, Brasil aún enfrenta obstáculos importantes:

- Infraestructura de carga: si bien ha crecido, con una previsión de más de 10.000 estaciones de carga para 2025, la cobertura aún es insuficiente, especialmente fuera de las grandes ciudades.
- Alto costo: los vehículos eléctricos más vendidos cuestan un promedio de R\$ 243,000, lo que limita su adopción a los consumidores con mayores ingresos.
- Dependencia externa: aproximadamente el 65% de los vehículos eléctricos vendidos en Brasil en 2023 se importaron de China y Japón.
- Impactos fiscales y energéticos: la electrificación reduce la recaudación fiscal de los combustibles fósiles y puede sobrecargar la red eléctrica si no se planifica adecuadamente.

Producción y Perspectivas Estratégicas

Brasil ha atraído aproximadamente R\$ 130 mil millones en inversiones anunciadas por fabricantes de automóviles hasta 2030. Entre las inversiones más destacadas se encuentran Stellantis, Volkswagen, BYD y Hyundai. El país también cuenta con importantes reservas de minerales estratégicos como níquel, grafito, manganeso y tierras raras, esenciales para la producción local de baterías.

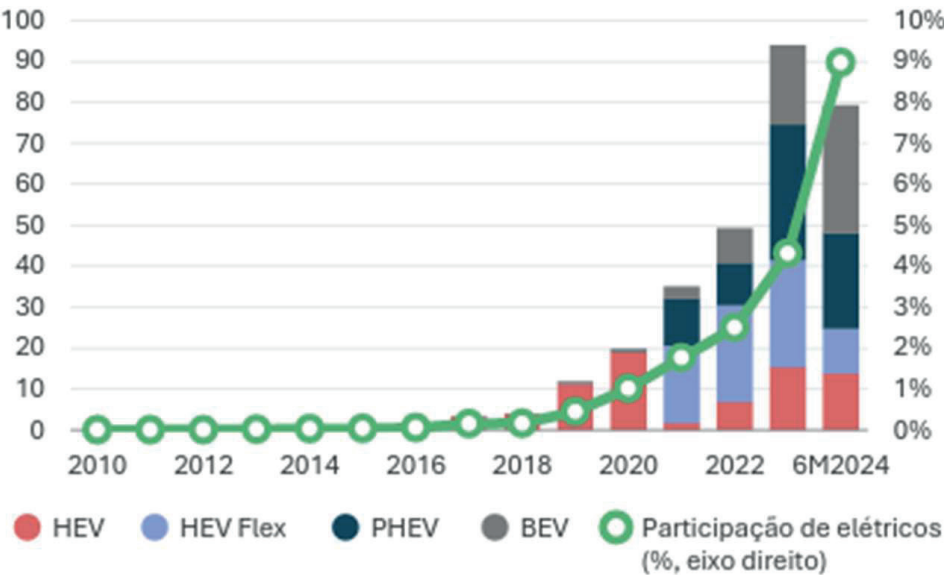
Gráficos sobre el crecimiento de la movilidad eléctrica en Brasil:

Evolución de la penetración de vehículos eléctricos en Brasil (2010-2024):

Visualiza el crecimiento de la participación de los vehículos híbridos eléctricos (HEV), híbridos enchufables (PHEV) y eléctricos de batería (BEV) en las ventas totales.

Vendas anuais de veículos eletrificados no Brasil (mil unidades)

Fonte: Elaboração própria, a partir de [ABVE](#) e [Anfavea](#)



- Penetração de **eletrificados** continua a **aumentar rapidamente**.
- Políticas públicas de incentivo à descarbonização do setor automotivo, como o Programa de Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), aumentam a oferta desses veículos.

Fuente: ABVE, Anfavea

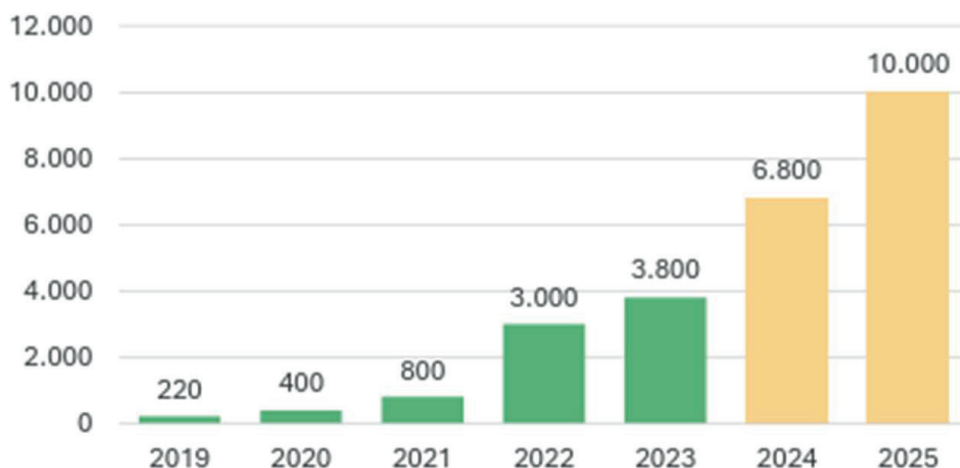


Infraestructura de carga en Brasil (2019-2025):

Muestra el aumento de estaciones de carga públicas y semipúblicas y la concentración por región

Infraestrutura de recarga no Brasil (2023)

Fonte: [ABVE apud Anuário 2023 da PNME](#)



- O número de eletropostos públicos e semipúblicos está em **crescimento**, com expectativa de **um aumento ainda maior** para os próximos dois anos.
- Entretanto, ainda se **mostra insuficiente** para um país de tamanho continental como o Brasil.

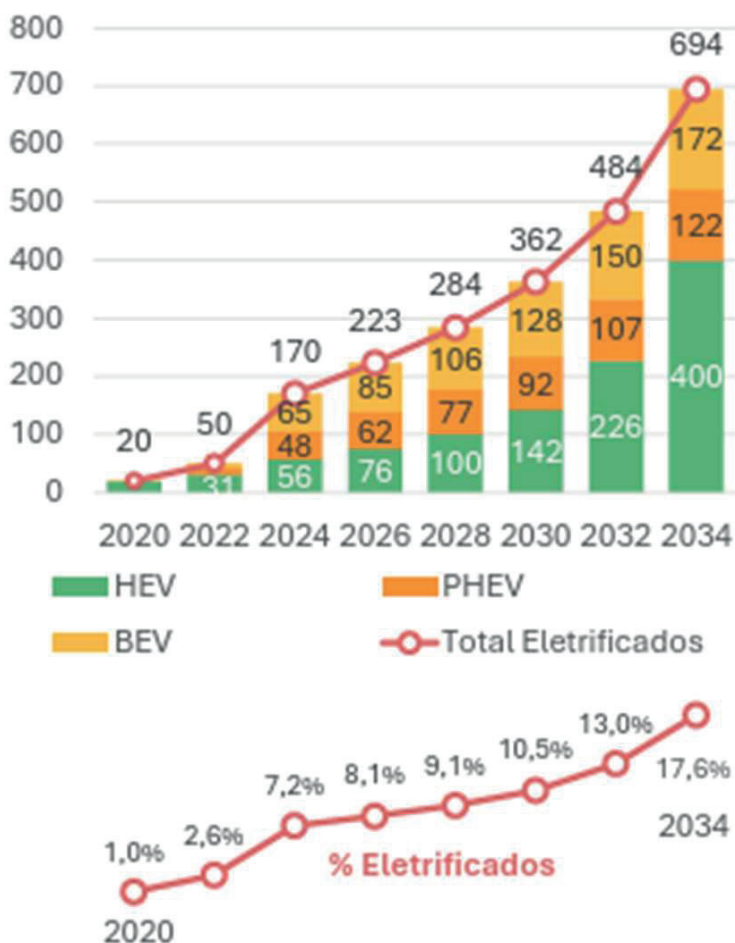
Fuente: PNME

Proyección de licencias para vehículos eléctricos por categoría (2020-2034):

Muestra el crecimiento estimado de los vehículos híbridos eléctricos (HEV), híbridos enchufables (PHEV) y eléctricos de batería (BEV).

Licenciamiento de vehículos leves híbridos e eléctricos (mil vehículos; % total)

Fonte: EPE



Fuente: EPE

Conclusión

La movilidad eléctrica en Brasil avanza de forma gradual y selectiva, equilibrando la adopción de nuevas tecnologías con el uso de biocombustibles ya establecidos. Para que la electrificación alcance mayor escala y alcance a todos los segmentos de la población, será necesario ampliar la infraestructura, facilitar el acceso al financiamiento, fortalecer la industria local y garantizar la seguridad energética del sistema eléctrico nacional.

Bibliografía:



- EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 – Caderno de Eletromobilidade
- (2024). <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034>
- IEA. Global EV Outlook 2024. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- PNME. 3º Anuário Brasileiro de Mobilidade Elétrica. <https://pnme.org.br>
- ABVE. Dados estatísticos. <https://abve.org.br/abve-data>

Movilidad Eléctrica en Costa Rica

Políticas Públicas

En Costa Rica, a partir de la promulgación de la Ley de Incentivos y Promoción al Transporte Eléctrico, Ley N° 9518 y sus reformas, se desarrolla el marco de política pública para la movilidad eléctrica. Esta Ley fue publicada oficialmente el 6 de febrero del 2018, y reformada por medio de la Ley N° 10209 (reforma que realiza cambios específicos en el capítulo de Incentivos). En el gráfico siguiente se presenta la estructura general de la Ley N° 9518.

Esquema de la Ley de Incentivos y Promoción al Transporte Eléctrico



A partir de la Ley, se desarrollan varios reglamentos con el fin de cumplir con mandatos específicos de la misma. A continuación, se detallan los

reglamentos:

- Decreto Ejecutivo N°41426-H-MINAE-MOPT, Incentivos para vehículos eléctricos usados. En el cual se incentiva la importación de vehículos eléctricos (VEs) usados por medio de exoneraciones, siendo el objetivo el avanzar más rápido en la movilidad eléctrica.
- Decreto Ejecutivo N°41580-MJ-MINAE-MOPT, Reglamento de distintivos para vehículos eléctricos. En el cual se establece que la placa o matrícula de un VE será color verde, con el fin de que sea fácilmente identificable. Esta placa color verde se ha convertido además de un incentivo, en un mecanismo de apoyo a los cuerpos de socorro en el caso de emergencias ocurridas con VEs.
- Decreto Ejecutivo N°41642-Reglamento para la construcción y funcionamiento de la red de centros de recarga eléctrica para automóviles eléctricos por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica. En este decreto se establecen las pautas para la instalación de cargadores rápidos en el país, indicando por zona el mínimo de cargadores que debían existir.
- Decreto Ejecutivo N°42489-MINAE-MOPT-H, Reglamento para la exoneración del impuesto sobre las ventas y del selectivo de consumo a los repuestos de vehículos eléctricos y exoneración del impuesto selectivo de consumo y del 1% sobre el valor aduanero para las partes y centros de recarga. Este decreto ha permitido la importación de partes y repuestos para VEs, promoviendo el acceso a los usuarios de VEs de repuestos localmente.

Por otro lado, y como parte de las políticas país, es importante mencionar que en el artículo 2 de la Ley N°9518, se define vehículo eléctrico como: *“todo bien mueble impulsado con energía cien por ciento eléctrica o con tecnología de cero emisiones y que no contenga motor de combustión, nuevo, en su versión de automóviles, motocicletas, bicicletas, microbuses, buses, trenes y cualquier otro definido en el reglamento de esta ley”*. Por lo tanto, todas las políticas públicas van orientadas a la promoción de vehículos 100% eléctricos y cero emisiones. Así mismo, en el Plan de Descarbonización 2018 - 2050, se establecen metas para migrar hacia la movilidad eléctrica (100% eléctrica y cero emisiones), específicamente en el Eje 2, se incluye la Transformación de flota de vehículos ligeros a cero emisiones, nutrido de energía renovable, no de origen fósil. En línea con lo anterior, para Costa Rica los vehículos híbridos no son considerados como objeto de los beneficios establecidos por la Ley N° 9518 o el Plan de Descarbonización, ya que no cumplen con ser 100% eléctricos o



de cero emisiones al contar con un motor de combustión.

Vehículos Eléctricos en Costa Rica

Los VEs, al igual que cualquier otro tipo de vehículo que ingresa al país debe cumplir con los procesos de importación y nacionalización ya establecidos a nivel nacional. Una vez el vehículo sea nacionalizado, y cuente con la inspección técnica vehicular, es registrado ante el Registro Nacional. Los vehículos registrados son la base de información relevante a nivel nacional para efectos de contabilizar los avances en movilidad eléctrica. En el siguiente enlace se muestran los datos de los VEs que se encuentran registrados en el país: <https://www.minae.go.cr/ver/energia/Datos%20TOTALES-VEs-publicacion.pdf>.

Así mismo, en la siguiente tabla se muestran los VEs registrados para el año 2025.

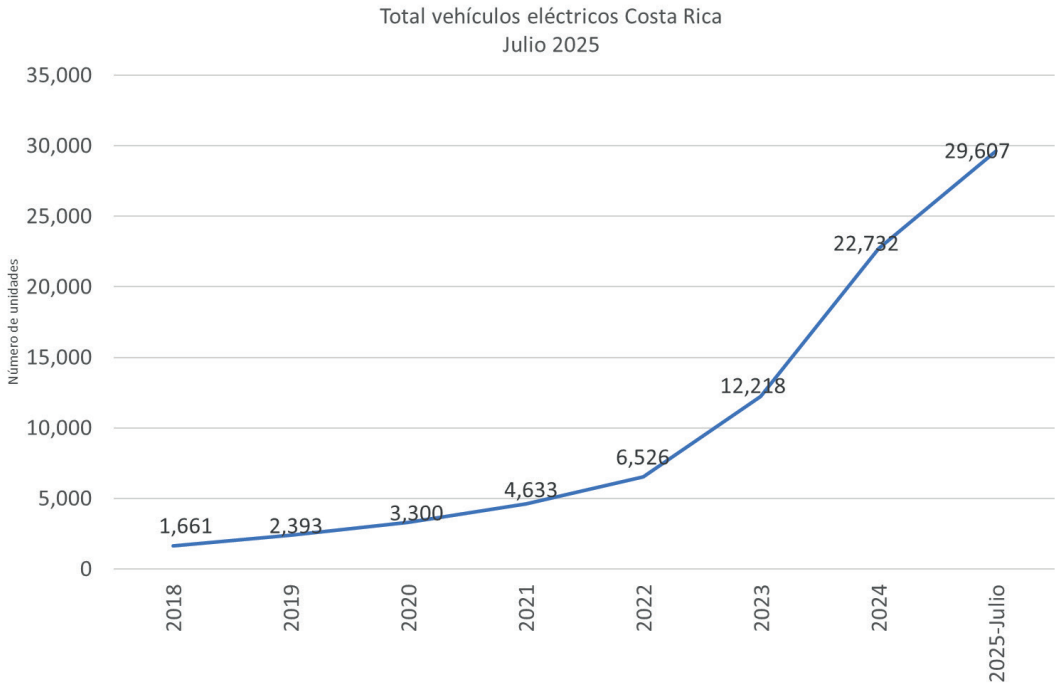
Tabla 15. Vehículos eléctricos registrados en Costa Rica, año 2025

MES	AUTOS	MOTOS	ESPECIAL	TRABAJO	TOTAL	% REG.
Enero	613	0	27	17	657	10,56%
Febrero	677	0	12	32	721	16,42%
Marzo	569	0	11	18	598	14,01%
Abril	605	0	5	13	623	15,44%
Mayo	886	0	79	23	988	18,23%
Junio	679	1	11	25	716	14,29%
Julio	619	1	6	34	660	14,53%

Fuente: Dirección de Energía, MINAE, a partir de los datos del Registro Nacional

Como se puede ver en la tabla anterior, el promedio de VEs registrados supera el 14% del total de vehículos registrados en Costa Rica para el año 2025.

Tabla 16. Total vehículos eléctricos a julio 2025 en Costa Rica



Fuente: Dirección de Energía, MINAE, a partir de los datos de vehículos registrados en el Registro Nacional.

Así mismo, para el mes de julio del 2025, se registra una cantidad total acumulada de 29607 VEs, este dato incluye VEs registrados desde el año 2018 (el cual se toma como base debido a la promulgación de la ley de incentivos N° 9518). El principal incremento de la movilidad eléctrica se da en la categoría de automóvil (vehículo liviano y SUV), la cual acumula un total de 24668 para el mes de julio del 2025 (denominado “Autos” en la tabla 15).

Los datos presentados anteriormente son actualizados mensualmente por la Dirección de Energía del MINAE, con el fin evidenciar el avance de la movilidad eléctrica, así como el comportamiento de la adquisición e importación de VEs en el país. Así mismo, se cuenta con los datos según el tipo de categoría vehicular, para reflejar el crecimiento en cada categoría de vehículos, según lo establece la Ley N° 9078, (Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial y sus reformas).





Movilidad Sostenible en América Latina: un compromiso compartido



Genaro Baldeón Herrera
Presidente de la Asociación
Latinoamericana de Distribuidores de
Automotores

Introducción

La movilidad es uno de los pilares que sostiene el desarrollo económico y social de América Latina. Mejorar la forma en que las personas y los bienes se trasladan en nuestras ciudades y territorios implica atender simultáneamente a la seguridad vial, la eficiencia energética, la calidad de los combustibles, la renovación de las flotas y la construcción de infraestructura moderna. La Asociación Latinoamericana de Distribuidores de Automotores (ALADDA) concibe la movilidad sostenible como un motor para elevar la calidad de vida, reducir desigualdades y dinamizar la competitividad de la región.

Neutralidad tecnológica y diversidad de soluciones

El camino hacia una movilidad más eficiente no admite soluciones únicas. La diversidad de realidades energéticas, económicas y sociales de nuestros países demanda un enfoque de neutralidad tecnológica, que promueva simultáneamente vehículos eléctricos, híbridos, de hidrógeno, a biocombustibles y de combustión interna altamente eficientes. La convivencia de estas tecnologías asegura una transición equilibrada, viable y adaptada a las capacidades de cada nación, evitando disrupciones económicas que perjudiquen a consumidores y empresas.

Calidad de combustibles y modernización de las flotas

Uno de los mayores desafíos de América Latina es la baja calidad de los combustibles en varios mercados, lo que limita la introducción de tecnologías modernas y aumenta las emisiones contaminantes. La experiencia de países de la región que han adoptado estándares más estrictos demuestra que es posible avanzar cuando hay voluntad política y coordinación público–privada.

A la par, el envejecimiento del parque vehicular constituye un problema estructural. En varios países, el promedio de edad de los vehículos supera los 15 años de uso, lo que incrementa riesgos viales y reduce eficiencia energética. Para revertir esta situación, es indispensable implementar programas de chatarrización, restricciones estrictas a la importación de vehículos usados inseguros y altamente contaminantes, así como incentivos financieros para la adquisición de unidades nuevas o con tecnologías limpias.

Infraestructura y alianzas estratégicas

La infraestructura es la columna vertebral de la transición. Electrolineras, redes de carga rápida, estaciones de biocombustibles y de hidrógeno, así como un transporte público moderno, requieren inversiones de gran escala. En este sentido, las alianzas público–privadas son el mecanismo más efectivo para ampliar coberturas, asegurar acceso equitativo y fomentar la confianza de los ciudadanos en estas tecnologías.

Superar las limitaciones actuales exige políticas públicas coherentes y sostenidas que garanticen redes inclusivas y de amplia cobertura, capaces de sostener la transformación hacia una movilidad más limpia y eficiente.

Movilidad inclusiva: transporte público y modos alternativos

La movilidad sostenible no puede centrarse únicamente en el vehículo privado. Es fundamental impulsar un transporte público digno, eficiente y de bajas emisiones, complementado con ciclovías seguras y espacios peatonales adecuados. Solo mediante una planificación urbana que priorice al ciudadano será posible enfrentar la congestión crónica que afecta a capitales latinoamericanas como Lima, Bogotá o Ciudad de México,



donde los traslados de apenas 10 km pueden tomar más de 25 minutos.

La integración de estas soluciones no solo mejora la calidad del aire y la seguridad vial, sino que contribuye a crear ciudades más habitables.

Economía circular y gestión de residuos

La sostenibilidad del sector automotor también depende de una gestión responsable de los residuos. Es indispensable promover el reciclaje de neumáticos y baterías, la adecuada disposición de lubricantes y la reutilización de materiales. Esta visión de economía circular fortalece la confianza de los consumidores, genera nuevas oportunidades de negocio y contribuye a reducir impactos ambientales en la región.

Conclusión

La movilidad sostenible en América Latina debe ser entendida como una estrategia integral que articula neutralidad tecnológica, combustibles de calidad, modernización del parque automotor, infraestructura adecuada, transporte público digno y gestión responsable de residuos. El éxito de esta transformación depende de la convergencia de gobiernos, empresas, academia y sociedad civil.

Desde ALADDA reafirmamos nuestro compromiso de trabajar en conjunto para construir un ecosistema de movilidad moderno, inclusivo y seguro, que eleve la competitividad regional y mejore la vida de millones de ciudadanos en América Latina.



Energías Limpias de Costa Rica

ELCO: Innovación costarricense al servicio de la movilidad sostenible



En un ecosistema energético cada vez más marcado por la urgencia climática y la necesidad de descarbonización, las soluciones de carga para vehículos eléctricos se han consolidado como piezas clave en la transición energética. En este contexto, destaca el caso de ELCO, una empresa costarricense fundada en 2015 que ha logrado posicionarse como referente regional en la fabricación de estaciones de carga y el desarrollo de software para su gestión.

Con una visión centrada en el desarrollo de soluciones disruptivas sostenibles y un fuerte compromiso con la innovación local, ELCO ha demostrado que es posible producir tecnología de clase mundial desde la región. Su misión va más allá de la simple fabricación de equipos: busca representar los valores y capacidades de Costa Rica mediante productos que respondan a las necesidades de un mercado en transformación.

Actualmente, ELCO cuenta con la única planta especializada en la región en la fabricación de estaciones de carga y una oferta tecnológica completa, que abarca desde estaciones de carga portátiles hasta estaciones públicas inteligentes, todas diseñadas con estándares internacionales



(OCP 1.6, entre otros) y pensados para condiciones de uso exigentes. Entre sus principales ventajas competitivas destaca una garantía de 8 años —la más alta del mercado actual—, soporte técnico local 24/7, y un modelo de atención al cliente centrado en la personalización y el acompañamiento constante.

Además del hardware, ELCO ha desarrollado su propia plataforma digital: **ATILA**, una aplicación que permite monitorear en tiempo real el estado y desempeño de más de 5.000 estaciones de carga instaladas en Costa Rica. Esta herramienta —dividida en una app pública para conductores y un módulo exclusivo para administradores— ofrece funcionalidades avanzadas como historial de cargas, análisis de consumo energético, control de acceso por usuario, control preciso de consumos energéticos de flotillas eléctricas, actualizaciones remotas, e inclusive métodos de pago para el uso de cargadores de la red de carga rápida pública en Costa Rica.

Su modelo de negocio combina la venta de estaciones con un enfoque de servicio, particularmente en su red de carga privada, orientada a la carga en destino. Dado el tamaño y las condiciones geográficas de Costa Rica, esta estrategia permite que comercios como hoteles y restaurantes ofrezcan puntos de carga como valor agregado, fomentando al mismo tiempo nuevos encadenamientos productivos en comunidades rurales. Por otro lado, más del 90% de las concesionarias de vehículos eléctricos en Costa Rica utilizan cargadores fabricados por ELCO, lo que consolida su liderazgo en el mercado nacional.

El enfoque estratégico de la empresa también contempla la expansión regional. Si bien ya ha iniciado exportaciones a 8 países de la región, existen oportunidades claras para ampliar su presencia en América Latina y el Caribe, especialmente en contextos donde la infraestructura de carga aún es incipiente. Entre sus principales fortalezas para esta expansión destacan la capacidad de adaptación de sus productos, su experiencia en software de gestión energética y su modelo de integración vertical.

No obstante, como toda empresa emergente en un sector en constante evolución, ELCO enfrenta desafíos importantes. Entre ellos se cuentan la competencia de productos importados a bajo costo, y los cambios regulatorios que puedan incidir en los incentivos a la movilidad eléctrica, entre otros.

Pese a ello, el caso de ELCO demuestra el potencial transformador de la industria local cuando se combina conocimiento técnico, visión estraté-

gica e innovación con propósito. En el marco de la transición energética, empresas como esta se consolidan no solo como proveedoras de soluciones, sino como actores clave en la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo para América Latina y el Caribe.



Autor: CLAEAC

De los distribuidores de combustible



El rol de CLAEAC en el proceso de transición energética y la movilidad más sostenible

La Comisión Latinoamericana de Empresarios de Combustible (CLAEAC), es la asociación de cúpula integrada por las asociaciones de estacioneros, gasolineros o griferos de los países de América Latina.

CLAEAC es un organismo técnico, de consulta y propuestas para los distintos gobiernos, que genera y sistematiza información relevante sobre el mercado de las Estaciones de Servicio de América Latina.

En Latinoamérica hay aproximadamente 100.000 Estaciones de Servicio que proveen mayoritariamente combustibles fósiles a sus clientes, sin embargo, en la Cumbre de Montevideo, de Septiembre de 2022, se resolvió acompañar los distintos procesos de transición energética y transformar a las Estaciones de Servicio en puntos de comercialización y abastecimiento de los actuales y futuros energéticos.

El panorama actual y sobre todo el futuro implica un enorme desafío para las Estaciones de Servicio de América Latina, pero resolvimos acompañar este proceso tal como se mencionó anteriormente.

Nuestros países tienen realidades muy distintas, en cuanto a sus recursos naturales, sociales, económicos, infraestructura, matriz energética primaria, pero los estacioneros, gasolineros o griferos que integran CLAEAC tienen una visión común, todos quieren contribuir al bienestar



general y con ese objetivo se está trabajando.

Actualmente, en las estaciones de América Latina conviven los combustibles “tradicionales” con el gas natural vehicular, los biocombustibles o los cargadores para vehículos eléctricos y en el futuro lo más probable es que estos energéticos tengan mayor peso en la movilidad y a su vez aparezcan otros energéticos que colaboren en el proceso de transición.

La transición es un camino y en CLAEC hemos decidido recorrerlo.



Autor: Centro de Movilidad Sostenible de Chile

Santiago de Chile: Liderazgo latinoamericano en la transición hacia un transporte público 100% eléctrico

Por Melanie Andersen

Centro de Movilidad Sostenible de Chile

Santiago de Chile es un referente en electromovilidad urbana, operando la flota de buses eléctricos más grande fuera de China, con más de 2.500 unidades [1]. Este logro, alcanzado en menos de una década, se basa en una planificación institucional a largo plazo que combina marcos legales robustos, financiamiento innovador y una visión estratégica público-privada. Para marzo de 2026, se proyecta que el 68% de la flota será eléctrica [2], con cerca de 4.400 unidades, consolidando aún más este liderazgo mundial.

Una Trayectoria de Innovación y Crecimiento Sostenido

La electrificación del transporte público en Santiago es resultado de una estrategia de largo plazo, cimentada en sólidos marcos regulatorios establecidos desde 2009. Una reforma legal clave en 2015 consolidó la viabilidad del modelo al clasificar buses y terminales como “activos concesionables”, garantizando continuidad del servicio y protegiendo inversiones.

Sobre esta base, Chile implementó a partir de 2016 un modelo pionero de “provisión de activos”. Este esquema fue fundamental: al separar la propiedad de los buses y la infraestructura de carga de su operación, des-

vinculó el riesgo de la inversión directa para los operadores, atrayendo a nuevos inversionistas y facilitando una rápida expansión. Este modelo comenzó a materializarse en 2017 con la operación de los primeros buses eléctricos, marcando el inicio de una acelerada incorporación de flota.

La expansión de la electromovilidad en Santiago se intensificó con el rediseño del sistema a “Red Movilidad” en 2019. Las licitaciones de 2023 y 2025 consolidaron un enfoque innovador: no sólo exigieron que el 100% de los nuevos buses fueran eléctricos e integraron la provisión de la flota con la operación del servicio, sino que también separaron la propiedad de los terminales de los operadores de transporte. Este cambio fue fundamental para eliminar el poder de negociación asimétrico de los operadores frente a la autoridad y fue posible gracias a una alianza estratégica con la entidad estatal Desarrollo País, que se encargó de la adquisición de terrenos y el desarrollo de la infraestructura. Este modelo ha permitido una escalada masiva y eficiente.

La rápida adopción de los buses eléctricos se ha apoyado en una inversión significativa en infraestructura de carga, con 29 electroterminales operativos (con una potencia conjunta mayor a los 100 MW) [1], proyectados a 56 electroterminales para el 2026 [3].

Beneficios y el Impacto de la Transformación

La modernización del transporte ha generado una reducción histórica de emisiones entre 2018 —cuando solo el 3% de la flota era eléctrica— y 2023, año en que alcanzó el 30%. Este avance se tradujo en una disminución de hasta 62 % en emisiones de material particulado (PM2.5), 28 % en CO₂eq [4], y 44 % en contaminación acústica [2], esta última medida en un corredor de alta densidad de transporte público.

En términos económicos, el costo operativo es al menos 65 % menor, y el mantenimiento cuesta un 44% menos [2], lo que genera ahorros sustanciales para el sistema. A esto se suma una mejora significativa en la experiencia del usuario, con mayor confort, accesibilidad y conectividad, elevando los estándares del transporte público urbano.

Este cambio sistémico ha sido posible gracias a una excepcional coordinación interinstitucional, liderada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y DTPM, con el apoyo del Ministerio de Energía, distribuidoras y operadores privados. Mecanismos como la posibilidad de que los operadores negocien directamente la compra de energía con co-



mercializadores eléctricos han fomentado contratos más competitivos y sostenibles, reflejando una visión de ciudad integral.

Desafíos Hacia la Electrificación Total y Expansión a Regiones

Si bien Santiago es un líder regional, la meta de electrificar el 100% de su flota y expandir el modelo a otras regiones de Chile presenta desafíos críticos:

Infraestructura y Red Eléctrica: Asegurar la escalabilidad del sistema eléctrico, coordinando con distribuidoras para garantizar capacidad de conexión. Es clave avanzar en estandarización y homologación técnica, y agilizar tiempos de tramitación para nuevos electroterminales.

Capital Humano y Operación: Fortalecer el personal técnico especializado en mantenimiento y operación de buses eléctricos, esencial para la sostenibilidad a largo plazo.

Financiamiento y Expansión Regional: Garantizar el acceso equitativo al financiamiento para operadores medianos y pequeños, adaptando el modelo a regiones con infraestructura eléctrica y terminales limitados. Esto requiere una planificación territorial, el desarrollo de electroterminales escalables y un fortalecimiento institucional.

Perspectivas y Replicabilidad

Santiago demuestra que una transición de esta magnitud es posible en Latinoamérica, ofreciendo un modelo valioso para otras ciudades. La experiencia chilena encapsula aprendizajes concretos sobre cómo alinear incentivos, movilizar inversiones estratégicas y generar impactos tangibles en la calidad de vida urbana. Su éxito radica en visión política, gestión técnica rigurosa y coordinación institucional sostenida, elementos críticos para la replicabilidad global de la electromovilidad a gran escala.

Bibliografía:

- [1] Centro de Movilidad Sostenible, Dashboard: *Electromovilidad en Movimiento*, CMS, 2025. [Online]. Available: https://lookerstudio.google.com/embed/reporting/26f31e22-642a-4a4d-ab46-63c18ef48d2e/page/p_1wm5tfklrd

- [2] Directorio de Transporte Público Metropolitano. (2024). *First Report on Electromobility, Santiago de Chile, 2024. Our commitment to carbon neutrality*. Available: [https://dtpm.cl/electromovilidad/archivos/INGLES%20WEB_INFORME%20DE%20ELECTROMOVILIDAD%20\(1\).pdf](https://dtpm.cl/electromovilidad/archivos/INGLES%20WEB_INFORME%20DE%20ELECTROMOVILIDAD%20(1).pdf)
- [3] Red Movilidad. (23 de junio de 2025). *Red Movilidad suma 300 nuevos buses eléctricos para Santiago*. Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM). Available: <https://www.red.cl/red-comunica/red-movilidad-suma-300-nuevos-buses-electricos-para-santiago/>
- [4] Secretaría de Planificación de Transportes (SECTRA). (2024). *Sexto Reporte Anual de Emisiones del Sistema RED 2024*



Autor: Centro de Movilidad Sostenible de Chile

Ley de Eficiencia Energética Chilena

Por Claudio Mena Cavieres
Centro de Movilidad Sostenible de Chile

Ley de Eficiencia Energética Chilena

Contexto

Una de las herramientas clave para orientar el mercado hacia una mayor eficiencia energética es la implementación de **regulaciones del lado de la oferta** (*Supply Side Regulations*, SSR), tal como lo señala el informe preparado por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés). Estas regulaciones se enfocan en establecer requisitos sobre los vehículos nuevos a ser comercializados en el mercado y pueden tener dos formas: 1) requisitos de ventas de vehículos eléctricos, o 2) requisitos mínimos de desempeño que requieren que los vehículos nuevos en promedio cumplan metas de eficiencia energética o emisiones de CO₂. Para el segmento de livianos, Chile optó por el camino de metas de eficiencia energética, y este informe resume el diseño regulatorio y sus resultados.

Chile ha optado por implementar un estándar de eficiencia energética a través de la Ley 21.305. Esta decisión responde a un problema persistente: a diferencia de lo observado en otros países, el rendimiento energético de los vehículos en Chile se estancó entre 2013 y 2023 (ver *Figura 32*), lo que ha incrementado tanto las emisiones como los costos operacionales del transporte.



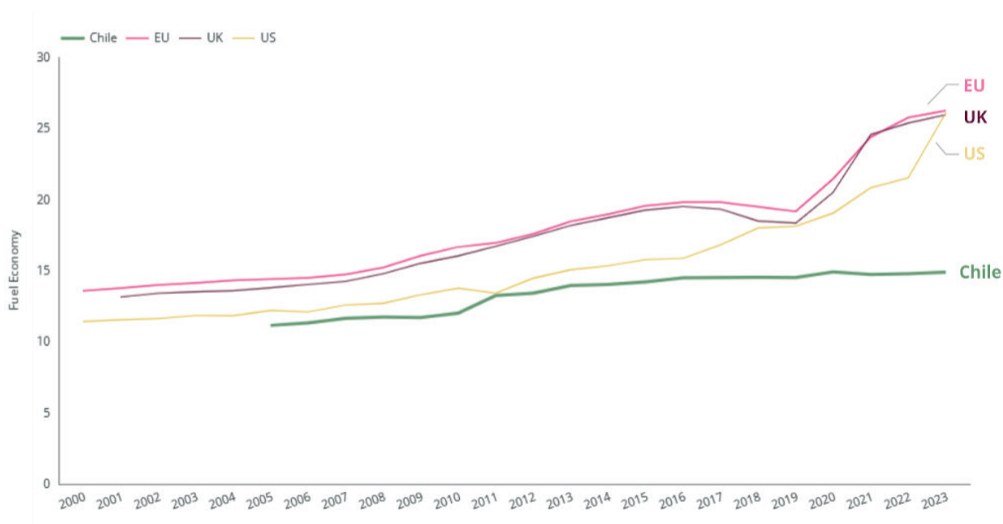


Figura 32. Rendimiento vehicular entre los años 2000 y 2023 en EU, UK, US y Chile, medido en [km/lge].

Marco regulatorio

La Ley 21.305, promulgada en febrero de 2021, establece la obligación del Ministerio de Energía (MEN) de fijar estándares obligatorios de eficiencia energética para vehículos livianos (VL), medianos (VM) y pesados (VP), con plazos máximos de definición a los años 2022, 2024 y 2026 respectivamente. Estos estándares se expresan en rendimiento energético (kilómetros por litro de gasolina equivalente, [km/lge]) y su cumplimiento es responsabilidad de cada uno de los importadores. Una vez publicados en el Diario Oficial, los estándares entran en vigencia en un plazo de 24 meses. Se presenta la **Tabla 17** a continuación a modo de resumen de plazos normativos.

Tabla 17 Plazos normativos según la Ley 21.305 de los estándares vehiculares.

Segmento	Año de Publicación	Año de Entrada en Vigencia
Vehículos Livianos	2022	2024

Segmento	Año de Publicación	Año de Entrada en Vigencia
Vehículos Medianos	2024	2026
Vehículos Pesados	2026	2028

Fuente: Ley 21.305, sobre eficiencia energética.

Respecto a los plazos normativos de VM, el MEN publicó un nuevo informe técnico en 2025. Además estableció que la entrada en vigencia del estándar no será hasta abril del año 2028, retrasando la implementación en dos años.

La Ley también define las entidades responsables de su implementación:

- Fiscalización: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), a través del Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), encargado de medir el rendimiento energético de cada vehículo homologado en su laboratorio.
- Sanciones: Superintendencia de Energía y Combustibles (SEC) del MEN.
- Publicación de resultados: Ministerio de Energía.

Asimismo, fija los montos teóricos de las multas y establece un mecanismo de incentivo que permite ponderar hasta tres veces el rendimiento energético de vehículos enchufables en el cálculo del promedio corporativo de cada importador.

Estándares para vehículos livianos

En febrero de 2022, la Resolución Exenta N° 5 estableció los primeros estándares para VL, aquellos cuyo peso bruto vehicular es inferior a 2,7 toneladas:

- 2024 a 2026: 18,8 [km/lge].
- 2027 a 2029: 22,8 [km/lge].



- Desde 2030: 28,9 [km/lge].

Estos valores se aplican como un estándar referente, el cual es ponderado sobre la flota anual comercializada por cada importador. El valor exigido para cada importador se calcula a partir del estándar referente, ajustado en función de la masa promedio de los vehículos comercializados por ese importador. En la práctica, esto implica que los importadores cuya flota presenta un mayor peso promedio tienen una exigencia levemente menor, mientras que aquellos con vehículos más livianos enfrentan un estándar más estricto.

Respuesta de la industria a la propuesta del estándar para vehículos livianos

Durante la consulta pública se recibieron observaciones de 19 actores, entre ellos 10 importadores y 3 gremios o asociaciones nacionales e internacionales. En general, las opiniones expresaron que la propuesta resultaba excesivamente exigente y carecía de suficiente transparencia en sus cálculos técnicos, planteándose además la necesidad de una implementación gradual que otorgara mayor flexibilidad y permitiera incorporar mecanismos de créditos corporativos. También se señaló la ausencia de incentivos directos a los usuarios finales y la limitada disponibilidad de infraestructura de carga como barreras relevantes para la masificación de vehículos eléctricos. Finalmente, varios actores manifestaron preocupación por el riesgo de un aumento en los precios de venta derivado de las multas en caso de incumplimiento.

Cumplimiento del primer año (2024)

Rendimiento de los distintos importadores

29 importadores de VL fueron regulados en el año 2024 por el estándar de eficiencia. Entre estos, 13 cumplieron (45%) y 16 no cumplieron (55%) con la exigencia. La *Figura 33* muestra, para cada importador, su exigencia (en verde) y el logrado (en naranja).

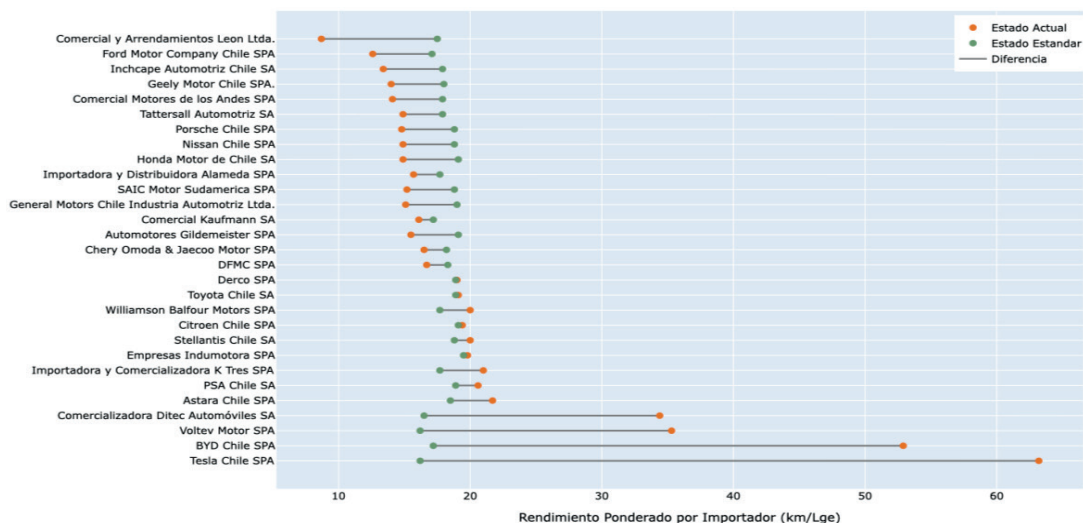


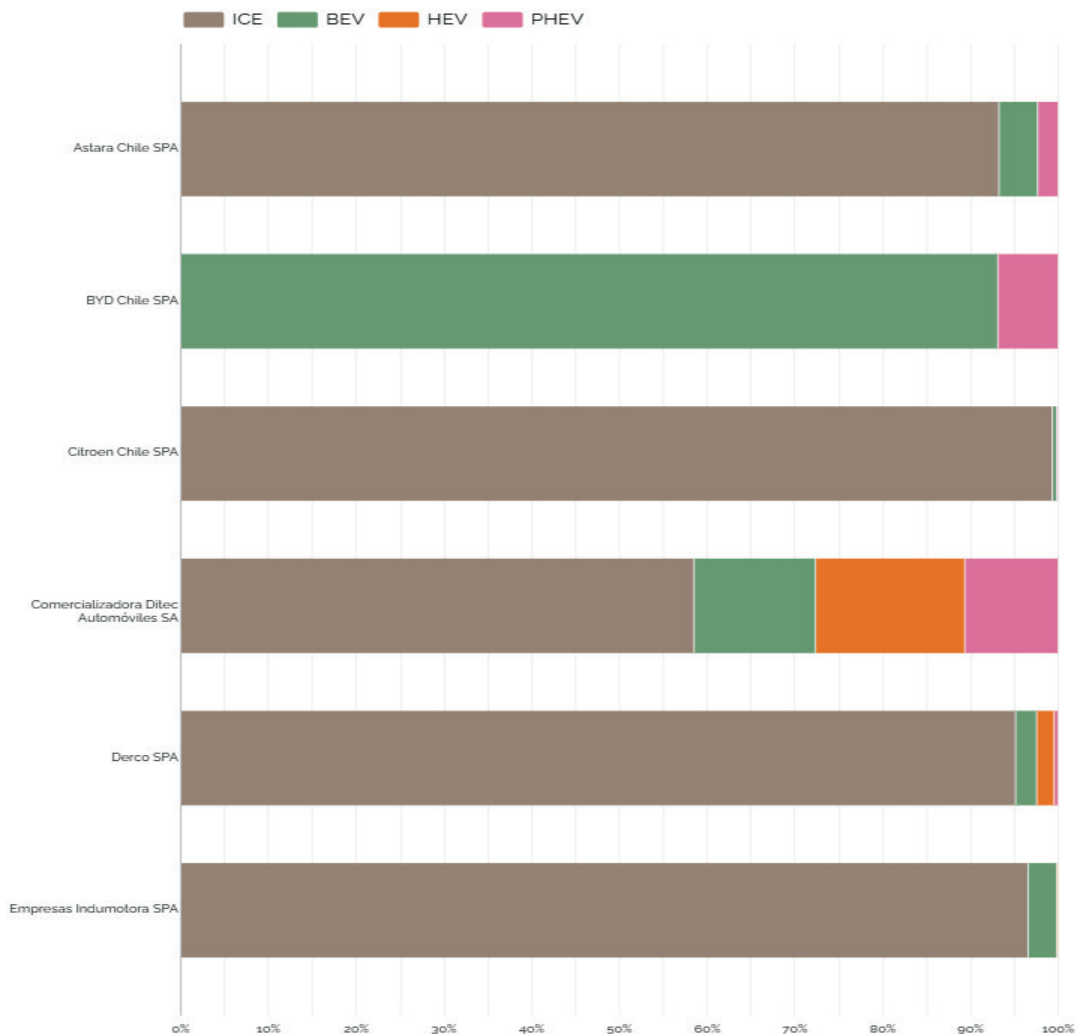
Figura 33 Rendimiento corporativo por importador versus su estándar exigido.

Estrategias de cumplimiento

Analizando los 13 cumplidores, se puede observar que los importadores tuvieron dos estrategias:

- **Foco en ventas de enchufables (BEV y/o PHEV):** realizada por tres importadores. Estos se pueden identificar en la *Figura 34* a continuación gracias al gran porcentaje de ventas BEV, en color verde. El caso se adjudica a BYD Chile SPA, Tesla Chile SPA y Voltev Motor SPA, quienes concentraron sus ventas en vehículos cero emisiones y lograron sobrecumplir con el estándar sin inconvenientes.
- **Foco en ventas de combustión interna:** realizada por diez importadores. De todas maneras, dentro de este grupo existen distintos enfoques. Algunos, como Astara Chile SPA, Ditec SA, Derco SPA y Williamson Balfour Motors SPA, complementaron la venta de ICE con ciertos modelos BEV y PHEV, aprovechando el factor triple de venta para este tipo de vehículos. Otros importadores, como Citroen, PSA Chile y Stellantis Chile SA privilegiaron la venta de ICE con buen rendimiento, acompañado de una baja cantidad de ventas BEV y/o PHEV, siendo esto suficiente para cumplir sus respectivas exigencias anuales de eficiencia. Por último, en el caso de Toyota Chile SPA, se privilegió la venta de vehículos HEV, los cuales presentan un rendimiento mejor en comparación a la contraparte ICE, logrando cumplir la normativa solo con ventas de vehículos con emisiones.





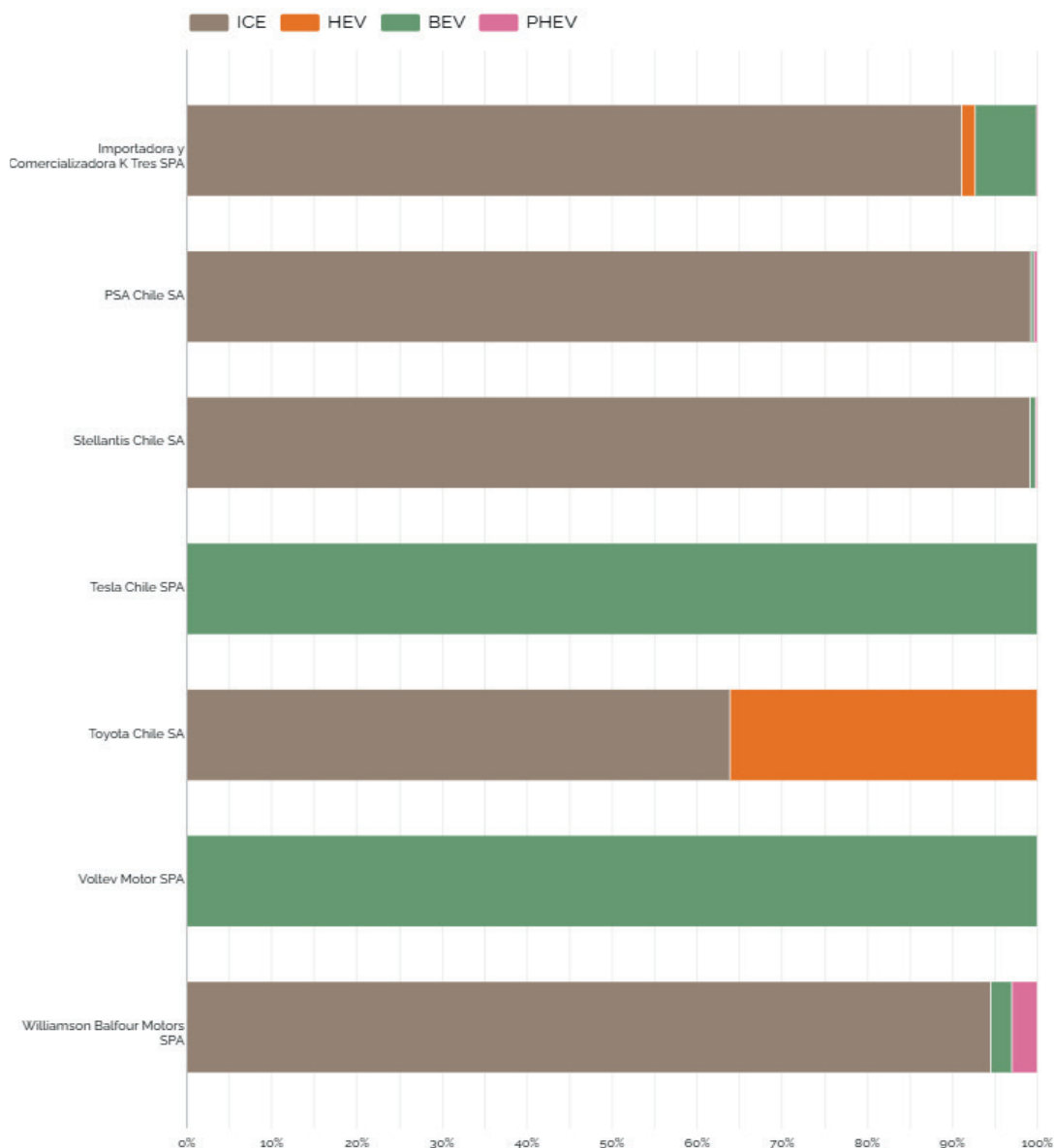


Figura 34. Porcentaje de ventas según tipo de propulsión por cada importador cumplidor.

Resultados

Rendimiento energético

En la **Figura 35** a continuación se observa que una vez iniciada la implementación de los estándares, el rendimiento promedio de los VL homologados aumentó un 29%. Esto es un salto enorme considerando que en diez años, entre 2013 y 2023, el rendimiento creció 3,8 [km/lge] y que en un menos de un año mejoró en 5,2 [km/lge].



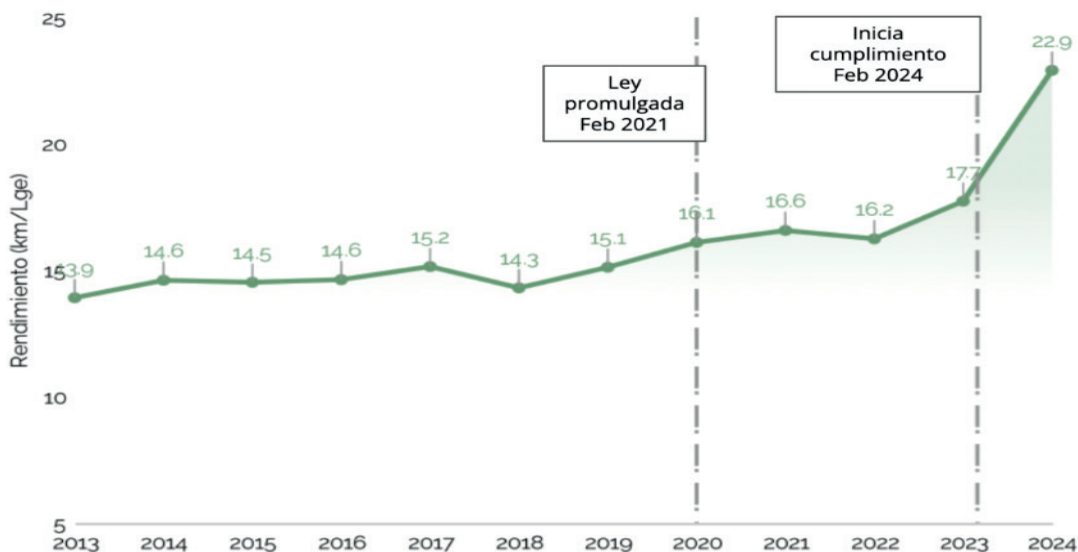


Figura 35. Rendimiento (km/Lge) promedio de los VL homologados por año.

Emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ [g/km] de los VL homologados disminuyeron un 14% en 2024 respecto a 2023. Este logro es casi exclusivamente por los vehículos enchufables, ya que los ICE y HEV no tuvieron variación relevante.

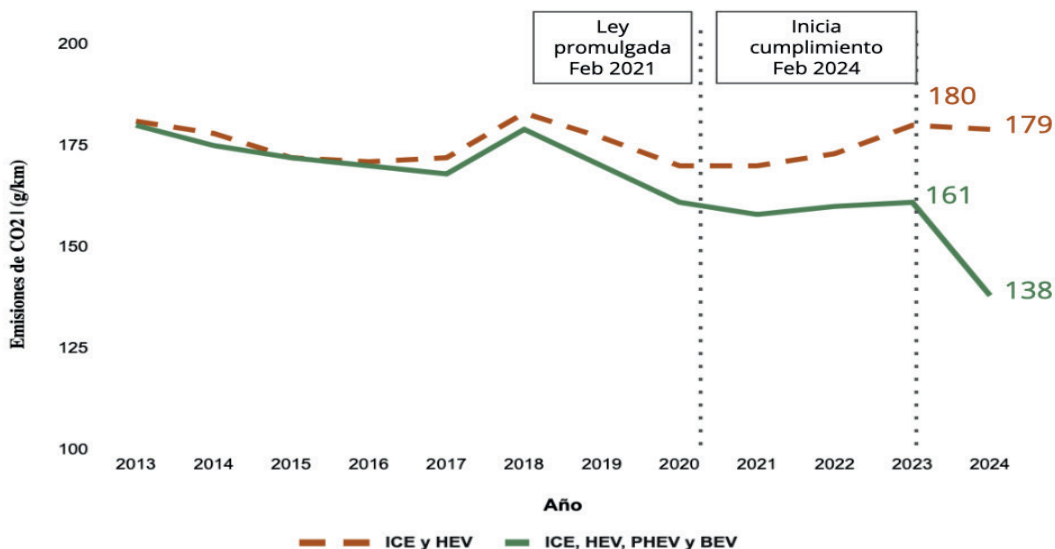


Figura 36. Emisiones de CO₂ (g/km) promedio de los VL homologados por año, de tecnologías contaminantes y todas.

Oferta de vehículos

En 2024, uno de cada cuatro de los modelos comercializados fueron enchufables. Una cuadruplicación si se compara a 2022.

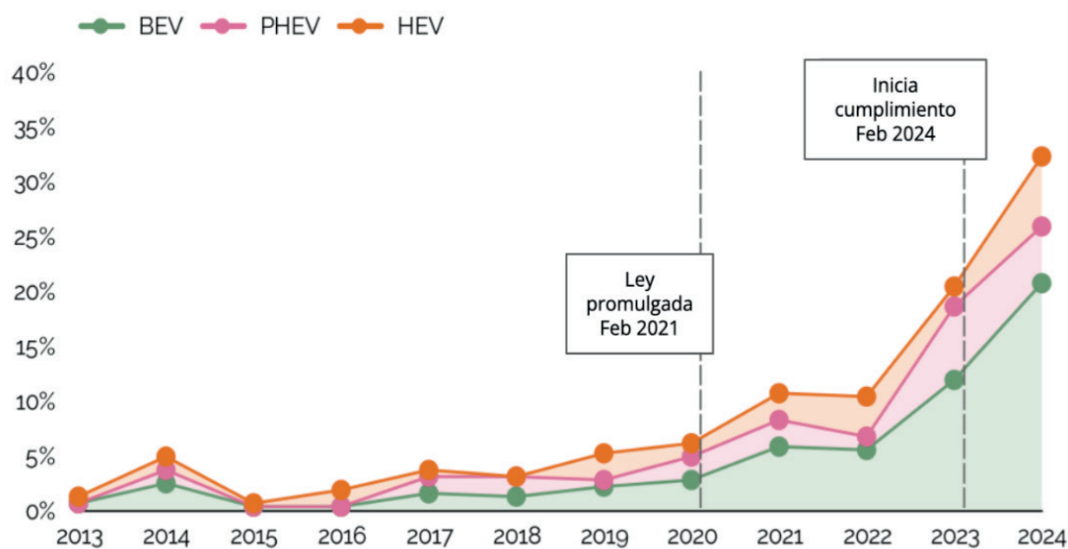


Figura 37. Porcentaje de número de modelos homologados por categoría de propulsión y año.

Ventas de vehículos

Las ventas de vehículos eléctricos enchufables (BEV y PHEV) se multiplicaron por 2,4 veces en el primer año de vigencia, en comparación con 2023. Además, considerando que a junio de 2025 los vehículos enchufables representan el 2,9% de las ventas, esto implica un aumento de 4,3 veces respecto al 0,67% registrado en 2023.



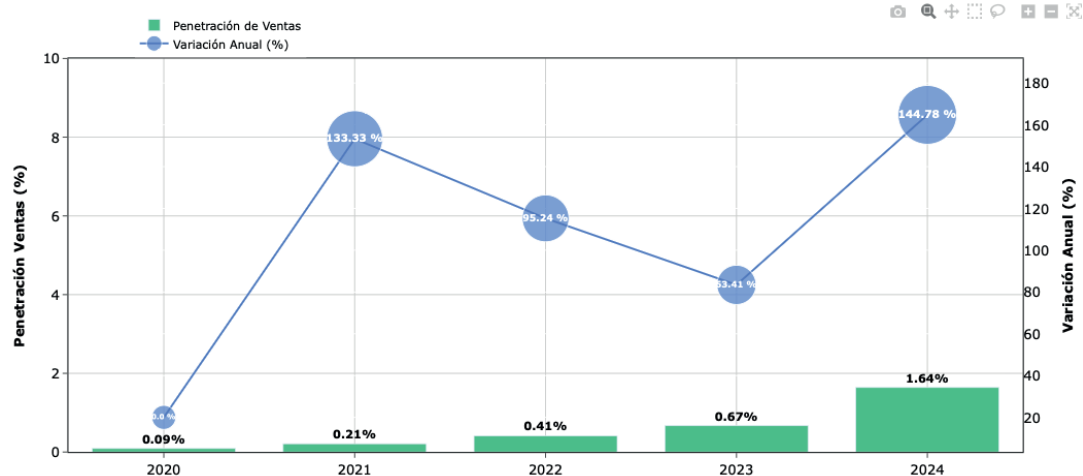


Figura 38. Proporción de ventas de vehículos BEV y PHEV del total de ventas, y su variación porcentual, por año.

Desafíos actuales y futuros

Implementación de estándares para vehículos medianos

La Ley 21.305 estableció un plazo de tres años para la definición de los estándares de VM, que son los vehículos cuyo PBV se encuentra entre 2.700 y 3.860 [kg]. Estos se cumplieron en febrero de 2024, y la publicación del MEN fue en abril de 2024. En este caso se estableció el año 2020 como base de referencia, lo que ha sido criticado por la industria ya que se argumenta que el contexto ha cambiado en el último tiempo y tales valores dejaron de ser representativos. En respuesta a esto, el MEN publicó un segundo informe técnico de estándares en julio de 2025. Lo más grave, visto de la arista de política pública y ambiental, es que se retrasa su inicio oficial de abril 2026 a abril 2028.

Diseño de estándares para vehículos pesados

La correcta definición de estándares de eficiencia energética es el desafío actual para el segmento de VP, que son los vehículos cuyo PBV es mayor a 3.860 [kg]. Esto se debe a que es un segmento con diversas operaciones, pesos y rendimientos, además de ser clave en la logística nacional, especialmente en un país exportador de bienes en el que éstos se transportan en camiones hacia los puertos marítimos.

Por otro lado, la habilitación y el éxito de la regulación de estándares en VL y VM se ha logrado gracias a que el 3CV del MTT cuenta con un laboratorio capaz de medir el rendimiento energético y las emisiones de los vehículos. Sin embargo, esto no es el caso para VP, y elaborar un sitio adecuado significa una elevada inversión.

Finalmente, existe un rechazo por parte de la industria, argumentando que este segmento, a diferencia de los VL y VM, se autorregula en su eficiencia energética. Este comentario nace al tener en cuenta que las empresas transportistas compiten por precio en los contratos de carga, y que el ganador, en teoría, debiese tener el rendimiento energético más elevado. Esto permitiría disminuir el valor del contrato, considerando que el costo de combustible es el principal costo de operación para el caso de los VP.

Siguientes pasos para vehículos livianos

La vigencia del estándar de rendimiento para vehículos livianos está en su primera etapa, por lo que se espera una mayor exigencia en los siguientes tramos; desde 2027 y desde 2030. Es con esto en consideración que se plantea mantener el monitoreo de la eficiencia vehicular, contribuyendo al correcto cumplimiento normativo en los años por venir. Se prevé un mayor cumplimiento a corto plazo, una vez los importadores no cumplidores conozcan el valor de la multa a pagar.

Además, en el mediano plazo debiera disminuir el factor de venta de PHEV para el cumplimiento del estándar. Se ha comprobado que los usuarios de PHEV sustentan el uso mayoritariamente en el tramo de combustión interna de sus vehículos, por lo que la eficiencia energética de estos es más baja que lo planteado de manera teórica.



Anexos

Tablas para generación de gráficos

Tabla 18. Gráfico de Rendimiento Vehicular

Año	Chile	EU	UK	US
2000	-	13,6 [km/lge]	-	11,4 [km/lge]
2001	-	13,7 [km/lge]	13,1 [km/lge]	11,6 [km/lge]
2002	-	14,0 [km/lge]	13,4 [km/lge]	11,6 [km/lge]
2003	-	14,1 [km/lge]	13,5 [km/lge]	11,9 [km/lge]
2004	-	14,3 [km/lge]	13,6 [km/lge]	11,8 [km/lge]
2005	11,1 [km/lge]	14,4 [km/lge]	13,8 [km/lge]	12,2 [km/lge]
2006	11,3 [km/lge]	14,5 [km/lge]	14,0 [km/lge]	12,1 [km/lge]
2007	11,6 [km/lge]	14,7 [km/lge]	14,2 [km/lge]	12,6 [km/lge]
2008	11,7 [km/lge]	15,2 [km/lge]	14,8 [km/lge]	12,7 [km/lge]
2009	11,7 [km/lge]	16,0 [km/lge]	15,5 [km/lge]	13,3 [km/lge]
2010	12,0 [km/lge]	16,7 [km/lge]	16,0 [km/lge]	13,7 [km/lge]
2011	13,2 [km/lge]	16,9 [km/lge]	16,7 [km/lge]	13,4 [km/lge]
2012	13,4 [km/lge]	17,6 [km/lge]	17,4 [km/lge]	14,4 [km/lge]
2013	14,0 [km/lge]	18,4 [km/lge]	18,1 [km/lge]	15,1 [km/lge]
2014	14,0 [km/lge]	19,0 [km/lge]	18,7 [km/lge]	15,4 [km/lge]
2015	14,2 [km/lge]	19,5 [km/lge]	19,3 [km/lge]	15,8 [km/lge]
2016	14,5 [km/lge]	19,5 [km/lge]	19,5 [km/lge]	15,9 [km/lge]
2017	14,5 [km/lge]	19,5 [km/lge]	19,3 [km/lge]	16,8 [km/lge]
2018	14,5 [km/lge]	19,0 [km/lge]	18,4 [km/lge]	18,0 [km/lge]

Año	Chile	EU	UK	US
2019	14,5 [km/lge]	19,2 [km/lge]	18,3 [km/lge]	18,1 [km/lge]
2020	14,9 [km/lge]	21,4 [km/lge]	20,5 [km/lge]	19,0 [km/lge]
2021	14,7 [km/lge]	24,3 [km/lge]	24,6 [km/lge]	20,9 [km/lge]
2022	14,8 [km/lge]	25,7 [km/lge]	25,4 [km/lge]	21,4 [km/lge]
2023	14,9 [km/lge]	26,3 [km/lge]	26,0 [km/lge]	26,0 [km/lge]

Tabla 19. Gráfico de Rendimiento por Importador

Importador	Rendimiento Objetivo	Rendimiento
Comercial y Arrendamientos Leon LTDA	17,5 [km/lge]	8,7 [km/lge]
Ford Motor Company Chile SPA	17,1 [km/lge]	12,6 [km/lge]
Inchcape Automotriz Chile SA	17,9 [km/lge]	13,4 [km/lge]
Geely Motor Chile SPA	18,0 [km/lge]	14,0 [km/lge]
Comercial Motores de Los Andes SPA	17,9 [km/lge]	14,1 [km/lge]
Tattersall Automotriz SA	17,9 [km/lge]	14,9 [km/lge]
Porsche Chile SPA	18,8 [km/lge]	14,8 [km/lge]
Nissan Chile SPA	18,8 [km/lge]	14,9 [km/lge]
Honda Motor de Chile SA	19,1 [km/lge]	14,9 [km/lge]
Importadora y Distribuidora Alameda SPA	17,7 [km/lge]	15,7 [km/lge]
SAIC Motor Sudamérica SPA	18,8 [km/lge]	15,2 [km/lge]
General Motors Chile Industria Automotriz LTDA	19,0 [km/lge]	15,1 [km/lge]
Comercial Kaufmann SA	17,2 [km/lge]	16,1 [km/lge]
Automotores Gildemeister SPA	19,1 [km/lge]	15,5 [km/lge]



Importador	Rendimiento Objetivo	Rendimiento
Chery Omoda & Jaecoo Motor SPA	18,2 [km/lge]	16,5 [km/lge]
DFMC SPA	18,3 [km/lge]	16,7 [km/lge]
Derco SPA	18,9 [km/lge]	19,0 [km/lge]
Toyota Chile SA	18,9 [km/lge]	19,1 [km/lge]
Williamson Balfour Motors SPA	17,7 [km/lge]	20,0 [km/lge]
Citroen Chile SPA	19,1 [km/lge]	19,4 [km/lge]
Stellantis Chile SA	18,8 [km/lge]	20,0 [km/lge]
Empresas Indumotora SPA	19,5 [km/lge]	19,8 [km/lge]
Importadora y Comercializadora K Tres SPA	17,7 [km/lge]	21 [km/lge]
PSA Chile SA	18,9 [km/lge]	20,6 [km/lge]
Astara Chile SPA	18,5 [km/lge]	21,7 [km/lge]
Comercializadora Ditec Automóviles SA	16,5 [km/lge]	34,4 [km/lge]
Voltev Motor SPA	16,2 [km/lge]	35,3 [km/lge]
BYD Chile SPA	17,2 [km/lge]	52,9 [km/lge]
Tesla Chile SPA	16,2 [km/lge]	63,2 [km/lge]

Tabla 20 Gráfico de Porcentaje de Ventas según tipo de Vehículo

Importador	Categoría	Ventas
Astara Chile SPA	BEV	724
Astara Chile SPA	ICE	15.347
Astara Chile SPA	PHEV	389

Importador	Categoría	Ventas
BYD Chile SPA	BEV	27
BYD Chile SPA	PHEV	2
Citroen Chile SPA	BEV	27
Citroen Chile SPA	ICE	5.425
Citroen Chile SPA	PHEV	10
Comercializadora Ditec Automóviles SA	ICE	148
Comercializadora Ditec Automóviles SA	BEV	35
Comercializadora Ditec Automóviles SA	HEV	43
Comercializadora Ditec Automóviles SA	PHEV	27
Derco SPA	BEV	1.132
Derco SPA	PHEV	226
Derco SPA	HEV	939
Derco SPA	ICE	44.837
Empresas Indumotora SPA	BEV	467
Empresas Indumotora SPA	ICE	13.726
Empresas Indumotora SPA	HEV	25
Importadora y Comercializadora K Tres SPA	ICE	2.240
Importadora y Comercializadora K Tres SPA	PHEV	2
Importadora y Comercializadora K Tres SPA	HEV	39
Importadora y Comercializadora K Tres SPA	BEV	178
PSA Chile SA	ICE	6.293
PSA Chile SA	PHEV	26



Importador	Categoría	Ventas
PSA Chile SA	BEV	22
Stellantis Chile SA	PHEV	17
Stellantis Chile SA	BEV	49
Stellantis Chile SA	ICE	7,612
Tesla Chile SPA	BEV	936
Toyota Chile SA	ICE	7.377
Toyota Chile SA	HEV	4.175
Voltev Motor SPA	BEV	1
Williamson Balfour Motors SPA	BEV	14
Williamson Balfour Motors SPA	PHEV	17
Williamson Balfour Motors SPA	ICE	535

Tabla 21 Gráfico de Rendimiento Promedio de VL Homologados por Año en Chile

Año	Rendimiento Promedio de VL
2013	13,9 [km/lge]
2014	14,6 [km/lge]
2015	14,5 [km/lge]
2016	14,6 [km/lge]
2017	15,2 [km/lge]
2018	14,3 [km/lge]
2019	15,1 [km/lge]
2020	16,1 [km/lge]

Año	Rendimiento Promedio de VL
2021	16,6 [km/lge]
2022	16,2 [km/lge]
2023	17,7 [km/lge]
2024	22,9 [km/lge]

Tabla 22. Gráfico de Emisiones CO₂ Promedio de VL Homologados por Año en Chile

Año	Emisiones ICE, HEV, PHEV y BEV	Emisiones ICE y PHEV
2013	180 [gCO ₂ /km]	181 [gCO ₂ /km]
2014	175 [gCO ₂ /km]	178 [gCO ₂ /km]
2015	172 [gCO ₂ /km]	172 [gCO ₂ /km]
2016	170 [gCO ₂ /km]	171 [gCO ₂ /km]
2017	168 [gCO ₂ /km]	172 [gCO ₂ /km]
2018	179 [gCO ₂ /km]	183 [gCO ₂ /km]
2019	170 [gCO ₂ /km]	177 [gCO ₂ /km]
2020	161 [gCO ₂ /km]	170 [gCO ₂ /km]
2021	158 [gCO ₂ /km]	170 [gCO ₂ /km]
2022	160 [gCO ₂ /km]	173 [gCO ₂ /km]
2023	161 [gCO ₂ /km]	180 [gCO ₂ /km]
2024	138 [gCO ₂ /km]	179 [gCO ₂ /km]



Tabla 23. Gráfico de Porcentaje de Modelos por Tipo de Vehículo

Año	Porcentaje BEV	Porcentaje PHEV	Porcentaje HEV
2013	0,61%	0,00%	0,61%
2014	2,43%	1,22%	1,22%
2015	0,30%	0,00%	0,30%
2016	0,30%	0,00%	1,52%
2017	1,52%	1,52%	0,61%
2018	1,22%	1,82%	0,00%
2019	2,13%	0,61%	2,43%
2020	2,74%	2,14%	1,22%
2021	5,78%	2,43%	2,43%
2022	5,47%	1,22%	3,65%
2023	11,85%	6,69%	1,82%
2024	20,67%	5,17%	6,38%

Tabla 24. Gráfico de Variación de Ventas Vehículos Cero Emisiones por Año en Chile

Año	Penetración Ventas	Variación Anual
2020	0,09%	0,00%
2021	0,21%	133,33%
2022	0,41%	95,24%
2023	0,67%	63,41%
2024	1,64%	144,78%



Regulaciones del lado de la oferta (SSR) para acelerar la adopción de vehículos eléctricos en América Latina

Uno de los mecanismos fundamentales para orientar el mercado de vehículos hacia una mayor eficiencia energética es la aplicación de regulaciones del lado de la oferta (Supply Side Regulations, SSR). Este capítulo, elaborado por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés), expone dos de los instrumentos más extendidos en este ámbito: 1) requisitos de ventas de vehículos eléctricos, y 2) estándares mínimos de desempeño que obligan a que, en promedio, los vehículos nuevos cumplan con criterios de eficiencia energética o emisiones de CO₂. En América Latina, el ICCT, junto con organizaciones como GIZ y UNEP, ha brindado apoyo técnico a los gobiernos para la adopción de regulaciones de este tipo.

En Chile, particularmente, se implementó el estándar de eficiencia energética para vehículos livianos. El capítulo anterior, desarrollado por el Centro de Movilidad Sostenible, presenta un resumen del diseño regulatorio y los resultados obtenidos con la normativa chilena.

Para lograr una transición ágil hacia los vehículos eléctricos (EV), es fundamental implementar una combinación de políticas que garanticen su amplia disponibilidad, asequibilidad, y facilidad tanto para su adquisición como para su uso cotidiano. En las primeras etapas de esta transición, los gobiernos de América Latina han recurrido principalmente a políticas fiscales que incentivan la compra de vehículos eléctricos. Además, algunos países han creado estrategias que fomentan la infraestructura de carga y han implementado políticas industriales orientadas a impulsar el desarrollo de cadenas de suministro y manufactura local de EV.

Los principales mercados de EV a nivel mundial han impulsado la transición hacia los vehículos eléctricos mediante regulaciones del lado de



la oferta (SSR- Supply Side Regulation, por sus siglas en inglés), que establecen requisitos para los tipos de vehículos que pueden venderse en un país con el fin de fomentar el cambio hacia vehículos más eficientes y eléctricos. Estas regulaciones se presentan principalmente de dos formas: por un lado, estableciendo requisitos para la venta de VE, que exigen a los fabricantes que vendan un determinado porcentaje de vehículos eléctricos cada año, por otro lado, mediante normas basadas en el rendimiento, que exigen que los vehículos nuevos cumplan con metas promedio de eficiencia energética y reducción de emisiones de CO₂. En ambos casos, los fabricantes que no cumplan con los objetivos de estas regulaciones tendrán que pagar una multa o asumir otras sanciones. Estas políticas hacen que la transición hacia los vehículos eléctricos sea una parte fundamental del modelo de negocio de las compañías automotrices y ofrecen claridad respecto al ritmo de esta transición, permitiendo que todas las partes involucradas coordinen sus planes de manera conjunta.

Este capítulo resume los componentes clave de los dos tipos principales de las SSR, incluyendo que gobiernos las han adoptado, proporcionando ejemplos de sus beneficios y describiendo los pasos para adoptarlas como parte de la transición hacia la movilidad eléctrica. Aunque este capítulo se centrará en los automóviles, que representan la mayor parte del consumo de combustible y las emisiones, este tipo de políticas también pueden aplicarse a otros tipos de vehículos, como camiones, autobuses y motocicletas.

Tipos de regulaciones SSR

Las regulaciones del lado de la oferta para los vehículos eléctricos pueden adoptar dos formas básicas: i) estableciendo requisitos en la venta de vehículos eléctricos y ii) en normas basadas en el rendimiento. Ambas han demostrado su eficacia para aumentar las ventas de vehículos eléctricos, reducir las emisiones y apoyar el crecimiento de las cadenas de suministro de estos vehículos. Aunque, difieren en la forma en que los fabricantes cumplen con ellas y en la complejidad que implica su diseño y su aplicación. Estas dos medidas también pueden aplicarse de forma combinada - como ocurre en China y el Reino Unido -, aunque esto aumenta la complejidad de la política.

Estándares basados en rendimiento

Las normas basadas en el rendimiento exigen a los fabricantes que vendan vehículos más eficientes y menos contaminantes, especificando los objetivos que cada fabricante de automóviles debe cumplir. Estos pueden medirse en términos de emisiones (gramos de CO_2 por kilómetro), eficiencia de combustible (kilómetros por litro [km/L]) o consumo de combustible (litros por 100 kilómetros [L/100km]). Aunque las métricas varían, todas tienen efectos similares en el mercado de vehículos porque las emisiones de CO_2 guardan una relación directa con la cantidad de combustible consumido, y las normas pueden compararse directamente incluso si tienen métricas diferentes.

Este tipo de norma es tecnológicamente neutra, lo que permite que los fabricantes pueden utilizar una combinación de estrategias para cumplirla: pueden aumentar la eficiencia de los motores de combustión interna (ICE – Internal Combustion Engine, por sus siglas en inglés), vender vehículos híbridos, vender vehículos eléctricos, o aplicar una combinación de estrategias. Sin embargo, dado que los vehículos eléctricos son mucho más eficientes que los híbridos y no generan emisiones por el tubo de escape, son una opción atractiva para cumplir la norma, e incluso como una opción que podría emplearse si las normas son lo suficientemente estrictas.

Es importante destacar que estos objetivos no son requisitos para todos los vehículos vendidos, sino para el promedio global de la flota de cada empresa. Esto significa que las empresas pueden vender una variedad de vehículos para adaptarse a las preferencias de los consumidores. Así los vehículos menos eficientes, como los SUV y las camionetas pick-up de gasolina sin tecnologías avanzadas, pueden compensarse con opciones más eficientes, como los vehículos eléctricos.

Además, es preciso tener en cuenta que las normas basadas en el rendimiento tienen una larga historia. Estas se han aplicado desde los años 70 hasta los 2000, incluso antes de que existieran los vehículos eléctricos modernos, decenas de países de todo el mundo regulaban el consumo de combustible de los vehículos para alcanzar objetivos medioambientales, económicos y de seguridad energética. La disponibilidad actual de vehículos eléctricos ha permitido a los gobiernos establecer normas más estrictas que se acercan a los 0 g CO_2 /km. En la Figura 40 se muestran todas las normas adoptadas basadas en el rendimiento (línea discontinua) y las propuestas (línea punteada) para los automóviles a nivel mundial.



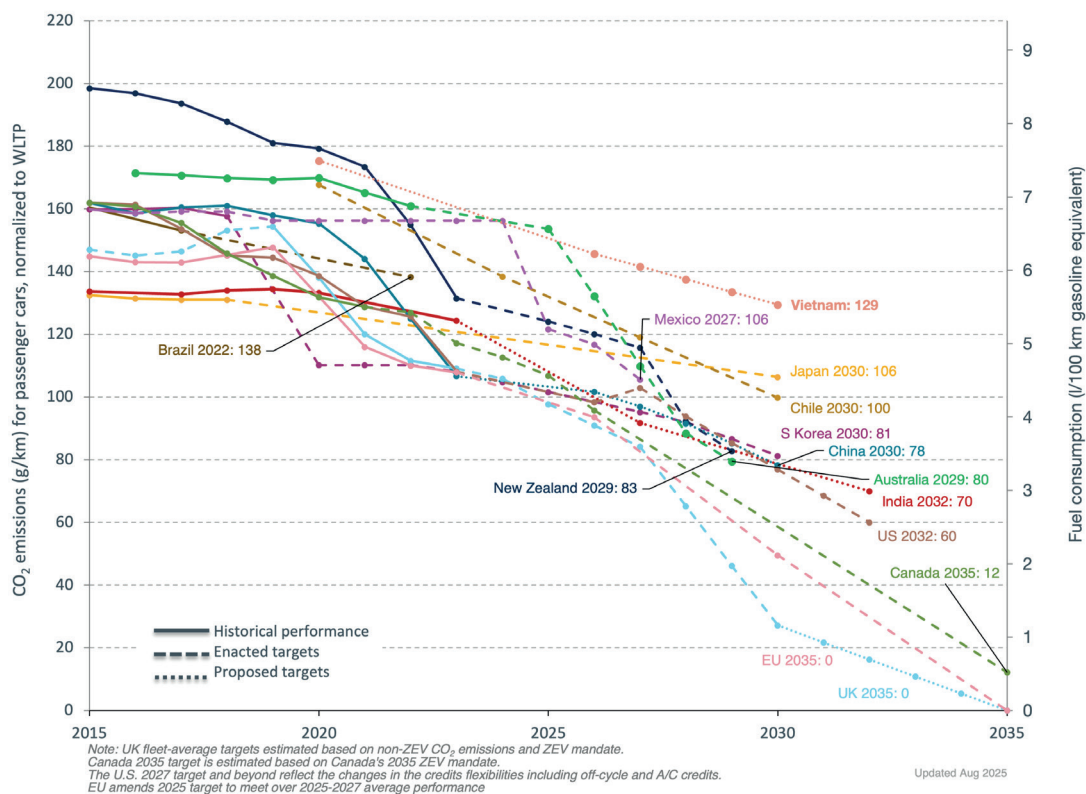


Figura 40 Comparación de normas basadas en el rendimiento para automóviles, normalizadas según el Procedimiento Mundial Armonizado de Pruebas de Vehículos Ligeros (WLTP.)

Requisitos para la venta de vehículos eléctricos

Los requisitos de ventas de vehículos eléctricos establecen objetivos para el porcentaje de ventas de vehículos nuevos de un fabricante que deben ser eléctricos en un año determinado. Los requisitos de ventas de vehículos de cero emisiones (ZEV) se aplican generalmente a través de un sistema de créditos. Cada año, los fabricantes tienen un requisito de créditos proporcional a su volumen total de ventas de vehículos.

Los fabricantes obtienen créditos principalmente mediante la venta de vehículos eléctricos; los vehículos convencionales más eficientes, como los híbridos convencionales (no enchufables), no se tienen en cuenta porque toda su energía proviene de la combustión de combustibles líquidos.⁸⁹ En la mayoría de los casos, estos créditos pueden negociarse entre

⁸⁹ En algunas normativas, los PHEV pueden obtener créditos parciales o contar para una parte limitada del requisito de vehículos eléctricos. En California y Canadá, por ejemplo,

los fabricantes o, si estos superan el objetivo de ventas de vehículos eléctricos, ahorrarse para su uso en años futuros.

Los requisitos de venta de vehículos eléctricos son un tipo de política más reciente que las normas basadas en el rendimiento, pero han sido una herramienta crucial para desarrollar el mercado de los vehículos eléctricos en mercados líderes como California, China y el Reino Unido. La figura 41 compara los requisitos de venta de vehículos eléctricos adoptados (línea continua), propuestos (rayas largas) o adoptados pero bajo litigio (rayas cortas) alrededor del mundo. China no aparece porque sus objetivos de crédito anuales son más complejos de vincular con las proyecciones de ventas de vehículos de cero emisiones (ZEV- Zero Emission Vehicle, por sus siglas en inglés).

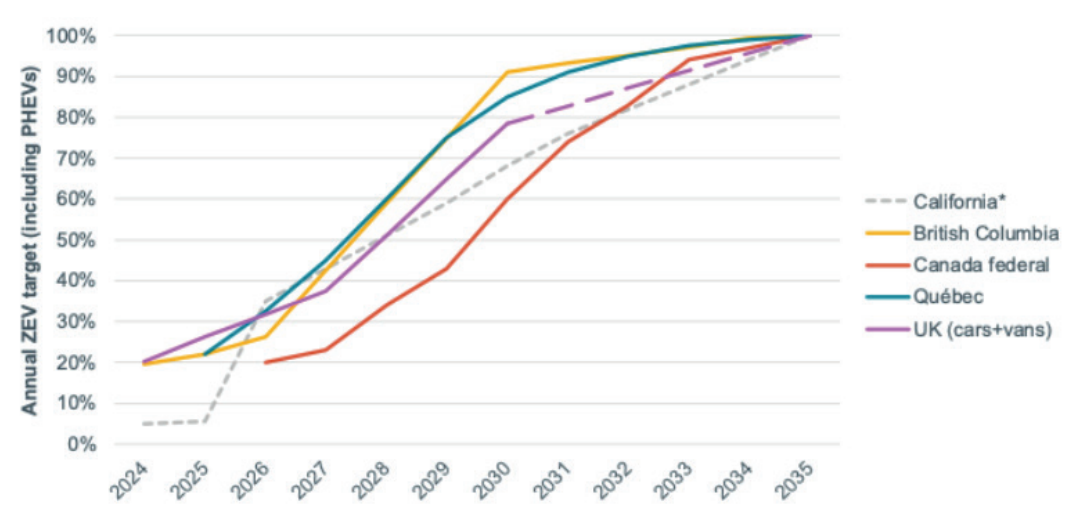


Figura 41 Comparación de los requisitos de venta de vehículos de cero emisiones en California, Canadá y el Reino Unido

Una ventaja de los requisitos de venta de vehículos eléctricos es que son mucho más sencillos de diseñar, supervisar y aplicar en comparación con las normas de consumo de combustible. Para diseñar un requisito de venta de vehículos eléctricos, el gobierno no necesita tener en cuenta la rentabilidad y la viabilidad de las mejoras incrementales en la eficiencia de los motores de combustión interna. Para supervisar el cumplimiento, los reguladores solo necesitan conocer el número de vehículos de cero emisiones que vende un fabricante cada año, en lugar de revisar las especificaciones técnicas de cada vehículo. Esto hace que estas regulaciones sean especialmente atractivas para las jurisdicciones subnacionales que, históricamente no han contado con normas sobre las emisiones de

los PHEV pueden contar hasta un 20 % del requisito de vehículos eléctricos cada año.



los vehículos livianos, así como para los vehículos pesados, que son más difíciles de someter a pruebas.

Comparación de las opciones de regulación del lado de la oferta

La siguiente tabla resume las principales características de las normas basadas en el rendimiento y los requisitos de ventas de vehículos de cero emisiones (ZEV, por sus siglas en inglés), permitiendo identificar su implementación, mecanismos de cumplimiento, el grado de certidumbre exigido y proporcionado al sector, así como las regiones en el mundo donde se aplican estos enfoques regulatorios.

Tabla 25. Características clave de las normas basadas en el rendimiento y los requisitos de ventas de vehículos de cero emisiones (ZEV)

	Estándares basados en rendimiento	Requisito de ventas de ZEV	Combinación
Métrica	Consumo medio de combustible (por ejemplo, L/100 km) o emisiones de CO2 (g CO2/km) de los vehículos nuevos vendidos	Porcentaje de vehículos nuevos vendidos que son ZEV	Porcentaje de vehículos nuevos vendidos que son ZEV, más normas de consumo de combustible o de CO2 para vehículos no ZEV o para toda la flota
Maneras de cumplir	Vehículos con motor de combustión interna más eficientes, híbridos y aumento de las ventas de ZEV	Aumento de la cuota de ventas de ZEV, incluyendo posiblemente un número limitado de vehículos híbridos enchufables (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle, por sus siglas en inglés)	Aumento de las ventas de ZEV y vehículos ICE más eficientes (incluidos los híbridos).
Certificación requerida	Vehículos ligeros: Pruebas y homologación de cada variante de modelo Vehículos pesados: Combinación de pruebas de vehículos/componentes y simulación	Solo tren motriz ; los PHEV pueden requerir una certificación de emisiones o autonomía por modelo	Vehículos ligeros: Pruebas y homologación de cada variante de modelo Vehículos pesados: Combinación de pruebas y simulación de vehículos/componentes
Normalmente implementado por	Gobiernos nacionales	Gobiernos nacionales o estatales/regionales	Gobiernos nacionales

	Estándares basados en rendimiento	Requisito de ventas de ZEV	Combinación
Certidumbre para las cadenas de suministro y la infraestructura de ZEV	Moderada	Alta	Alta
Certidumbre de cumplir los objetivos de ZEV	Moderada	Alta	Alta
Fomenta mejoras en la eficiencia de los vehículos con motor de combustión interna (ICE)	Sí	No	Sí
Puede permitir el intercambio entre fabricantes	Sí	Sí	Sí
Recursos administrativos	Moderados (automóviles) hasta altos (vehículos pesados)	Bajos	Altos
Regiones con políticas vigentes para los automóviles de pasajeros	Australia, Brasil, Canadá, Chile, Unión Europea, India, Japón, México, Nueva Zelanda, Corea del Sur, Estados Unidos	California y otros 17 estados de EE. UU., Canadá, Región de la Capital Nacional de la India	China, Reino Unido
Regiones con políticas vigentes para vehículos pesados	China, India, Japón, Unión Europea, Estados Unidos	California y otros 10 estados de EE. UU., Unión Europea (autobuses de tránsito)	

Fuente: Elaboración propia

Elementos clave a considerar para el diseño de las SSR

Tanto para los requisitos de ventas de vehículos eléctricos como para las normas basadas en el rendimiento, hay varios elementos que deben incluirse en un SSR.

1. Metas. Establecer los objetivos para las SSR, idealmente con periodicidad anual para garantizar un progreso constante, en lugar de intervalos de tres o cinco años. Es importante que estos objetivos estén ali-



neados con los objetivos a largo plazo en materia de vehículos eléctricos y descarbonización, incluidas las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs, por sus siglas en inglés), tanto de los marcos regulatorios como de las políticas públicas de los países en donde se formulen e implementen.

En el caso de las normas basadas en el rendimiento, es importante que los objetivos sean lo suficientemente estrictos para impulsar la adopción de los vehículos eléctricos. Además, estas regulaciones deben fomentar los beneficios incrementales en materia de eficiencia entre los vehículos no eléctricos, que pueden aumentar anualmente alrededor de un 3 %.

La elección del ciclo de prueba también influye en el grado en que se manifiestan los ahorros de combustible en el mundo real. En este sentido, el diseño de objetivos basados en el Procedimiento Mundial Armonizado de Pruebas de Vehículos Ligeros (WLTP) o el FTP-75, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, probablemente logrará mayores beneficios en condiciones reales que el obsoleto Nuevo Ciclo de Conducción Europeo (NEDC, por sus siglas en inglés).

2. Sistema de créditos. Las normas suelen aplicarse mediante un sistema de créditos, en virtud del cual los fabricantes acumulan créditos en función de los tipos de vehículos que venden y deben disponer de un número determinado de créditos al cierre de cada período de cumplimiento (por ejemplo, año calendario o año del modelo).

Para los requisitos de venta de los vehículos eléctricos, la mayoría de las normas otorgan un crédito por cada vehículo eléctrico vendido. Algunos sistemas otorgan créditos parciales a los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV, por sus siglas en inglés) y otros otorgan créditos según una escala progresiva en función de la autonomía del vehículo u otros parámetros.

En el caso de las normas basadas en el rendimiento, los créditos se otorgan en función de las emisiones o el consumo de combustible del vehículo. Por lo tanto, el objetivo de muchos sistemas es mantenerse por debajo de un determinado nivel de créditos. Algunas normas basadas en el rendimiento ofrecen “super créditos” o multiplicadores a los vehículos eléctricos en las primeras etapas en las que la SSR regulan el mercado y en las que los vehículos eléctricos se cuentan varias veces en el promedio de unidades vendidas de la flota para que su comercialización resulte

más atractiva. Esto puede acelerar las ventas de vehículos eléctricos en las primeras etapas del mercado de estas tecnologías, pero resultará en menores reducciones de emisiones para un mismo objetivo. Por esta razón, la mayoría de las normas basadas en el rendimiento han eliminado gradualmente los super créditos a medida que se ha desarrollado el mercado de los vehículos eléctricos.

3. Comercio de créditos. La mayoría de las SSR permiten que los créditos se comercialicen entre fabricantes a un precio determinado por el mercado. Esto ofrece una vía alternativa para cumplir con la normativa y evitar sanciones a los fabricantes por parte del ente regulador responsable, de forma que les concede más tiempo para pasar a los vehículos eléctricos; estas transacciones también pueden suponer una fuente importante de ingresos para los fabricantes que reduzcan sus emisiones por encima del mínimo exigido.

4. Seguimiento y cumplimiento. Para que la SSR tenga éxito, es necesario realizar un seguimiento de las ventas de los fabricantes cada año. Estos datos deben publicarse para promover la transparencia y brindar a los fabricantes la oportunidad de corregir cualquier error. En muchos casos, los datos pueden obtenerse a través de canales existentes, como los registros de matriculación de vehículos y los registros fiscales.

Los requisitos de ventas de vehículos eléctricos son más fáciles de administrar porque se necesita menos información (solamente el sistema de propulsión del vehículo y la autonomía eléctrica potencial). Las normas basadas en el rendimiento requieren pruebas de emisiones y consumo de combustible para cada variante de modelo. En el caso de los vehículos pesados, los gobiernos a veces recurren a la simulación debido al mayor número de variantes y al alto costo que supone realizar pruebas con vehículos de gran tamaño.

5. Sanciones. Para que las SSR generen confianza en el crecimiento del mercado de ZEV, deben ser vinculantes. En casi todas las SSR a nivel mundial, esto se aplica mediante multas impuestas a los fabricantes que no alcanzan sus objetivos, con montos proporcionales al número de vehículos vendidos y a la diferencia entre la meta y el rendimiento del fabricante.

El nivel óptimo de una penalización se determina por varios factores. En primer lugar, debe considerar el coste del impacto adicional en la contaminación climática y atmosférica, como resultado de la venta de vehículos con motores de combustión interna más contaminantes. En segundo



lugar, las penalizaciones deben ser lo suficientemente altas para que los fabricantes no se sientan tentados a simplemente pagar las multas, en lugar de realizar las inversiones necesarias para cumplir con la normativa. Por último, si una normativa permite la transacción de créditos, la multa actúa como un techo para el precio al que se pueden negociar los créditos, influyendo en cuánto se incentiva a los fabricantes a invertir en vehículos eléctricos y a liderar la transición.

Beneficios de SSR

Al establecer requisitos para vender vehículos más limpios o enfrentarse a sanciones, las SSR animan a los fabricantes a competir para cambiar a vehículos eléctricos y reducen la carga a los gobiernos para ofrecer incentivos y otras políticas orientadas a la demanda. Además, las SSR tienen un historial probado de beneficios ambientales y económicos. Algunos de ellos son:

1. Aumentan las ventas de vehículos eléctricos y la disponibilidad de modelos. Los 15 mercados de vehículos eléctricos más grandes del mundo en 2023 contaban con requisitos de ventas de vehículos eléctricos, estándares de consumo de combustible o de CO₂, o una combinación de ambos. Introducir o fortalecer las SSR ha dado lugar a un crecimiento dramático de la cuota de ventas de vehículos eléctricos en mercados de la Unión Europea, Nueva Zelanda y el Reino Unido. Las SSR también han motivado a los fabricantes a ofrecer más opciones de vehículos eléctricos, lo que aumenta las posibilidades de elección de los consumidores. En 2023, California y otros estados que adoptaron requisitos de venta de vehículos de cero emisiones, registraron un aumento del 30% en la disponibilidad de modelos eléctricos o híbridos enchufables en comparación con los estados que no tenían tales requisitos generando más competencia y opciones para los conductores (Bui y Slowik, 2024). Tras la introducción de la normativa ZEV en el Reino Unido, se comercializaron muchos nuevos modelos disponibles, en particular opciones asequibles dirigidas a consumidores conscientes de los costos de estos vehículos.

2. Promueven inversiones en las cadenas de suministro de vehículos eléctricos. Las SSR fomentan las inversiones en la cadena de suministro de vehículos de cero emisiones. Es probable que los fabricantes de vehículos inviertan en la creación o ampliación de la fabricación de ve-

hículos eléctricos en mercados donde se espera que crezca la demanda debido a dichas regulaciones. En Canadá, la Unión Europea, el Reino Unido y los Estados Unidos, los fabricantes anunciaron inversiones de miles de millones de dólares en la fabricación de vehículos eléctricos y baterías justo antes o después de la entrada en vigor las nuevas normas. Por ejemplo, poco antes de que entrara en vigor la regulación sobre ZEV en el Reino Unido, el Grupo Tata anunció que había elegido el Reino Unido para invertir £4 000 millones en una gigafábrica de baterías, con el fin de producir baterías para satisfacer la demanda interna de los vehículos Jaguar y Land Rover, así como para la exportación.

En términos más generales, los fabricantes de vehículos se han comprometido en mayor medida a vender vehículos eléctricos en regiones con fuertes SSR, como Europa. Dado que la mayoría de los vehículos eléctricos se producen en las regiones en las que se venden, esto podría dar lugar a un crecimiento de la fabricación local. Además, el comercio de créditos puede brindar un impulso adicional a las empresas líderes en vehículos eléctricos; la venta de créditos SSR fue crucial para la supervivencia y el crecimiento de Tesla.

3. Fomentan la inversión en infraestructura de recarga. La certeza en las ventas de vehículos eléctricos promovida por las SSR, en particular los requisitos de venta de vehículos eléctricos, da al sector privado la confianza de que la infraestructura de recarga se utilizará y, por lo tanto, que pueden invertir en la construcción de una red con menos apoyo gubernamental. Por ejemplo, ChargeUK, una asociación comercial del sector de la recarga en el Reino Unido, declaró que sus empresas asociadas se han comprometido a invertir £6.000 millones en infraestructura de recarga pública hasta 2030, basándose en la confianza proporcionada por el mandato ZEV, lo que no habría ocurrido si solo existieran objetivos no vinculantes.



Entrevistas

Introducción

En el marco del presente *Libro Blanco de la Movilidad Sostenible*, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) reconoce que los desafíos asociados a la movilidad en la región no admiten soluciones universales ni enfoques homogéneos. Por el contrario, requieren alternativas diseñadas y adaptadas a las particularidades sociales, culturales, económicas, geográficas y tecnológicas de cada país y comunidad.

En este sentido, el presente capítulo reúne seis entrevistas a actores clave del ámbito de la movilidad sostenible en América Latina y el Caribe, incluyendo representantes de usuarios, asociaciones y empresas que desarrollan soluciones innovadoras. El objetivo es aportar una visión plural y complementaria que permita identificar tendencias, desafíos y oportunidades en la transición hacia sistemas de transporte más limpios, eficientes y equitativos.

La recopilación de estas perspectivas se realizó mediante un formulario de entrevista. Las respuestas recogidas ofrecen un panorama diverso de estrategias y experiencias, contribuyendo al diálogo técnico y regional sobre el futuro de la movilidad sostenible.

En coherencia con la naturaleza evolutiva de este Libro Blanco, se prevé que en ediciones futuras se amplíe este ejercicio, incorporando nuevas voces y visiones provenientes de distintos contextos geográficos, sectores productivos y ámbitos tecnológicos, fortaleciendo así la construcción colectiva de conocimiento en beneficio de los países miembros de OLADE.

Formato de entrevista

Cada entrevista se presenta en un esquema de preguntas y respuestas. Las preguntas se enumeran de manera consecutiva del 1 al 7 y las respuestas mantienen la voz directa de los entrevistados, respetando sus aportes y experiencias.

El formulario de entrevista se estructuró en torno a las siguientes siete preguntas:

1. Participación en movilidad sostenible

La movilidad sostenible está ganando cada vez más protagonismo en la región. Desde su experiencia o la de su institución, ¿cómo se han vinculado con esta temática? ¿Qué tipo de soluciones o iniciativas han implementado o promovido?

2. Motivaciones, beneficios y desafíos

¿Cuáles considera que han sido las principales ventajas de adoptar soluciones de movilidad sostenible? ¿Ha identificado también desventajas o retos importantes? ¿Qué factores motivaron el cambio hacia este tipo de movilidad?

3. Comparación con la movilidad tradicional

Desde su perspectiva, ¿considera que las soluciones de movilidad sostenible permiten desempeñar las mismas actividades o funciones que aquellas basadas en tecnologías tradicionales (por ejemplo, motores a combustión)? ¿Por qué?

4. Barreras y oportunidades de mejora

¿Cuáles han sido, en su experiencia, las principales barreras de entrada para el uso o implementación de soluciones de movilidad sostenible, tanto a nivel individual como institucional o de mercado?

5. Capacidades y servicios de postventa

En la actualidad, ¿considera que los servicios de postventa, la disponibilidad de refacciones y repuestos son adecuados para garantizar el correcto desarrollo de la movilidad sostenible?

Asimismo, ¿cree que existe suficiente capacitación técnica para garantizar el mantenimiento y la reparación de estos vehículos?

6. Mirada hacia el futuro

¿Qué acciones considera necesarias para acelerar la transición hacia una movilidad más sostenible en la región? ¿Qué rol deberían tener los gobiernos, el sector privado, la ciudadanía y los organismos internacionales?

7. Comentario final

¿Desea compartir alguna reflexión o mensaje adicional sobre esta temática?



Gerardo Sastre,
presidente de la Asociación de Conductores de Aplicaciones
(ACUA). Uruguay.

Respuesta P N°1

En base a la experiencia aportamos desde la asociación y en nuestra actividad el crecimiento del uso para transporte público se incrementó.

Respuesta P N°2

Las ventajas son el ahorro en combustible en la actividad de transporte; y desventajas, puntos de carga en la vía pública y rendimientos de la batería si la jornada es intensa 24 horas, los márgenes de rendimiento en kilómetros generan algunas complicaciones hoy el promedio de un auto eléctrico en rendimiento es 350 km.

Respuesta P N°3

Basados en la respuesta anterior la ventaja es en la movilidad y Transporte de pasajeros disminución de mantenimientos en un porcentaje muy alto y costos en combustible medidos un 90% de ahorro con un vehículo a combustión.

Respuesta P N°4

Han sido por un lado desconocimiento de la tecnología en vehículos eléctricos, pero también en muchos casos la postventa no está a la altura en respuesta en caso de fallas en los vehículos. Y el rendimiento es para muchos una limitación.

Respuesta P N°5

La capacitación técnica para dar respuestas de mantenimiento de los vehículos es una limitante todavía hoy y los servicios postventa justamente relacionado a lo que nombré son las dificultades que tenemos hoy para una movilidad sostenible y eléctrica.

Respuesta P N°6

Los gobiernos, en estos casos ya que tiene que ver mucho el tema medioambiental y la problemática de hoy a las empresas que importan este tipo de vehículos, exigirles que den las garantías necesarias en los postventas y servicios técnicos, que han sido el punto débil de la decisión de la gente a la hora de pasarse un vehículo eléctrico. Y también fomentar capacitación a nivel de la educación, en tecnicaturas para este tipo de vehículos, tanto sea a técnicos darle cursos de estas nuevas modalidades de vehículos y generar cursos para nuevos técnicos.

Respuesta P N°7

Como reflexión final, hay mucho para hacer para desarrollar el producto, es muy interesante con mucho desarrollo por delante en mejoras de rendimiento, que en 4 años de experiencia personal, han mejorado mucho y trabajar en capacitación y mejora de respaldo para este tipo de vehículos.

Rodrigo Salcedo Campino. Presidente de la Asociación de Vehículos Eléctricos de Chile - AVEC. CHILE

Respuesta P N°1

Participación ciudadana y sensibilización pública:

- Hemos desarrollado instancias de diálogo abierto, talleres y seminarios para informar y escuchar a la comunidad sobre los beneficios, desafíos y oportunidades de la electromovilidad.
- Boletines educativos para que los usuarios comprendan cómo aprovechar la infraestructura de carga y qué impacto tiene la transición hacia energías limpias en su calidad de vida.

2.- Impulso normativo y regulatorio:

- Hemos trabajado con gremios, asociaciones y autoridades para proponer y respaldar leyes y normativas que fomenten la adopción de vehículos eléctricos y el despliegue de infraestructura de carga pública y privada. Con foco en habilitar el ecosistema, ya sea los seguros asociados, mantenimiento, reparación de los vehículos e infraestructura de carga.



- Participamos en mesas técnicas para incorporar estándares de interoperabilidad, seguridad y calidad, con el fin de garantizar un ecosistema eficiente y confiable.

Respuesta P N°2

La principal ventaja está relacionada con los temas:

- Económicos: disminuir costos operativos de transporte y dependencia de combustibles.

Una segunda ventaja que ha sido bien recibida por los usuarios es la relacionada con temas:

- Ambientales: reducir emisiones y contaminación acústica en las ciudades.

Algunas desventajas identificadas son:

- Brechas normativas que aún dificultan la masificación de la infraestructura de carga y la inversión privada.

- Beneficios de la electromovilidad, lo que requiere programas educativos permanentes.

- Costos iniciales de implementación que, aunque se compensan en el tiempo, siguen siendo una barrera para algunos sectores.

Los principales factores que han motivado el cambio que hemos identificados, son:

- Económico: Empresas que han realizado el cambio al entender el TCO (costo total de la operación), siendo el combustible y los mantenimientos los factores que relevantes que cambian.

- Social: Cambios positivos en los conductores y personal que trabaja en torno a la última milla, vehículos más suaves, silenciosos, menos vibración, etc.

Respuesta P N°3

Las soluciones de movilidad eléctrica ya permiten las mismas funciones que la movilidad a combustión, ofreciendo además menores costos ope-

rativos, cero emisiones e integración con cargadores, donde pueden ver los ahorros, consumos y estar conectados.

Funcionan de mejor forma en transporte público, última milla, transporte de pasajeros menores, taxis, y para personas que viven fuera de las ciudades, cumpliendo con los rendimientos ofrecidos.

Respuesta P N°4

Las principales barreras han sido:

- A nivel individual: Desinformación ciudadana sobre beneficios y uso, percepción de altos costos iniciales y desconocimiento de la infraestructura disponible.
- A nivel institucional: Brechas normativas, ausencia de estándares unificados y procesos lentos para permisos e instalación de puntos de carga.
- A nivel de mercado: Oferta limitada de modelos, financiamiento restringido y falta de interoperabilidad en la infraestructura de carga.

Oportunidades de mejora:

- Fortalecer el marco regulatorio e incentivos fiscales.
- Ampliar la infraestructura de carga pública y privada con criterios de accesibilidad y cobertura nacional.
- Implementar campañas de educación y participación ciudadana para acelerar la adopción y derribar mitos.

Respuesta P N°5

Postventa y repuestos: En zonas urbanas hay una oferta creciente, pero en regiones persisten tiempos de espera largos y limitaciones de stock, lo que requiere ampliar redes de servicio y logística.

Capacitación técnica: Existe un déficit de personal especializado en electromovilidad e infraestructura de carga. La formación técnica ha aumentado gracias a programas públicos y privados, pero es necesario acelerar la certificación de competencias y actualizar continuamente los contenidos.



Respuesta P N°6

Gobiernos: Desarrollar un marco regulatorio robusto, con incentivos fiscales, metas claras de electrificación y normativas para infraestructura de carga interoperable y accesible.

Sector privado: Invertir en innovación, ampliar la red de carga pública y privada, y generar modelos de negocio que faciliten el acceso a vehículos e infraestructura.

Ciudadanía: Participar en procesos de consulta, adoptar tecnologías limpias y exigir políticas públicas que favorezcan la movilidad sostenible.

Organismos internacionales: Apoyar con financiamiento, transferencia tecnológica y programas de capacitación regional.

Respuesta P N°7

Un aspecto clave para el éxito de la movilidad sostenible es impulsar nuevas fuentes de generación eléctrica limpia, ya que el crecimiento del parque de vehículos eléctricos debe ir acompañado de una matriz energética capaz de abastecer una demanda cada vez mayor.

Es importante considerar que los vehículos de próxima generación incorporarán baterías de mayor capacidad, lo que permitirá más autonomía, pero también requerirá cargadores de mayor potencia para reducir los tiempos de carga. Las marcas ya están exigiendo estándares más altos en infraestructura, lo que implica planificar desde hoy una red que combine potencia, cobertura y eficiencia.

En este sentido, el desarrollo de energías renovables, sistemas de almacenamiento y redes inteligentes será esencial para asegurar que la transición sea sostenible, estable y preparada para las necesidades del futuro.

Pablo Enrique Díaz Gómez de Enterría,
CEO de Vivestar SA. Uruguay.

Respuesta P N°1

En Vivestar hemos trabajado activamente para impulsar la movilidad sostenible en diversos sectores. Un ejemplo destacado es nuestro asesora-

miento a la gremial del taxi en Uruguay, donde realizamos relevamientos y estudios técnicos sobre la experiencia de los primeros taxis eléctricos, identificando beneficios, obstáculos y temores para incentivar a más de 3.000 unidades a dar el paso hacia la transición. Presentamos análisis económicos que demostraron la conveniencia del cambio, propusimos soluciones para infraestructura de carga y acceso a financiamiento, elaboramos estudios para la gestión y segundo uso de baterías, y organizamos charlas para derribar barreras socio-culturales.

En paralelo, desarrollamos iniciativas innovadoras como el primer circuito de bicicletas a hidrógeno de la región, actualmente en operación en el Parque de Innovación del LATU. También estamos trabajando en la conversión de un vehículo para funcionar con hidrógeno en el Vivestar Technologies H2 Hub, y contamos con proyectos en desarrollo para parques industriales, zonas turísticas y logística de última milla.

Todas estas acciones integran análisis técnico, innovación tecnológica, soluciones económico-financieras y acompañamiento social, con el objetivo de acelerar la adopción de tecnologías limpias en la movilidad.

Respuesta P N°2

La motivación principal de Vivestar para impulsar la movilidad sostenible es contribuir a la descarbonización, introduciendo tecnologías limpias que sean viables y adaptadas a cada sector.

En movilidad eléctrica, como en el caso del taxi en Uruguay, los beneficios para el usuario final son principalmente económicos: reducción sustancial de costos operativos, menores gastos de mantenimiento y una mayor vida útil del vehículo. Nuestros estudios demostraron que el financiamiento no es un obstáculo significativo para este sector; los principales retos son culturales y operativos, como la desconfianza hacia la tecnología o la adaptación de hábitos de carga. Hemos trabajado en abordarlos mediante análisis técnicos y económicos, propuestas de mejora de infraestructura y acciones de sensibilización.

En movilidad con hidrógeno, los beneficios incluyen cero emisiones locales, alta autonomía, tiempos de repostaje muy cortos y la posibilidad de operar en contextos donde la movilidad eléctrica presenta limitaciones. Sin embargo, el desafío central es la infraestructura de carga, que requiere inversiones mucho más elevadas que la eléctrica. El costo del



hidrógeno no es el principal obstáculo; lo es el desarrollo de estaciones y sistemas asociados.

En ambos casos, el cambio se impulsa por nuestro gusto por la innovación y compromiso con el triple impacto, mientras que para los usuarios finales las ventajas económicas, operativas y de servicio son un factor clave para la adopción. Además, los incentivos —ya sea mediante financiamiento, apoyos directos o beneficios fiscales— juegan un papel decisivo para que especialmente las empresas, que son nuestro principal público objetivo, tomen la decisión de realizar la transición.

Respuesta P N°3

Desde nuestra experiencia, las soluciones de movilidad sostenible —ya sean eléctricas o impulsadas por hidrógeno— pueden desempeñar prácticamente las mismas funciones que los vehículos a combustión, siempre que se planifique y adapte la operación a las características de cada tecnología. La clave no está en esperar una sustitución “uno a uno” sin ajustes, sino en entender que la transición implica optimizar procesos, rutas y hábitos para aprovechar al máximo las ventajas de cada solución.

En el caso de la movilidad eléctrica, los vehículos ya han demostrado su capacidad para cumplir con la mayoría de las necesidades urbanas e interurbanas, con menores costos operativos, menor mantenimiento y cero emisiones locales. Su limitante principal sigue siendo la autonomía y el tiempo de recarga, aunque estos factores han mejorado notablemente en los últimos años.

En el caso del hidrógeno, la autonomía y el tiempo de repostaje son comparables a los de la combustión interna, lo que abre oportunidades para sectores donde la operación intensiva no permite largas pausas de carga. Sin embargo, la disponibilidad de infraestructura sigue siendo un reto y, por tanto, su implementación actual requiere soluciones integrales, que incluyan no solo el vehículo sino también el ecosistema de producción, almacenamiento y abastecimiento.

En definitiva, la movilidad sostenible no solo iguala las funciones de la tradicional, sino que puede superarlas en eficiencia, impacto ambiental y costos a largo plazo, siempre que se acompañe de un enfoque estratégico y colaborativo para su implementación.

Respuesta P N°4

En nuestra experiencia, las barreras dependen del tipo de tecnología.

En la movilidad eléctrica, especialmente en gremios como el del taxi, uno de los retos es lograr que los actores vinculados al negocio de la tecnología tradicional también encuentren oportunidades en la nueva, de modo que colaboren con la transición en lugar de resistirla. Para el público en general, el acceso a una red de carga amplia y confiable es clave, ya que otorga la percepción de libertad que el usuario asocia a su vehículo. Este aspecto revela el vínculo cultural que la sociedad mantiene con el automóvil y la necesidad de trabajar también en un cambio de mentalidad que permita construir ciudades de escala humana, donde el transporte colectivo sea parte del mismo imaginario de libertad. Si bien existen múltiples incentivos —fiscales, de financiamiento y de apoyo a la infraestructura—, sería clave coordinarlos mejor considerando los patrones reales de uso de cada sector. Además, un factor que aceleraría el cambio sería que los organismos públicos lideraran con el ejemplo, enviando una señal clara y consistente sobre la dirección a seguir.

En la movilidad con hidrógeno, la barrera principal es la ausencia de infraestructura y el elevado costo inicial asociado a su instalación, lo que genera una brecha significativa frente a la movilidad eléctrica. Para reducirla, resulta fundamental apoyar a las empresas que quieran realizar proyectos piloto, ya que adquirir experiencia temprana con el H₂ permitirá, a mediano y largo plazo, conformar un mix de soluciones que aproveche las fortalezas de cada tecnología.

A nivel general, la transición requiere no solo de incentivos y marcos regulatorios claros, sino también de una estrategia coordinada entre el sector público, el privado y la academia, que maximice las oportunidades y minimice la incertidumbre en el mercado.

Respuesta P N°5

En movilidad eléctrica, si bien la oferta de servicios y repuestos ha crecido, persisten desafíos relevantes: la diversidad de marcas y modelos, sumada a la rápida evolución tecnológica, dificulta en algunos casos las reparaciones rápidas. Incluso cuando existen repuestos, los costos de



reposición suelen ser elevados. En sectores como el taxi, la estandarización de modelos sería clave para asegurar disponibilidad y precios competitivos, algo que la directiva de la gremial identifica como un factor crítico para la sostenibilidad del cambio.

En movilidad con hidrógeno, la situación es mucho más incipiente: no existe infraestructura local de postventa ni disponibilidad de repuestos, y no hay vehículos en venta en el mercado local; todos son proyectos piloto. La capacitación técnica en esta área es prácticamente nula, lo que exige un esfuerzo coordinado para formar personal especializado y crear un ecosistema de soporte.

En ambos casos, es esencial avanzar en la formación continua de técnicos y mecánicos, así como en estrategias que aseguren repuestos disponibles y a costos competitivos.

Desde Vivestar, impulsamos estas capacidades mediante pilotos y el diseño de proyectos adaptados a cada empresa, con el objetivo de generar competencias, reducir miedos o dudas y encontrar soluciones a las contingencias propias de la adopción de nuevas tecnologías.

Respuesta P N°6

Acelerar la transición hacia una movilidad más sostenible en la región requiere un enfoque integral que articule a gobiernos, sector privado, ciudadanía y organismos internacionales.

Los gobiernos deben liderar con señales claras y estables a largo plazo: políticas coherentes, objetivos medibles y programas que prioricen la descarbonización en todos los modos de transporte. Esto implica coordinar incentivos según el tipo de movilidad (eléctrica, hidrógeno, biocombustibles), fomentar la estandarización para asegurar repuestos y servicios, y dar el ejemplo incorporando flotas públicas sostenibles. También deberían avanzar hacia esquemas fiscales más alineados con el triple impacto, introduciendo gradualmente impuestos a las emisiones en sustitución parcial del impuesto a la renta, lo que premia la innovación y estimula al sector privado a experimentar y asumir riesgos.

El sector privado debe invertir en innovación y proyectos piloto que permitan madurar las tecnologías, generar confianza y consolidar cadenas de suministro y postventa. Asimismo, debe colaborar activamente con

gobiernos, academia y otros actores para escalar soluciones y compartir aprendizajes.

La ciudadanía es clave en la adopción de nuevas formas de movilidad y en la construcción de una visión cultural donde el transporte sostenible sea sinónimo de libertad, seguridad y eficiencia. Cambiar esta percepción es esencial para avanzar hacia ciudades de escala humana.

Los organismos internacionales pueden catalizar el cambio con financiamiento, transferencia tecnológica y apoyo a proyectos regionales que reduzcan brechas de infraestructura, especialmente en tecnologías emergentes como el hidrógeno.

En todos los países de la región, esta transición representa también una oportunidad estratégica para la independencia energética. Disponemos de los recursos naturales necesarios y, una vez amortizadas las tecnologías, los beneficios económicos serán sustanciales tanto para la movilidad eléctrica como para la movilidad con hidrógeno.

En Vivestar creemos que la transición será más rápida si se combinan políticas claras, estímulos fiscales innovadores, proyectos empresariales audaces, formación técnica y un cambio cultural profundo que alinee intereses económicos, sociales y ambientales hacia un mismo objetivo.

Respuesta P N°7

La transición hacia una movilidad sostenible no es solo un cambio tecnológico: es un compromiso profundo con nuestra responsabilidad como parte de un todo. Implica reconocer que nuestras decisiones impactan en las generaciones futuras y que el verdadero progreso se mide en el equilibrio entre lo social, lo económico y lo ambiental.

En Vivestar creemos que innovar es también servir: servir a la sociedad, al medioambiente y a las oportunidades de un futuro más justo. Esto requiere visión de largo plazo, colaboración genuina y la convicción de que cada avance debe estar guiado por principios sólidos y un propósito mayor. Solo así podremos construir un camino en el que el desarrollo y la preservación caminen de la mano, dejando como legado un mundo mejor del que recibimos.



Fabio Humberto García Lucero.
Especialista en energía. Early adopter Movilidad Eléctrica
Ecuador.

Respuesta P N°1

La Organización para la que trabajo, OLADE, promueve y apoya los procesos de transición energética de sus 27 países miembros y como parte de este proceso se incluye la descarbonización del sector transporte mediante la sustitución de combustibles fósiles por electricidad y combustibles de bajas emisiones netas como los biocombustibles.

Además, tengo una maestría en eficiencia energética y conozco las ventajas de los autos eléctricos respecto a los de combustión interna en cuanto a eficiencia.

Respuesta P N°2

Las ventajas en el caso de la movilidad eléctrica son: mayor eficiencia, emisiones bajas o nulas en la operación del vehículo, menor costo de la energía eléctrica respecto a la gasolina (en mi país de residencia),

Las desventajas: mayor precio de adquisición de un vehículo eléctrico respecto a uno de combustión de las mismas prestaciones, insuficiente número de estaciones de recarga, mayor tiempo necesario para recargar energía, poca disponibilidad de talleres especializados para reparación y mantenimiento, alto costo de reposición de las baterías.

Respuesta P N°3

Si existiera la suficiente infraestructura de recarga, sí en lo que respecta a transporte de pasajeros, todavía no en lo que respecta a transporte de carga o de otras modalidades de transporte diferente al terrestre como el aéreo, el marítimo y el fluvial.

Respuesta P N°4

El relativo alto costo de los vehículos eléctricos respecto a los convencionales de iguales prestaciones y la falta de infraestructura de recarga.

Respuesta P N°5

Todavía no he requerido refacciones ni repuestos, pero he leído reseñas que indican que la reparación de los autos eléctricos toma más tiempo de lo normal, porque las concesionarias no suelen tener disponibilidad de repuestos en stock.

Respuesta P N°6

Los gobiernos emitir la normativa que incentive tanto la compra de los vehículos eléctricos como la implementación de la infraestructura de carga. El sector privado invertir en servicios conexos a la electromovilidad, la ciudadanía hacer conciencia de la importancia de reducir la contaminación de las ciudades y la emisión de carbono a la atmósfera y los organismos internacionales transferir experiencias exitosas y conocimientos de los países más avanzados y los menos avanzados en el tema de movilidad sostenible; y asesorar a sus Estados Miembros en la adopción de política y normativa que incentive la movilidad sostenible.

Respuesta P N°7

Un aspecto clave para el éxito de la movilidad sostenible es impulsar nuevas fuentes de generación eléctrica limpia, ya que el crecimiento del parque de vehículos eléctricos debe ir acompañado de una matriz energética capaz de abastecer una demanda cada vez mayor.

Los gobiernos nacionales y seccionales deberían encargarse de romper el círculo vicioso que se produce respecto a la falta de oferta de infraestructura de carga debido a la todavía baja demanda por un tamaño insuficiente del parque vehicular eléctrico que a la vez este se debe a la falta de infraestructura suficiente de recarga pública, generando los incentivos tanto para la compra de vehículos eléctricos como para la implementación de estaciones de carga. En mi país está creciendo de manera importante el parque de vehículos eléctricos pero la implementación de la infraestructura de carga se encuentra rezagada, hay estaciones de carga en las ciudades principales, pero pertenecen a concesionarias o marcas de vehículos específicas, pero a nivel de carreteras interurbanas son prácticamente inexistentes lo que el uso de los autos eléctricos queda relegado solo al ámbito de las grandes ciudades.



Eric Orlich Soley.
Presidente de la Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica, Costa Rica.

Respuesta P N°1

En cuanto al vínculo con la temática de movilidad este es directo. Por ese motivo nació la Asociación (Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica)

Respuesta P N°2

La lista de ventajas es grande, comenzando por el aspecto climático que fue el que movió a la asociación a nacer y a crecer y por el cual se dedicó tanto esfuerzo, pero inmediatamente brinca el aspecto económico, el costo de un kilómetro recorrido en vehículo eléctrico es una quinta parte de lo que cuesta recorrerlo en uno de combustión. Quedan además otros factores como por ejemplo el del confort, el vehículo al no tener vibraciones es más sabroso de andar, al no hacer el ruido también es más confortable, el poder cargarlo en la casa en vez de tener que ir a una gasolinera le simplifica la vida mucho y en Costa Rica en particular como el carro eléctrico no tiene restricción vehicular pues no se pierde ese día de uso que si pierden los días a los vehículos tradicionales.

Respuesta P N°3

Sí, las pueden desempeñar, ya lo aclaré en el punto anterior, y adicionalmente, fuera de que el motor es eléctrico, todo lo demás es igual.

Respuesta P N°4

La principal barrera ha sido el conocimiento, la gente cuando se entera de las ventajas rápidamente hace el cambio ya sea porque quiere ahorrar o porque quiere más confort. También mucha gente del sector informática los adquiere porque le gustan todas las ayudas tecnológicas que traen. La principal barrera de compra ahora es el conocimiento, anteriormente era el costo superior sin embargo en este momento están igual y la siguiente barrera es la cantidad de cargadores disponibles. Para aquellos conductores que ya sabe manejar un carro eléctrico en realidad se

la puede jugar teniendo plan abc pero para el que es nuevo le preocupa mucho llegar a un cargador y que no esté funcionando.

Respuesta P N°5

Sí, considero que son adecuados. En Costa Rica ya hay tres o cuatro talleres dedicados exclusivamente a vehículos eléctricos, adicionales a los que tienen las agencias. No he sabido que haya problemas de que no se puedan resolver.

Respuesta P N°6

Precisamente la infraestructura de carga es un factor vital para que haya mayor adopción de carros eléctricos. La infraestructura que hay, si se manejan los carros que hay, si estuvieran siempre en buen estado. El problema es que no siempre están en buen estado y no hay como duplicidad de que si uno falla hay otro a la par. Y unas pocas historias de fallo generan mucha alarma y frenan la adopción. Entonces es vital que haya más estaciones por todo el país y confiables y duplicadas para que se acelere la adopción.

Respuesta P N°7

Pues todos los organismos, tanto el gobierno, el sector privado, la ciudadanía y los entes internacionales deben tener un rol activísimo, hace falta que nos consideremos en una crisis climática y como si esto fuera una guerra. Estemos todos activos y tomando las medidas necesarias para que el cambio no se dé, hay un exceso de pasividad al respecto, como si nunca se fuera a encender la casa, cuando ya está echando humo por una pared. Entonces, ¿qué es clave? Que se corra la voz de que estamos en crisis y que se tomen las acciones aceleradamente para que haya una conciencia ciudadana en todo lado y se tomen y se hagan los cambios que se tienen que hacer.



Martin Piñeyro.
Cofounder, Head. SWAPY (una compañía de Quantik Group).
Uruguay.

Respuesta P N°1

SWAPY nace en el área de innovación de Quantik Group como respuesta al llamado de la movilidad sostenible desde un enfoque pragmático e innovador, orientado al “delivery” o quick commerce, un sector que tradicionalmente no ha mostrado transición energética efectiva. Mediante un sistema de motos eléctricas con baterías intercambiables y una red de estaciones de intercambio, desplegada en puntos estratégicos de las ciudades, ofrecemos a repartidores y empresas una solución que elimina los “dolores” que frenan su desarrollo: tiempos de carga prolongados, autonomía acotada y costos elevados.

La solución ha sido validada con éxito en un piloto en Zonamérica, Campus de Negocios y Zona Franca, en Montevideo junto a The Box, centro de Demostración de Tecnología 4.0 aplicada a la cadena Logística, y se desplegará en Montevideo, en estaciones ANCAP, empresa estatal petrolera, a partir de septiembre de 2025.

SWAPY cuenta con el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), de la Distribuidora Uruguaya de Combustibles (DUCSA/ANCAP), del Fondo de innovación en energías renovables (REIF), Newlab, Pedidos Ya y otros actores clave del ecosistema de innovación uruguayo.

Respuesta P N°2

Nuestra motivación principal fue resolver una paradoja: en un contexto global que demanda descarbonizar el transporte, los repartidores urbanos —uno de los segmentos más intensivos en kilómetros y emisiones— siguen atados a la moto a combustión por barreras económicas, tecnológicas y operativas.

Vimos la oportunidad de eliminar esas barreras ofreciendo un modelo en el que el usuario no compra la batería, sino que accede a una red de intercambio rápido, ágil, que mantiene la operación continua.

Los beneficios son claros:

- reducción de emisiones, unas 3 ton/año de CO₂, y
- reducción de polución sonora,

- menores costos de mantenimiento y un
- servicio más predecible para las empresas de logística y quick commerce.

El mayor reto ha sido la adaptación, tanto normativa como cultural.

- En lo regulatorio, las barreras son significativas y requieren un diálogo constante con el sector público y los responsables de las políticas para evitar que se conviertan en un freno.
- En lo cultural, es necesario transformar el paradigma y superar la percepción de que las motos eléctricas no son aptas para el trabajo.

Respuesta P N°3

El crecimiento de las flotas de buses eléctricos, furgones y taxis, junto con el aumento sostenido de las ventas de vehículos eléctricos particulares demuestra con claridad que las soluciones de movilidad sostenible pueden sustituir tecnologías más antiguas, como aquellas que dependen de combustibles fósiles.

En un sentido más amplio, basta observar las ciudades que han fortalecido su red de ciclovías o mejorado su transporte público —creando corredores ágiles para buses o incorporando trenes y tranvías— para notar mejoras tangibles, evidentes incluso para el ciudadano común.

Desde nuestra experiencia en SWAPY, las soluciones de movilidad sostenible que hemos desarrollado no solo igualan, sino que en muchos casos superan el desempeño operativo de las tecnologías a combustión en el segmento del delivery urbano. Un repartidor puede realizar la misma o, incluso, una mayor cantidad de entregas gracias a la menor necesidad de reparaciones y a la rapidez de los intercambios de batería frente al repostaje de combustible y los frecuentes servicios de mantenimiento, como el cambio de aceite de motor.

La respuesta instantánea del motor eléctrico y la ausencia de vibraciones elevan notablemente la experiencia de conducción. El único aspecto en el que la movilidad tradicional todavía mantiene ventaja es la disponibilidad de puntos de abastecimiento; precisamente por eso, nuestro modelo de estaciones de intercambio busca cerrar esa brecha, ofreciendo acceso a energía con la misma facilidad y ubicuidad que un surtidor de combustible.



Respuesta P N°4

La principal barrera de entrada ha sido la percepción de un alto costo inicial, incluso cuando el Costo Total de Propiedad (CTP) es claramente favorable para la opción eléctrica —en Uruguay estimamos un ahorro del 30 % frente a una moto a combustión interna—, así como el riesgo percibido asociado a la transición, especialmente en un sector como el delivery, donde los márgenes son ajustados y el tiempo de inactividad es crítico. A esto se suman la ausencia de infraestructura pública suficiente y la falta de esquemas de financiamiento adaptados a modelos de negocio innovadores como el nuestro.

Sin embargo, estas mismas barreras representan oportunidades estratégicas: diseñar soluciones llave en mano que integren vehículo, energía y mantenimiento; desplegar infraestructura de intercambio de baterías en puntos estratégicos de la ciudad; y articular esfuerzos con gobiernos, proveedores de energía eléctrica y empresas de logística para que la movilidad eléctrica deje de ser un piloto aislado y se convierta en una red interconectada, escalable y operativa en toda la región.

Respuesta P N°5

Uno de los pilares de SWAPY es ofrecer un servicio integral que garantice que la adopción de movilidad eléctrica no dependa de que cada usuario o empresa desarrolle su propia capacidad técnica. Por eso, nuestro modelo incluye mantenimiento preventivo y correctivo, gestión de flota, y soporte técnico especializado. Si bien en Uruguay la disponibilidad de repuestos y mano de obra calificada para motos eléctricas todavía es incipiente, hemos trabajado con fabricantes y proveedores para asegurar stock y capacitación, formando a nuestro propio equipo técnico y a los talleres aliados. Creemos que, a medida que crezca el parque eléctrico, el ecosistema de postventa se fortalecerá, pero mientras tanto es clave que actores como nosotros asumamos un rol activo para garantizar continuidad operativa desde el día uno.

Respuesta P N°6

Acelerar la transición hacia una movilidad más sostenible en la región requiere una acción coordinada. Los gobiernos deben establecer marcos

regulatorios y fiscales que premien la adopción de tecnologías limpias y faciliten la inversión en infraestructura. El sector privado tiene que innovar en modelos de negocio que eliminen barreras de acceso, como lo hace SWAPY al ofrecer motos eléctricas sin batería y energía disponible en segundos. La ciudadanía, por su parte, debe demandar y adoptar estas soluciones, entendiendo su impacto ambiental y económico de corto y largo plazo. Y los organismos internacionales pueden jugar un papel clave como catalizadores de financiamiento y transferencia tecnológica, especialmente en países donde la escala inicial es un desafío. Solo con una estrategia compartida podremos pasar de proyectos piloto a redes operativas robustas que transformen la forma en que nos movemos en América Latina.

Respuesta P N°7

La transición hacia la movilidad sostenible no es solo un cambio tecnológico, sino también un cambio cultural y de modelo operativo. En SWAPY estamos convencidos de que la electrificación del delivery urbano representa una oportunidad única para combinar eficiencia económica con un impacto ambiental positivo, generando valor para empresas, repartidores y ciudades. Nuestro trabajo preparatorio en Uruguay confirma que, al eliminar barreras clave —como los tiempos de carga, los altos costos iniciales y la falta de infraestructura— la adopción de estas soluciones puede darse de forma natural.

Nuestro lanzamiento próximo, en septiembre, dará inicio a la construcción de un ecosistema integrado y verticalizado, que incluye no solo las flotas eléctricas, sino también la infraestructura y los servicios anexos necesarios para su óptimo funcionamiento. Esta estrategia busca replicarse en nuevos territorios, apoyándonos en alianzas estratégicas y financiamiento con modelos innovadores que permitan acelerar el despliegue y consolidación de una red regional de energía y movilidad. Así, aspiramos a establecer un nuevo estándar para el transporte urbano sostenible en América Latina.



Andrés Barentin Calvo,
Gerente General Dhemax SpA. Embajador de CharIn para Chile.
Expresidente AVEC y ALAMOS.
Chile.

Respuesta P N°1

Nos hemos vinculado profundamente, de hecho, fuimos precursores de la electromovilidad en transporte público en Chile, ya que colaboramos con el pilotaje de las primeras unidades, participamos activamente en la implementación de los primeros 100 buses en Santiago de Chile y desde entonces hemos estado estrechamente involucrados con el desarrollo de la electromovilidad en Latam y la península Ibérica.

Hemos implementado y promovido más de 35 patios de carga para buses eléctricos en Chile, Colombia, Uruguay y México. Adicionalmente, hemos impulsado consultorías y establecimiento de políticas públicas para impulsar la electromovilidad. Finalmente, hemos sido bien activos en la difusión de las ventajas de la electromovilidad.

Respuesta P N°2

Para nuestros clientes una reducción en los costos de operación, mejor disponibilidad de los vehículos, una percepción positiva de parte de usuarios y clientes, y satisfacción de los conductores.

Los retos que hemos identificado los agruparía en 2, en primer lugar, hay aún falta de conocimiento y muchos mitos que derribar y a eso nos abocamos cada vez que desarrollamos un proyecto. En segundo lugar, el reto de identificar cuáles son las variables que hacen una operación y proyecto exitoso, con una tecnología que aún presenta limitaciones para operaciones complejas diría que es donde ponemos la mirada cada vez que abordamos un cliente.

Nosotros como empresa nos dedicamos a eso y nace de la inquietud de dejar un mejor mundo a las futuras generaciones, con una mirada de transformación que converse con los códigos de la empresa actual, como costo total de propiedad y rentabilidad.

Respuesta P N°3

Usualmente separamos en 3 grupos las operaciones con vehículos eléctricos, donde conjugamos la mirada de negocio y la del estado del arte de la electromovilidad. Estos grupos son:

- Rutas en las que un vehículo hace menos de los kilómetros necesarios para que el costo total de propiedad sea igual o menor que vehículos de combustión, usualmente ese límite (dependiendo del tipo de vehículo) está entre los 100 y los 200 km diarios y en este grupo las prestaciones de un vehículo eléctrico exceden por lejos a las de un vehículo de combustión, pero hay un problema en la dimensión económica.
- Rutas que son un buen fit con electromovilidad, usualmente van entre los 200 y 500 km diarios (dependiendo del tipo de vehículo) y son rutas que se pueden abordar con la autonomía del vehículo y una carga de oportunidad durante el día. En este caso las prestaciones de los vehículos eléctricos permiten realizar las mismas actividades que un vehículo de combustión y además, son tremendamente rentables. Eso sí, requiere de identificar puntos de recarga que permitan cargar en paradas de descanso u otro tipo de paradas, por lo que en algunos casos hay un desafío desde el punto de vista del ecosistema de recarga.
- Rutas en las que el estado del arte implica modificaciones operacionales, en estas rutas usualmente lo que se puede hacer con un vehículo eléctrico es menos que lo realizable con un vehículo de combustión, por lo que requieren ajustes operacionales. Sin embargo, con la llegada de la carga ultra rápida, baterías entre 6 y 10 C, y estándares como el MCS lo esperable es que ese gap se cierre en los próximos 2 a 3 años.

Respuesta P N°4

Principalmente la incertidumbre de los clientes y el sistema financiero frente a algo que no conocen, y en algunos casos y dependiendo del segmento, la disponibilidad de modelos para ciertas funciones y el costo de los vehículos que ha venido bajando, pero aún falta para la paridad.



Respuesta P N°5

Creo que en este punto se está muy al debe, la postventa en general es buena en zonas urbanas más pobladas, pero tiende a ser deficiente en zonas con menos densidad. Adicionalmente, hay aún un enlace muy fuerte entre las marcas y sus propios concesionarios, y poca penetración de talleres multimarca en el mundo de la movilidad eléctrica, para generar más competencia. Creo que un punto donde se debería invertir es precisamente en la formación de capital humano.

Respuesta P N°6

Según mi experiencia creo que las acciones van en educar y estandarizar, a nivel regional existe una dispersión regulatoria muy grande, lo que a futuro probablemente va a afectar la operación de vehículos entre fronteras e incluso el libre flujo de vehículos por zonas de las ciudades. Otro punto importante es nivelar el conocimiento de las autoridades con respecto a estas nuevas tecnologías y romper mitos.

Los gobiernos deberían asumir un rol de facilitador, dictando normas que se acerquen al avance de la tecnología, generen un marco de desarrollo seguro, incorporen garantías a los privados en el desarrollo de proyectos e incentiven la migración. También debería ser canales de información, para hacer llegar datos objetivos a la ciudadanía.

El sector privado debe ser un generador de tracción en este proceso, con voluntad de innovar, capacidad de absorber y distribuir el estado del arte, y capacidad de asumir riesgos considerando una retribución económica, obviamente. Si pensamos en el modelo de Chile, el estado definió un marco regulatorio que da certeza y baja el riesgo, y los privados invirtieron.

En nuestro caso el contacto con la ciudadanía es poco, sin embargo, creo que el rol de la ciudadanía es exigir a las autoridades y al ecosistema las mejores soluciones y una mirada de futuro, con pensamiento en el largo plazo.

Creo que los organismos internacionales tienen el rol de generar transferencia de conocimiento, llevando buenas prácticas de países cuyo desarrollo es mayor a países que van más retrasados. Otro rol de los organismos internacionales es el de democratizar el acceso, ya que en países con situaciones económicas más complejas pueden generar oportuni-

des a través de fondos o garantías que impulsen a los privados a invertir.

Respuesta P N°7

Un aspecto clave para el éxito de la movilidad sostenible es impulsar nuevas fuentes de generación eléctrica limpia, ya que el crecimiento del parque de vehículos eléctricos debe ir acompañado de una matriz energética capaz de abastecer una demanda cada vez mayor.

Me parece que Latam se debería plantear más como un mercado y no como muchos pequeños mercados atomizados, eso podría generar ventajas competitivas. Otro punto a resaltar es la tendencia a reinventar todo que tenemos en Latino América, invito a los ecosistemas a tomar las buenas prácticas y ajustarlas a sus realidades, como Dhemax estamos comprometidos y ofrecemos nuestra colaboración en habilitar ecosistemas y transferir buenas prácticas.





Aspectos socioterritoriales de la movilidad sostenible

Ciudad y movilidad sostenible: hacia un sistema urbano resiliente y eficiente

La transformación de los sistemas de movilidad en las ciudades de América Latina y el Caribe constituye una oportunidad estratégica para alinear la planificación urbana con los compromisos de sostenibilidad energética, reducción de emisiones y mejora del bienestar social. En un escenario caracterizado por una creciente urbanización, el cambio climático y la necesidad de descarbonizar el transporte, es imperativo revisar el paradigma de movilidad vigente y avanzar hacia soluciones sostenibles, eficientes e inclusivas (OLADE, 2024).

La ciudad es el ámbito territorial donde se producen y convergen la mayoría de los desplazamientos y por lo tanto es donde ocurre el mayor consumo energético asociado al transporte. Por ello, repensar la movilidad desde el entorno urbano implica no solo reorganizar los flujos de personas y bienes, sino también transformar las formas de producción y consumo de energía vinculadas al transporte, uno de los sectores más intensivos en energía y emisores de gases de efecto invernadero en la región (OLADE, 2024; CEPAL, 2023).

Dimensiones clave de la movilidad sostenible urbana

Para avanzar hacia un modelo de movilidad sostenible, es fundamental considerar tres dimensiones interrelacionadas: el quién (las personas usuarias), el qué (los modos y vehículos utilizados) y el dónde (el entorno físico y urbano en el que se desplazan). Este capítulo se enfoca en el tercer aspecto: la ciudad como espacio estructurador de la movilidad, entendida como un sistema complejo con infraestructuras heredadas, limitaciones físicas y nuevas demandas sociales, económicas y ambientales.

En este sentido, resulta esencial comprender que las ciudades no pueden ser abordadas como lienzos en blanco. La planificación de nuevas infraestructuras o la adaptación de las existentes debe contemplar criterios de resiliencia urbana, eficiencia energética, equidad en el acceso y capacidad de adaptación frente al cambio climático. Los procesos de intervención deben considerar además la diversidad de contextos locales,



evitando soluciones estándar o replicables sin adaptación social, cultural, económica y territorial.

Urbanismo, diseño y planificación para la eficiencia energética

La configuración espacial de las ciudades influye directamente en la intensidad energética del transporte. Ciudades extensas, segregadas funcionalmente y con baja densidad favorecen el uso del automóvil privado, aumentando el consumo energético y las emisiones. En contraste, los entornos urbanos compactos, de uso mixto y con infraestructuras adecuadas para la movilidad activa y colectiva permiten una reducción significativa del consumo de energía por pasajero-kilómetro (IEA, 2023; World Bank, 2022).

La promoción de un urbanismo centrado en las personas implica integrar principios de smart cities, movilidad multimodal, accesibilidad universal y eficiencia energética en la planificación urbana. Esta visión sistémica debe articular las políticas de transporte con las de ordenamiento territorial, uso del suelo, vivienda y transición energética. La infraestructura urbana, en este contexto, se convierte en un instrumento clave para inducir cambios de comportamiento y modos de desplazamiento más sostenibles.

Medidas urbanas para fomentar la movilidad sostenible

Sin ser exhaustivos, se proponen a continuación algunas líneas de acción que pueden contribuir a construir ciudades más eficientes y sostenibles desde el punto de vista energético:

- Reducción de la velocidad urbana mediante “Calles 30” que mejoren la seguridad vial y priorizan modos no motorizados en algunas áreas específicas.
- Carriles exclusivos para transporte público (BRT, tranvías o buses eléctricos) que optimizan el flujo de pasajeros y reducen el consu-

mo específico de energía.

- Implementación de ciclovías seguras y conectadas con nodos de transferencia y centros de actividad.
- Intervenciones de urbanismo táctico para recuperar espacio público, reducir el uso del automóvil y promover caminatas y desplazamientos en bicicleta.
- Estaciones de transferencia multimodal con enfoque de diseño inteligente (smart design), integradas con infraestructura de recarga eléctrica.
- Fomento de modos activos y eléctricos de última milla como bicicletas, monopatines y triciclos de reparto en zonas urbanas densas.
- Infraestructura digital para el monitoreo y gestión de la demanda energética en la movilidad urbana (sensores, big data, IA).

La combinación de estas medidas debe ser diseñada según un enfoque de “mix de soluciones” adaptadas a las condiciones locales, reconociendo que no existen recetas únicas. La diversidad urbana y socioeconómica de los países de la región exige políticas flexibles, contextualizadas y evaluables.

Enfoques integrados: sostenibilidad energética, ambiental, económica y social

Enfoque energético

El transporte representa más del 39% del consumo energético final en la región (OLADE, 2024). La movilidad urbana, en particular, concentra una proporción relevante de dicho consumo, asociado mayoritariamente a derivados del petróleo. Promover la eficiencia energética en este sector implica adoptar tecnologías de bajo consumo, electrificación del transporte público y medidas de gestión de la demanda.

Entre 2000 y 2022, se observó una mejora promedio de 2.55% anual en la eficiencia energética del transporte en la región, siendo el sector con mayor potencial de ahorro (OLADE, 2024). Aun así, este progreso es in-



suficiente para alcanzar los objetivos regionales de descarbonización. Requiere intervenciones sistémicas que integren planificación urbana, tecnologías limpias y cambios modales.

Enfoque económico

Las inversiones en infraestructura para la movilidad sostenible generan múltiples externalidades positivas, tales como: reducción de costos en salud pública, disminución de subsidios a combustibles, generación de empleo verde, dinamización del transporte público, y reducción del gasto de los hogares en movilidad. Asimismo, la electrificación del transporte urbano puede contribuir a estabilizar las balanzas energéticas nacionales al reducir la dependencia de hidrocarburos importados.

Enfoque ambiental

Las ciudades de la región concentran altos niveles de contaminación del aire, ruido y emisiones de gases de efecto invernadero, en gran parte derivados del transporte motorizado. Una movilidad sostenible puede reducir las emisiones en más del 30% en áreas urbanas al promover cambios modales y tecnologías limpias. Esta transformación es crítica para cumplir con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 11 (Ciudades sostenibles) y ODS 7 (Energía asequible y no contaminante).

Enfoque social

Una movilidad equitativa debe garantizar el acceso universal y asequible al transporte, especialmente para los grupos más vulnerables. Mujeres, personas mayores, jóvenes, personas con discapacidad y habitantes de zonas periféricas deben ser considerados como protagonistas del diseño urbano. La movilidad sostenible debe reducir las desigualdades, ampliar las oportunidades y mejorar la calidad de vida en todas las capas sociales.

Proyecciones y recomendaciones para futuras ediciones del Libro Blanco de la Movilidad Sostenible

La movilidad urbana sostenible, desde una perspectiva energética, re-

presenta una línea prioritaria para el análisis técnico en la región. Por ello, es fundamental que futuras ediciones del Libro Blanco de la Movilidad amplíen este capítulo hacia estudios más detallados y comparativos que incluyan:

- Diagnósticos específicos por ciudad, con indicadores de eficiencia energética en transporte urbano.
- Evaluaciones de impacto de la electromovilidad pública en la matriz energética.
- Modelos de financiamiento y cooperación para el desarrollo de infraestructura de recarga eléctrica urbana.
- Mapeo regional de iniciativas de última milla y sus efectos en consumo energético, congestión y acceso.
- Casos de éxito replicables adaptados a contextos latinoamericanos.

Bibliografía:

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2023). *Demand-side data and energy efficiency indicators: A guide to designing a national roadmap*. <https://www.iea.org>
- Banco Mundial. (2022). *Realizing the Potential of Energy Efficiency in Latin America and the Caribbean*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *Panorama del desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*.
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2024). *Nota Técnica No. 3: Metas Regionales de Eficiencia Energética*. Quito, Ecuador.
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2024). *Sistema de Información Energética de Latinoamérica y el Caribe (SIELAC)*. <https://www.olade.org/sielac>





Género y movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe

La autoría de este artículo está a cargo de la **Unidad de Movilidad Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**.

Antecedentes

La transición hacia la movilidad eléctrica representa una oportunidad significativa para avanzar tanto en la igualdad de género como en las metas climáticas. América Latina y el Caribe deben aprovechar este momento para garantizar que los esfuerzos de descarbonización de la flota vehicular de la región sean no solo eficaces, sino también justos e inclusivos, sin dejar a nadie atrás.

La movilidad eléctrica está transformando el sector transporte, reemplazando sistemas consolidados durante décadas en torno a los motores de combustión interna (MCI). Este cambio está redefiniendo tecnologías, procesos de producción y comportamientos de consumo, con importantes repercusiones para el empleo. A medida que los roles tradicionales en fabricación, ventas y mantenimiento de vehículos evolucionan o desaparecen, surgen nuevas oportunidades en infraestructura de carga, energías renovables, gestión de baterías, reciclaje y servicios digitales.

Para asegurar una transición justa e inclusiva, es esencial invertir en el desarrollo de capacidades y crear igualdad de oportunidades en los nuevos sectores. Las mujeres deben formar parte de este proceso, con esfuerzos específicos para eliminar barreras y promover su participación como usuarias del transporte, trabajadoras y tomadoras de decisiones. Si se gestiona de manera eficaz, la transición hacia la movilidad eléctrica tiene el potencial de generar millones de empleos verdes y, al mismo tiempo, impulsar la igualdad de género y las metas climáticas.

En América Latina, las mujeres representan solo el 15% de la fuerza laboral en el sector transporte, y su presencia en cargos directivos se reduce a cifras de un solo dígito. A medida que crece la movilidad eléctrica, ce-

errar esta brecha de género será fundamental, no solo para construir un sector más inclusivo, sino también para enfrentar la escasez de personal en funciones que van desde la conducción hasta los nuevos roles en fabricación, ensamblaje y servicios digitales vinculados a los vehículos eléctricos (VE).

Construir un sector transporte más inclusivo es fundamental, ya que la calidad y las políticas de transporte público tienen un gran impacto en las mujeres, quienes dependen de este servicio en mayor medida que los hombres. En América Latina, la evidencia muestra que las mujeres dedican, en promedio, un 30% más de tiempo a los desplazamientos que los hombres y caminan entre un 11% y un 16% más para cumplir con sus tareas diarias. Estas desigualdades limitan directamente el acceso de las mujeres al empleo, a los servicios esenciales y a oportunidades, afectando su participación económica y su calidad de vida.

Sin embargo, persiste una brecha de género en la planificación y el diseño de las redes de movilidad, lo que sigue derivando en sistemas que a menudo no responden a las necesidades de las mujeres. Con el desarrollo de la movilidad eléctrica, las y los responsables de políticas públicas deben adoptar medidas estratégicas para garantizar el desarrollo de capacidades de las mujeres a gran escala y promover esquemas que impulsen su participación activa, de modo que los sistemas de transporte reflejen y respondan a sus realidades cotidianas.

Implementar **programas de desarrollo de capacidades a gran escala** es fundamental, no solo para garantizar la inclusión de las mujeres, sino también para sostener el crecimiento del sector de la movilidad eléctrica. Estos programas deben abarcar tanto empleos en donde se requieren altas, medias y bajas capacidades a lo largo de toda la cadena de valor de los vehículos eléctricos, asegurando además que las mujeres estén representadas en roles de liderazgo y en la toma de decisiones.

Están surgiendo nuevos puestos altamente calificados en áreas como el diseño de vehículos, el desarrollo de software y el ensamblaje de componentes electrónicos. Para responder a la creciente demanda de talento, las industrias recurren cada vez más al creciente número de mujeres que se gradúan en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM/STEM).

Al mismo tiempo, la transición hacia los vehículos eléctricos está generando oportunidades para las mujeres en la fabricación y en las opera-



ciones de transporte. Históricamente, el sector transporte ha mostrado una brecha de género especialmente amplia tanto en puestos directivos como en funciones técnicas y operativas. La participación de las mujeres en la planificación y en la formulación de políticas es esencial para el desarrollo de sistemas de transporte inclusivos en materia de género. Cuando las mujeres ocupan cargos como directoras de agencias de transporte, planificadoras urbanas o responsables de políticas públicas, pueden desempeñar un papel clave en el diseño de sistemas basados en la movilidad eléctrica más inclusivos, accesibles y adaptados a las necesidades de todas las personas.

Para lograrlo, **la colaboración entre el mundo académico, la industria y los gobiernos** es esencial, no solo para construir la fuerza laboral de la movilidad eléctrica, sino también para que las mujeres cuenten con las herramientas necesarias para liderar en este ámbito. Las universidades, en particular, deben desempeñar un papel central en la reconversión y formación de mujeres y hombres, respondiendo a las demandas cambiantes del sector y cerrando las brechas persistentes en liderazgo y campos técnicos.

Las **políticas nacionales y regionales de movilidad eléctrica con enfoque de género** son esenciales. Estas contribuyen a cerrar las brechas persistentes en el sector transporte, visibilizando el papel de las mujeres, orientando a inversionistas y apoyando la educación y la comunicación con enfoques informados en género. Sin embargo, muchas políticas actuales siguen siendo neutras al género, lo que limita su capacidad transformadora.

Colombia se destaca como líder regional en el impulso de la igualdad de género a través de la movilidad eléctrica, demostrando cómo la colaboración multiactor y las estrategias con enfoque de género pueden generar sistemas de transporte más inclusivos. Tanto a nivel nacional como en las ciudades, la acción coordinada entre instituciones públicas, operadores de transporte y entidades de formación está ayudando a cerrar brechas y garantizar que las mujeres participen activamente en la transición.

En Bogotá, la empresa pública de transporte liderada por mujeres **La Rolita** opera una flota de 195 autobuses eléctricos, la primera de su tipo en América Latina (C40 Cities/TUMI, 2023). La compañía exige capacitación para conductoras y promueve activamente su incorporación en roles no tradicionales, estableciendo un precedente sólido para la equidad de género en los servicios públicos de transporte.

La incorporación de 172 autobuses eléctricos en febrero de 2022 generó 502 empleos verdes, mientras que el ensamblaje local creó más de 1.400 empleos adicionales, incluidos 165 para mujeres. Esto fue posible gracias a políticas públicas y alianzas institucionales que priorizan el desarrollo inclusivo de la fuerza laboral.

El **Departamento Distrital de la Mujer de Bogotá (DDM)** desempeña un papel central para facilitar la participación de las mujeres en los sectores de transporte. A través de sus 18 Centros de Inclusión Digital, el DDM ofrece formación en competencias digitales y apoya a las mujeres en la obtención de licencias de conducción de Servicio Público, un requisito que a menudo constituye una barrera económica. La institución también ha respaldado a mujeres técnicas de La Rolita para que obtengan las certificaciones necesarias y ha brindado apoyo específico para la capacitación en conducción eficiente, ampliando las oportunidades de acceso a lo largo de toda la cadena de valor de la movilidad eléctrica.

En conclusión, **América Latina y el Caribe se encuentra en un momento decisivo**. La transición hacia la movilidad eléctrica no es solo un cambio tecnológico: es una oportunidad para redefinir el sector transporte como inclusivo, equitativo y sostenible. Integrar la igualdad de género en cada etapa de esta transición —desde las políticas y la planificación, hasta el desarrollo de capacidades y el liderazgo— permitirá liberar todo el potencial de la electromovilidad.

Esto requiere acciones intencionales: programas de capacitación específicos, políticas con enfoque de género y una representación significativa de las mujeres en los espacios de toma de decisiones. Con voluntad política, alianzas estratégicas y marcos inclusivos, la movilidad eléctrica puede convertirse en un motor tanto de acción climática como de transformación social, asegurando que nadie quede atrás.

La electromovilidad como motor de cambio

“El papel de la electromovilidad como motor de cambio: hacia una transición justa y transformadora en materia de género” es un proyecto implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con financiamiento del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ). Su objetivo es garantizar que la transición hacia la movilidad eléctrica en los países de ingresos bajos y medianos incluya y promueva los intereses de las mujeres, contribu-



yendo a un sector transporte más justo y transformador en materia de género.

El proyecto se desarrolla en el marco del Programa Global de Movilidad Eléctrica del PNUMA e incluye seis países piloto: Colombia, Ecuador, Indonesia, Vietnam, Kenia y Uganda. En cada uno de ellos, se apoya la formulación de políticas de electromovilidad con enfoque de género, se promueve la capacitación inclusiva de la fuerza laboral y se fortalecen las capacidades institucionales para que las mujeres no sean únicamente beneficiarias, sino también líderes y tomadoras de decisiones activas en la transición hacia la movilidad eléctrica.

Para más información, puede consultarse: [International baseline report on gender and e-mobility](#)

Contexto entre el género y la movilidad en Ecuador

Ecuador se encuentra en una etapa temprana, pero prometedora, en su transición hacia la movilidad eléctrica. En 2021 aprobó la Estrategia Nacional de Electromovilidad y en 2023 oficializó la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (PNMUS). Ambos marcos reconocen explícitamente la equidad de género como un eje transversal; sin embargo, se requiere una mayor institucionalización para asegurar que la participación de las mujeres se mantenga y se amplíe en todo el sector transporte.

Las mujeres representan únicamente el 9% de la fuerza laboral en actividades de transporte y almacenamiento (ENEMDU 2023), y su presencia en cargos técnicos y de liderazgo sigue siendo limitada. Aún así, existen iniciativas locales que muestran un potencial de cambio. En Quito, campañas como *Bájale al Acoso* y la incorporación de un diseño con perspectiva de género en el Metro —donde el 40% del personal son mujeres y 18 de ellas conducen el sistema— están mejorando la seguridad y la representación. El Tranvía de Cuenca ha incorporado mujeres operadoras y sus ordenanzas promueven la inclusión y la prevención de la violencia, mientras que el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Guayaquil integra la perspectiva de género en materia de seguridad, accesibilidad y desarrollo de capacidades laborales.

Los patrones de movilidad también evidencian diferencias de género: el 47,6% de las mujeres utiliza el transporte público, frente al 43% de los hombres, y las mujeres caminan con mayor frecuencia. Sin embargo, la percepción de inseguridad es elevada: el 90,1% de las mujeres en Quito considera inseguro el transporte público, lo que convierte el acoso y la violencia en barreras de acceso, empleo y participación económica.

El ecosistema de electromovilidad de Ecuador cuenta con una creciente participación del sector industrial —desde operadores de buses eléctricos en Quito y Guayaquil, hasta cooperativas pioneras de taxis eléctricos en Loja y Cuenca—, así como con la implicación activa de ministerios, municipios, bancos de desarrollo y sociedad civil. No obstante, la falta de datos sistemáticos desagregados por género limita la formulación de políticas basadas en evidencia.

Las acciones clave identificadas para Ecuador incluyen:

- Ampliar la capacitación con enfoque de género para roles técnicos, operativos y de liderazgo en la cadena de valor de los vehículos eléctricos.
- Integrar consideraciones de género en todas las etapas de la planificación de la movilidad eléctrica, desde el diseño de la infraestructura hasta el financiamiento.
- Fortalecer las medidas de seguridad en el transporte público para fomentar un mayor uso y empleo femenino.
- Mejorar los sistemas de datos para registrar y analizar la participación y los patrones de movilidad de las mujeres.

Al incorporar estas prioridades en las políticas, la planificación y la inversión, Ecuador puede garantizar que su transición hacia la movilidad eléctrica sea un motor tanto de acción climática como de igualdad de género.

Para más información, puede consultarse: [Ecuador baseline report on gender and e-mobility](#)



Contexto entre el género y la movilidad en Colombia

Colombia se ha posicionado como líder regional en movilidad eléctrica, respaldada por un sólido marco normativo que incluye la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y Sostenible (2019), la Ley de Movilidad Eléctrica (Ley 1964 de 2019) y planes de movilidad urbana que integran objetivos de sostenibilidad e inclusión de género. Aunque estas políticas reconocen la importancia de la inclusión, su implementación efectiva requiere de mecanismos institucionales más sólidos para cerrar las brechas de género en el sector.

Las mujeres representan el 8,6% de la fuerza laboral en actividades de transporte y almacenamiento (GEIH 2023) y están subrepresentadas en roles técnicos, operativos y de toma de decisiones. Sin embargo, las iniciativas municipales muestran avances: adicional a los avances reflejados en La Rolita y en Transmilenio, el Metroplús de Medellín ha formado y empleado a mujeres como operadoras de buses eléctricos; y el MIO de Cali ha implementado campañas contra el acoso y medidas para mejorar la seguridad de las pasajeras.

Las encuestas de movilidad indican que el 62,8% de las mujeres en Bogotá utiliza el transporte público, frente al 54,6% de los hombres, y que ellas son más propensas a realizar viajes multipropósito y a desplazarse con personas a su cargo. No obstante, persisten las preocupaciones de seguridad: el 86% de las mujeres en Bogotá declara sentirse insegura en el transporte público, lo que limita su acceso a oportunidades y condiciona sus decisiones de viaje.

El ecosistema de movilidad eléctrica de Colombia se beneficia de una creciente flota de autobuses eléctricos —más de 1.600 en Bogotá, una de las mayores fuera de China— y de la participación activa de ministerios, gobiernos locales, agencias de transporte, operadores privados y bancos de desarrollo. Sin embargo, la ausencia de datos integrales desagregados por género en empleo, capacitación y patrones de uso limita la capacidad de diseñar intervenciones específicas.

Las acciones clave identificadas para Colombia incluyen:

- Ampliar los programas de formación para mujeres en roles técnicos, operativos y de liderazgo en movilidad eléctrica.
- Integrar las consideraciones de género en los procesos de planificación, contratación y seguimiento.

- Reforzar las medidas e infraestructura de seguridad para aumentar la confianza de las mujeres en el transporte público.
- Mejorar la recopilación de datos desagregados por sexo para orientar las políticas y la inversión.

Al incorporar estas prioridades, Colombia puede aprovechar su liderazgo en movilidad eléctrica para avanzar simultáneamente en la acción climática y en la igualdad de género.

Para más información, puede consultarse: [Gender and electric mobility baseline report for Colombia](#)

En el marco del mandato del Foro de Ministras y Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, los avances hacia una movilidad eléctrica con enfoque de género en países como Ecuador y Colombia reflejan el compromiso regional con la acción climática y la igualdad.

En Ecuador, los avances registrados muestran que las políticas nacionales pueden traducirse en mejoras concretas en seguridad, acceso y participación laboral. En Colombia, la expansión de los autobuses eléctricos, junto con programas de capacitación para operadoras y campañas contra el acoso, evidencia cómo las ciudades pueden liderar integrando la perspectiva de género en todas las etapas de planificación e implementación.

Ambos casos confirman que cerrar las brechas de género en la movilidad —mediante datos desagregados, formación técnica, medidas de seguridad y mecanismos de inclusión no solo es coherente con los compromisos regionales en materia ambiental y de igualdad, sino que también fortalece la resiliencia, la justicia social y la sostenibilidad que el Foro promueve como parte de su agenda común.

Para más información, puede consultarse: [Grupo Regional de Trabajo sobre Género y Medio Ambiente de ALC](#)





Energéticos

Generación de energía eléctrica en ALC: Un pilar fundamental para la movilidad sostenible

Introducción

Uno de los elementos clave en la transición hacia sistemas de movilidad sostenibles en América Latina y el Caribe es la progresiva sustitución de vehículos con motores de combustión interna, que utilizan combustibles fósiles, por unidades impulsadas mediante energía eléctrica. Este cambio no solo tiene implicaciones tecnológicas o ambientales, sino que reviste una relevancia estratégica desde el punto de vista energético, al incidir directamente en la diversificación de la matriz energética, la seguridad del suministro y la eficiencia energética del sector transporte.

Cabe destacar que los beneficios de esta electrificación del transporte se maximizan cuando la electricidad proviene de fuentes de generación renovables. En este sentido, América Latina y el Caribe se encuentra en una posición privilegiada a nivel mundial: más del 60% de la electricidad en la región proviene de fuentes renovables, principalmente hidroeléctrica, eólica y solar (OLADE, 2024). Esta característica estructural ofrece una ventaja comparativa para avanzar hacia una movilidad descarbonizada, al reducir simultáneamente las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles importados.

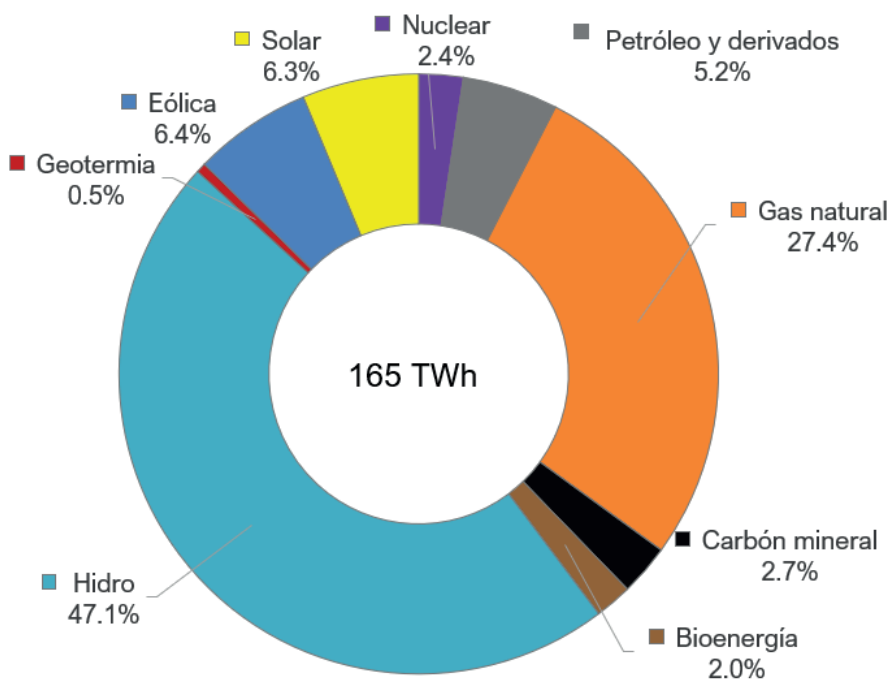
Sin embargo, es importante subrayar que esta transición no se manifiesta de forma homogénea en todos los países de la región. Existen marcadas diferencias en la composición de las matrices eléctricas nacionales. Países como Uruguay, Costa Rica y Paraguay, por ejemplo, generan más del 90% de su electricidad a partir de fuentes renovables, lo que los convierte en referentes regionales en cuanto a las condiciones habilitantes para una electrificación sostenible del transporte (OLADE, 2024; IEA, 2023).



Generación eléctrica en ALC por fuente a marzo 2025

En marzo de 2025 la generación total de electricidad en América Latina y el Caribe (ALC), alcanzó los 165 TWh, lo que representa un incremento del 5% en la comparación interanual con respecto a marzo de 2024. De este total, el 47.1% se produjo a partir de hidroenergía, el 27.4% con gas natural, el 6.4% con energía eólica, el 5.2% con petróleo y derivados, el 6.3% con energía solar, el 2.4% con energía nuclear, el 2.7% con carbón mineral, el 2.0% con bioenergía y el 0.5% con geotermia. Ver Figura 42.

Figura 42. Generación eléctrica por fuente en ALC, marzo 2025 (%)



Fuente: sieLAC – OLADE 2025

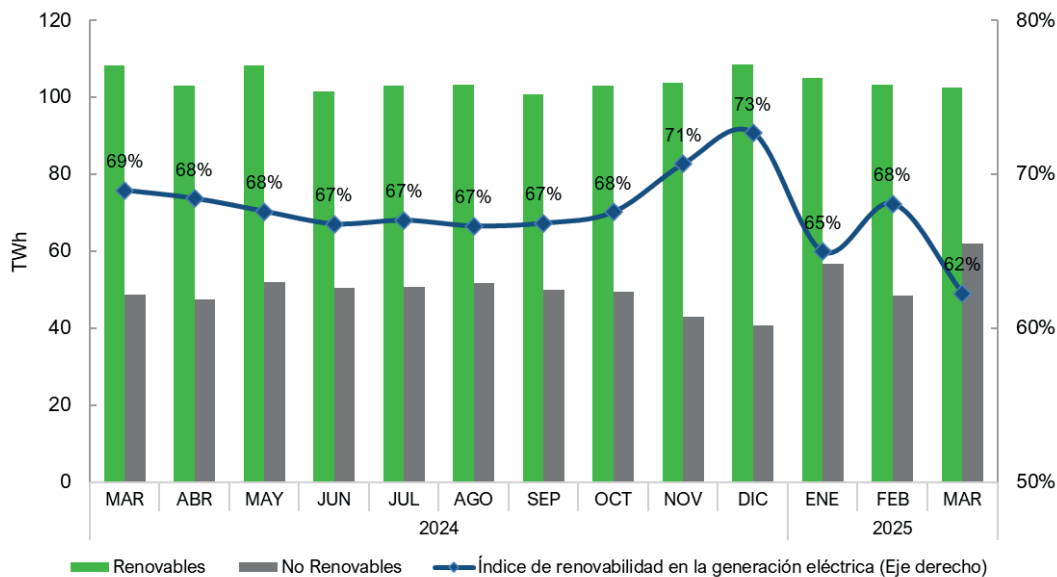
Índice de renovabilidad de la generación de energía eléctrica.

En ALC, durante el período de marzo de 2024 a marzo de 2025, este indicador, osciló entre el 62% y el 73%.

En marzo de 2025 este indicador alcanzó el 62% registrando uno de los valores mensuales más bajos para el período analizado, debido a la mayor generación con fuentes de energía fósil y la disminución de la generación hidráulica y eólica. Ver Figura 43.

Cabe mencionar que 7 países de la región superan valores superiores al 75% del índice de renovabilidad, destacándose Paraguay que lidera el ranking en la región siendo su índice aproximadamente del 100% seguidos de Costa Rica, Brasil, Uruguay, Venezuela, Colombia y Belice. Ver Figura 44.

Figura 43. Índice de renovabilidad en la generación de electricidad, ALC



Fuente: sieLAC – OLADE 2025



Figura 44. Mapa del Índice de Renovabilidad en la generación de electricidad en ALC, marzo 2025



Comentarios finales

En síntesis, la electrificación del transporte constituye una palanca esencial de la eficiencia energética y la transición energética en América Latina y el Caribe. Aprovechar el elevado grado de renovabilidad de la matriz eléctrica regional permite avanzar simultáneamente en tres objetivos estratégicos: reducción de emisiones, aumento de la independencia energética y mejora en la calidad del servicio de transporte. Para ello, es crucial que las políticas públicas en movilidad estén articuladas con las estrategias energéticas nacionales y regionales, integrando indicadores de desempeño energético, incentivos a la innovación tecnológica y mecanismos de financiamiento que favorezcan una movilidad más limpia, segura y eficiente.

Bibliografía:

- OLADE. (2024). *Metas Regionales de Eficiencia Energética*. Quito: Organización Latinoamericana de Energía.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global EV Outlook 2023*. Paris: IEA.
- Naciones Unidas. (2023). *SDG Indicators Data Platform*. <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/>





Buenas
Prácticas



Autor: Ministerio del Medio Ambiente de Chile

El Proyecto CLETS y su relevancia en la movilidad sostenible en Chile

La iniciativa ha permitido la formulación y ejecución de iniciativas que impulsan la movilidad sostenible en sus múltiples dimensiones, al tiempo que contribuye a superar desafíos como la necesidad de fortalecer capacidades técnicas y la disponibilidad de herramientas especializadas, elementos clave para una transición efectiva y sostenible.



La Ministra del Medio Ambiente María Heloisa Rojas Corradi y el Ministro de Transportes y Telecomunicaciones Juan Carlos Muñoz Abogabir, junto a autoridades de AGCID y CAF en la jornada de arranque del proyecto

El Proyecto “Apoyo a la Estrategia Chilena de Transporte Sostenible” (CLETS), financiado por el Fondo Mundial para el Medio Medio Ambiente (GEF) e implementado por el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF), es ejecutado por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA) y administrado por la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), ha sido fundamental para fortalecer la ac-



ción climática del sector transporte.

Este proyecto ha permitido la formulación y ejecución de iniciativas que impulsan la movilidad sostenible en sus múltiples dimensiones, al tiempo que contribuye a superar desafíos no financieros. Entre ellos se incluyen la necesidad de fortalecer capacidades técnicas y la disponibilidad de herramientas especializadas, elementos clave para una transición efectiva y sostenible.

El objetivo del “Proyecto CLETS” es constatar los impactos positivos, en las emisiones de gases efecto invernadero, del uso de tecnologías de transporte de cero y bajas emisiones en los sistemas integrados de movilidad pública urbana.

El proyecto comprende fundamentalmente los siguientes dos componentes:

- Promoción de marcos normativos, de planificación y reglamentarios que fomenten la adopción de sistemas integrados de movilidad de bajas emisiones. Esto a través de la participación, la gestión del conocimiento y el desarrollo de capacidades en el marco de una Estrategia Chilena de Transporte Bajo en Emisiones (CLETS);
- Implementación de iniciativas piloto en el uso de tecnologías de transporte de cero y bajas emisiones en sistemas integrados de movilidad pública urbana, que pongan en funcionamiento mecanismos financieros de apoyo a los sistemas integrados de movilidad de bajas emisiones, demostrando sus beneficios.

Coordinación de Proyecto CLETS con el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (MTT)

La movilidad sostenible, que comprende un conjunto de capacidades, prácticas y modos de transporte, tiene como objetivo principal satisfacer las necesidades de movilidad de personas y bienes, minimizando el

impacto ambiental y mejorando la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras. Este reto adquiere una relevancia particular en América Latina y el Caribe, una región caracterizada por una expansión urbana acelerada, déficits en su ordenamiento territorial, altos niveles de informalidad y desigualdad, y una marcada vulnerabilidad a los efectos del cambio climático.

En este contexto, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), a través del Programa de Vialidad y Transporte Urbano (SECTRA), ha adoptado la movilidad sostenible como un principio rector de su gestión. Este enfoque se materializa en una serie de acciones estratégicas que priorizan la electromovilidad, los modos de transporte no contaminantes, el desarrollo de sistemas de transporte público masivo, la promoción del transporte ferroviario y el fomento de la movilidad activa.

La clave de esta estrategia radica en la creación de soluciones adaptadas al contexto local, basadas en el conocimiento situado, la participación ciudadana y la cooperación regional. El transporte se concibe como un catalizador para la colaboración entre el gobierno, el sector privado y la sociedad civil, con el fin de construir ciudades más habitables, socialmente equitativas y resilientes.

Ejes Fundamentales de la Acción del MTT

- I. **Transporte Público de Calidad:** Se prioriza la inversión en sistemas de buses masivos de bajas emisiones y altos estándares de servicio, con un fuerte énfasis en el desarrollo regional y la descentralización.
- II. **Movilidad Activa:** Se fomenta el uso de la bicicleta y la caminata mediante la creación de infraestructura segura, accesible y bien integrada en el entorno urbano.
- III. **Trasporte Bajo en Emisiones:** Se impulsa el desarrollo de tecnologías limpias, la electrificación del transporte y el uso sistemas eficientes y accesibles.
- IV. **Planificación Urbana Integrada:** Se refuerza la visión de que la movilidad no puede resolverse únicamente con medidas de transporte, sino que debe estar intrínsecamente vinculada al desarrollo urbano. Esto implica la promoción de entornos compactos, de uso mixto, que reduzcan la necesidad de viajes y optimicen la eficiencia.

Entre las iniciativas más destacadas del proyecto CLETS en este ámbito se encuentran:



- El Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático del Sector Transporte, que establece una hoja de ruta para la reducción de emisiones y la adaptación a los efectos del cambio climático.
- El desarrollo de una Estrategia de Datos Abiertos de Movilidad, que busca democratizar el acceso a la información para una planificación más eficiente y transparente.
- La implementación de Proyectos Piloto Demostrativos para probar y validar nuevas tecnologías y modelos de movilidad.
- La digitalización de rutas de taxis colectivos, lo que optimiza la eficiencia del servicio y la experiencia de los usuarios.

Estos proyectos han inaugurado una línea de acción conjunta entre ambos ministerios, sentando las bases para una colaboración duradera.

La sinergia y el compromiso de ambos ministerios auguran beneficios reales para todos los usuarios de los sistemas de transporte, marcando un camino comprometido con un futuro más sostenible y próspero para la sociedad.

Proyecto CLETS y sus iniciativas pilotos

El proyecto CLETS contempla el desarrollo de cuatro acciones demostrativas en distintas regiones del país, fuera de la Metropolitana. Cada una de ellas cuenta con objetivos definidos, beneficios concretos y un enfoque orientado a su potencial de replicabilidad a nivel regional:

- **Antofagasta: Una hoja de ruta para la ciudad**

Antofagasta constituye un punto clave en la electrificación del transporte público mayor en regiones, impulsando el uso de buses eléctricos y tecnologías limpias en el transporte colectivo. La acción demostrativa de CLETS en esta ciudad tiene como propósito, mediante la articulación con actores locales de la electromovilidad y la difusión de sus resultados, elaborar un diagnóstico sobre la situación regional y una Hoja de Ruta para el desarrollo del transporte sostenible en la ciudad.

- **Concepción: Sistema de bicicletas públicas**

El objetivo de este piloto es implementar un sistema público de bicicletas en el Gran Concepción, como una iniciativa que incorpore a la bicicleta dentro de la red de transporte público, asegurando sostenibilidad operativa y accesibilidad. El proyecto contempla la definición de bases técnicas y económicas para la licitación del servicio, junto con campañas de sensibilización que promuevan el uso de la movilidad activa entre los usuarios del transporte.

Los beneficios esperados de esta acción demostrativa son la reducción de emisiones y de la congestión vehicular, el fomento de hábitos saludables y la implementación de un sistema de bicicletas plenamente integrado al transporte público de la ciudad.

- **Lebu: Un piloto regulatorio para transporte público menor**

El objetivo de este piloto es impulsar la electromovilidad en taxis colectivos (sistema de taxi compartido con ruta fija que opera en Chile), en la ciudad de Lebu. Considerando los subsidios estatales para la adquisición de vehículos eléctricos (con una proyección de 15 unidades entre 2025-2026), se plantea la implementación de infraestructura de carga rápida (una en Lebu y otra en la ruta hacia Concepción). En paralelo, se avanzará en la prospección de modelos de negocio que viabilicen la instalación de más infraestructura de carga pública.

Los beneficios esperados de esta experiencia piloto son impulsar la movilidad eléctrica en ciudades donde, por sus características urbanas y demográficas, el taxi colectivo constituye el principal medio de transporte público. La incorporación de infraestructura de carga rápida permitirá reducir la ansiedad de autonomía, incentivar la adopción tecnológica por parte de los operadores y, en última instancia, mejorar la experiencia de los usuarios del transporte público regional, contribuyendo a la consolidación de un sistema de transporte sostenible en zonas rurales y turísticas.



- **Valdivia: Electro terminal de flotas de buses eléctricos**



Jornada de capacitación en infraestructura de carga con operadores de buses del transporte público (instalaciones ABB Chile)

El objetivo de este piloto es promover la transformación de la flota de transporte público mayor hacia la electromovilidad, mediante la creación de infraestructura de carga de acceso público. Se proyecta la implementación de un electroterminal multimodal que permita a diversos usuarios de la electromovilidad cargar sus vehículos, incluyendo el transporte público mayor, taxis, vehículos particulares y servicios de reparto de última milla, fomentando así la interoperabilidad y la eficiencia energética.

Los beneficios esperados de esta experiencia demostrativa son la reducción significativa de emisiones contaminantes, la modernización tecnológica y la generación de conocimiento local.

Estas cuatro iniciativas piloto del proyecto CLETS no solo buscan demostrar la viabilidad tecnológica sino, primordialmente, estructurar modelos de negocio y esquemas regulatorios que aseguren su sostenibilidad financiera y operativa en el tiempo. Es clave su capacidad de generar aprendizajes y metodologías replicables, que puedan ser escaladas dentro de Chile y en ciudades latinoamericanas con perfiles similares.

La experiencia chilena evidencia que la articulación entre políticas públicas, innovación tecnológica, subsidios estratégicos, articulación y participación multisectorial del estado e instituciones es esencial para consolidar la electromovilidad como eje central en la movilidad urbana sostenible.

Con esta mirada sistémica y de largo plazo se busca posicionar a Chile como referente en la región, generando lecciones que puedan inspirar y guiar los procesos de movilidad sostenible en América Latina.



Ministerio del Medio Ambiente
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo



BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA

CLETS
APOYO A LA ESTRATEGIA CHILENA DE
TRANSPORTE PÚBLICO SOSTENIBLE



Autor: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile

Santiago de Chile y la transformación del transporte público hacia la electromovilidad

La experiencia de Santiago de Chile en la incorporación de buses eléctricos al transporte público ha sido una de las más destacadas de América Latina y del mundo. El Sistema RED Movilidad (en adelante, Sistema) se ha consolidado como referente global en movilidad sostenible y la ciudad con más buses eléctricos fuera de China. Santiago contará, a marzo de 2026, con más de 4.400 buses eléctricos, alcanzando un 68% de su flota con cero emisiones.

Este proceso responde a una combinación de políticas públicas de Estado, con miradas de largo plazo que traspasan gobiernos, con marcos regulatorios sólidos y estrategias financieras innovadoras. Todo ello acompañado de la convicción política de que el transporte público puede y debe mejorar la vida cotidiana de las personas.

Un ejemplo de ello fue la primera Estrategia Nacional de Electromovilidad publicada en 2017, que permitió la llegada de los primeros dos buses eléctricos para ser probados en el Sistema. Esta estrategia, actualizada en 2021, estableció el objetivo de que, al año 2035, el 100% de las nuevas adquisiciones del transporte público deben ser cero emisiones, y que todos los buses del Sistema de Transporte Público deben ser eléctricos al año 2040. Las acciones de distintos gobiernos desde entonces se han enmarcado en continuar y fortalecer dichos objetivos, incluso adelantándolos de manera significativa, con la primera licitación 100% eléctrica llevada a cabo en 2023, 10 años antes de lo planificado.





1. Claves legales y financieras de un modelo pionero

Legales. El caso chileno se cimienta en decisiones legales estratégicas. La Ley N°20.378 aprobada el año 2009, creó un subsidio nacional al transporte público que ha sido fundamental para asegurar el financiamiento sostenible, permanente y de largo plazo para la operación del Sistema. El subsidio es una inversión social clave para la modernización del transporte público, incluida su apuesta por la electromovilidad, generando procesos de garantía de los flujos de pagos y asegurando legalidad, trazabilidad y transparencia.

La misma ley estableció un Panel de Expertos, órgano técnico autónomo encargado de determinar trimestralmente los ajustes en las tarifas, con el fin de garantizar la sostenibilidad financiera del Sistema en su conjunto. Por otra parte, los recursos provenientes de las tarifas y el subsidio se gestionan de manera autónoma y centralizada por el administrador financiero AFT, cuyo patrimonio es independiente de los recursos propios del Sistema. Así, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (MTT), a través del Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), coordina e instruye los pagos a las empresas que prestan los ser-

vicios según los estándares exigidos.

En paralelo, Chile fortaleció en 2015 la Ley N°18.696 y otras normativas asociadas, otorgando al MTT mayores atribuciones para intervenir y regular el transporte público a nivel nacional. En la mencionada ley, se faculta al MTT para pronunciarse sobre las condiciones y requisitos incorporados contratos de provisión, además de exigir que los bienes involucrados sean considerados **Bienes Afectos a la Concesión**. Estos bienes deben inscribirse en el Registro de Bienes Afectos y, en caso de término de contrato del operador, se transfieren a la nueva empresa si aún tienen vida útil remanente. Este mecanismo garantiza la continuidad del servicio y protege los activos esenciales del Sistema, permitiendo su uso y el pago íntegro de sus cuotas hasta el término de su vida útil, independiente de quien los opere.

Financieras. La evolución de los instrumentos regulatorios aplicados tuvo un rol crucial en la conformación de la flota de buses eléctricos y la adquisición de la infraestructura de carga. Chile aplicó un modelo de negocios robusto que reduce barreras de entrada, genera competencia y mitiga riesgos financieros. La clave fue separar la propiedad de los activos (terminales, buses e infraestructura de carga) de la operación, garantizando que el pago íntegro de la flota e infraestructura se mantuviera durante toda su vida útil, independiente del operador.

En particular, tres elementos resultaron decisivos: Contratos de Provisión, Cuota de Flota y Bienes Afectos a Concesión. Los **Contratos de Provisión** permiten que los operadores privados celebrar acuerdos para utilizar y gozar de los bienes necesarios para la prestación del servicio, como buses o infraestructura de carga, siempre y cuando estos sean aprobados por el MTT, quien vela por el cumplimiento de estándares y, la sostenibilidad y eficiencia del Sistema.

En los Contratos de Provisión se regula la **Cuota de Flota**, una cuota fija de arrendamiento que cubre el capital y la deuda, la que es transferida directamente al financista a través del AFT, para lo cual el concesionario debe mandar, mediante una cesión de los ingresos que recibe por prestar sus servicios de transportes, para realizar el pago directamente al financista del activo. De este modo, se reduce el riesgo de retraso o incumplimientos en el pago de las cuotas dando certezas financieras al desligar este flujo de los indicadores de calidad asociados a la operación.

Un hito adicional fue la modernización de la Ley General de Servicios



Eléctricos, que abrió la figura de “clientes libres”. Gracias a ello, los operadores pudieron negociar contratos directamente con generadoras, accediendo a energía más limpia y barata. Este punto resulta de enorme interés para países de la región, ya que articula la movilidad eléctrica con la transición energética en curso.

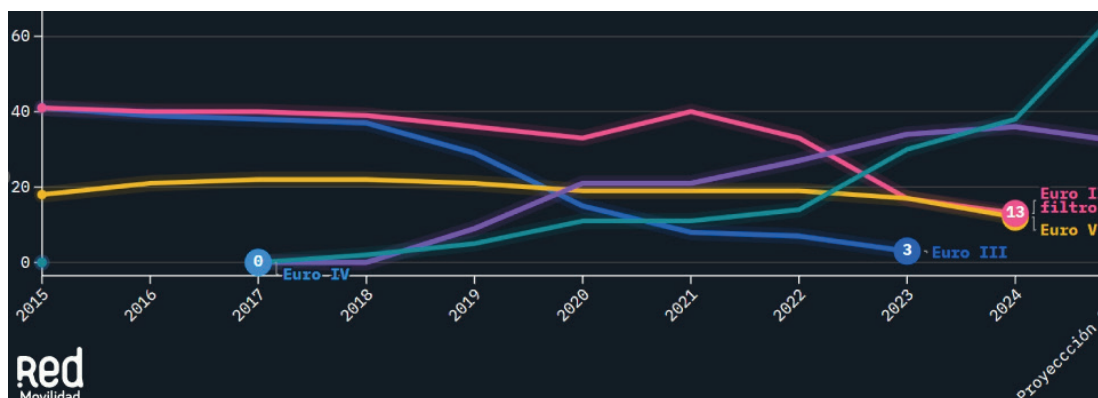
Paralelamente, el Estado asumió un rol decisivo en la infraestructura: primero con la expropiación de terminales y luego, a través de la empresa pública “Desarrollo País”, quien se encarga de la adquisición, arriendo y, a partir de 2025, de la habilitación de electroterminales.



2. La apuesta de Santiago de Chile: licitaciones 100% eléctricas

Si en marzo de 2022 el Sistema Red Movilidad contaba con menos de 800 buses eléctricos y 10 electroterminales, hacia marzo de 2026 se espera alcanzar 4.406 buses eléctricos y 55 electroterminales, con lo cual el 68% de la flota será eléctrica, consolidando a Santiago de Chile como la ciudad con más buses eléctricos fuera de China.

Gráfico 1: Evolución Tecnológica de la Flota del Sistema Red Movilidad, 2015 – 2025



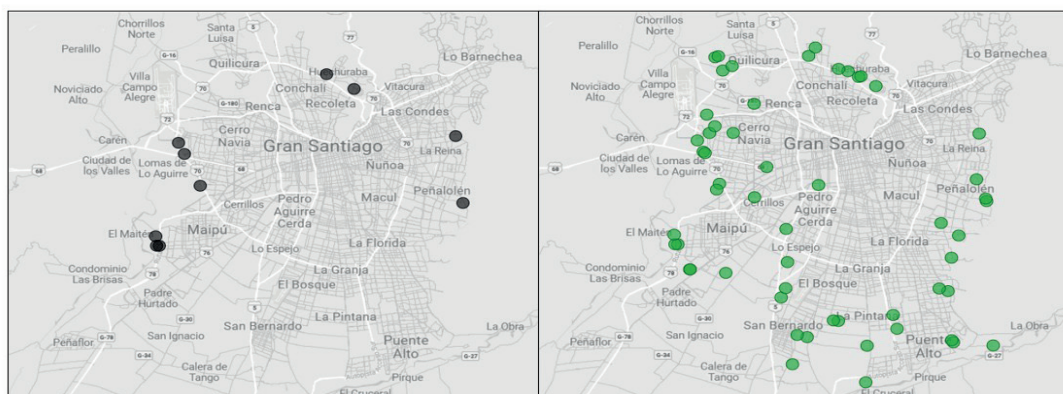
Fuente: 1º Informe de Electromovilidad del Directorio de Transporte Público Metropolitano ⁱ

Ilustración 1. Infraestructura de carga y flota eléctrica por comuna, Proyección 2026

Electrificación de terminales

Hasta 2021: 10 electroterminales

Hasta Marzo 2026: 55 electroterminales



Fuente: Elaboración Propia, Directorio de Transporte Público Metropolitano ⁱ.

Estos avances se enmarcan en el diseño progresivo de licitaciones orientadas a la electromovilidad. El aprendizaje acumulado en la licitación 2019 permitió diseñar las bases de la Licitación 2023 y la próxima Licitación 2025, en las que se licitan conjuntamente la operación y la flota, exigiendo que el 100% de los vehículos nuevos sean eléctricos, en línea con los compromisos de Chile frente al cambio climático.

La licitación 2023, adjudicada en 2024, permitirá incorporar 1.800 nuevos buses eléctricos y 20 nuevos electroterminales entre 2025 y marzo de 2026, beneficiando a 3,5 millones de personas. Con ello, Santiago habrá adelantado en más de una década los objetivos climáticos de su Estrategia



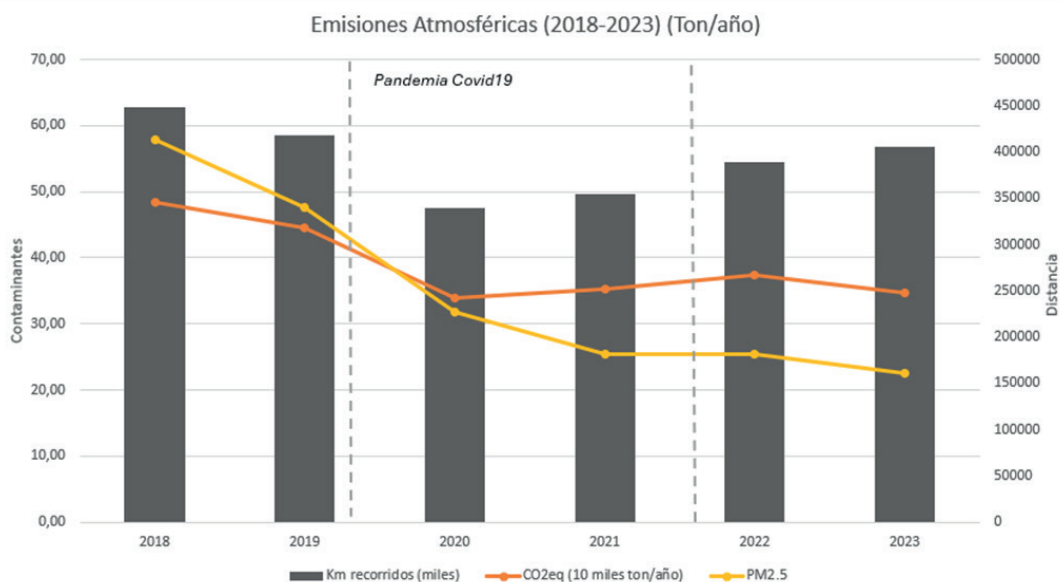
gia Nacional de Electromovilidad, que proyectaba cero emisiones para el transporte público a partir de 2035. El proceso generó fuerte interés internacional: se recibieron 86 ofertas de 9 empresas, incluyendo tres nuevos actores extranjeros que aportaron competencia, innovación y ahorros superiores al 16% frente a procesos previos. Adicionalmente, el proceso de electrificación del Sistema ha logrado atraer inversión por más de 2.8000 millones de dólares, entre los que se incluyen buses, electroterminales, infraestructura de carga y el valor agregado asociado al mercado laboral con las políticas de género e incorporación de mujeres conductoras. Esto confirma a Santiago como plataforma de aprendizaje y expansión para la región.

De cara al futuro, la nueva licitación de provisión y operación de flota lanzada el segundo semestre de 2025 dará continuidad al modelo de provisión, reforzando innovaciones regulatorias que aseguran calidad y sostenibilidad. Entre ellas destacan: la certificación de mantenimiento por un tercero independiente, la obligación de contratos de provisión con contenidos mínimos entre concesionarios y proveedores, y la garantía de autonomía de baterías. Además, el Sistema financiará las cuotas de adquisición de buses, que incluyan los costos de certificación de mantenimiento y otros elementos que aseguren una vida útil de al menos 10 años. El precio de estas cuotas será un factor clave en la adjudicación de ofertas.

3. Resultados: impactos sociales, ambientales y económicos

La electromovilidad en Santiago de Chile ya muestra resultados medibles. En 2023, las emisiones de PM_{2,5} del Sistema RED se redujeron a 22,5 toneladas anuales, mientras que las de CO₂eq descendieron a 346.103 toneladas anuales. En comparación con 2019 (antes de pandemia), estas cifras representan una reducción del 52,8% en material particulado fino y del 22,3% en gases de efecto invernadero, consolidando al sistema de transporte público de Santiago como un referente en sostenibilidad y eficiencia energética.

Gráfico 2: Emisiones atmosféricas 2018-2023 (Ton/año)



Fuente: 1º Informe de Electromovilidad del Directorio de Transporte Público Metropolitano¹, a partir del Sexto Reporte Anual de Emisiones del Sistema RED 2024

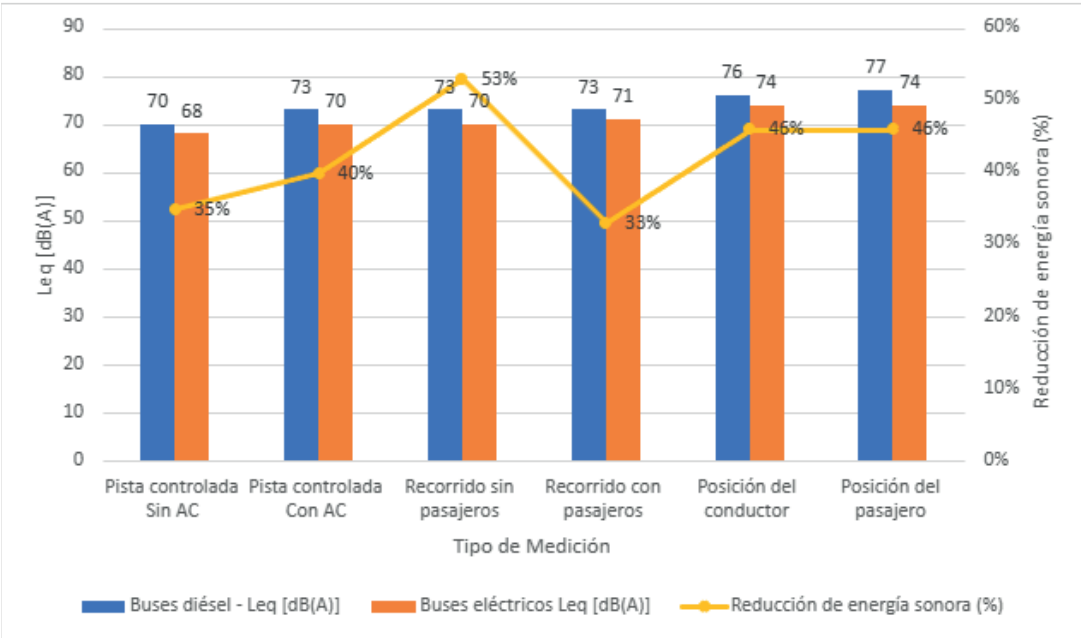
Este impacto se explica también por un cambio estructural en la matriz energética del sistema. Entre 2018 y 2023, el consumo de diésel cayó en un 33,7%, mientras que la demanda de energía eléctrica se multiplicó por cinco, alcanzando más de 100 millones de kWh anuales. Esta transición no solo disminuye la dependencia de combustibles fósiles, sino que impulsa una baja sostenida en la intensidad de emisiones de CO₂eq (gramos de CO₂ equivalente por kilómetro recorrido) mostrando una tendencia decreciente y constante de 1.079 gCO₂eq/km en 2018 a 854 gCO₂eq/km en 2023.

En materia de ruido, uno de los beneficios más destacados de la electromovilidad es la disminución significativa de la contaminación acústica: los buses eléctricos emiten en promedio entre 6 y 5 decibeles (dB(A)) menos que un bus diésel, lo que equivale a una reducción de entre 68% y 75% menos de energía acústica generada.

Los estudios también han demostrado mejoras relevantes en el ruido interior de los vehículos eléctricos. Los pasajeros experimentan viajes más silenciosos y confortables (33% menos de energía acústica), mientras que los conductores perciben una reducción considerable de la fatiga acústica. En la cabina del conductor, donde el ruido es reconocido como una fuente de estrés laboral, las mediciones muestran una baja de 2,7 dB(A) menor que en los buses diésel, que favorece la salud ocupacional y eleva la percepción de seguridad al volante.



Gráfico 3: Nivel de emisión de ruido Leq [dB(A)] promedio registradas al interior de buses diésel y eléctrico y su reducción de energía sonora en porcentaje (%) en los distintos tipos de mediciones



Fuente: 1º Informe de Electromovilidad del Directorio de Transporte Público Metropolitano i.

En mediciones realizadas en colaboración con la Red de Monitoreo de Ruido del Ministerio de Medio Ambiente de Chile confirman esta tendencia. En el eje Alameda, el corredor de transporte más importante de Santiago, se registró una reducción del 44% en el ruido en horas punta tras la incorporación de buses eléctricos. Este patrón se repite en otros puntos de monitoreo distribuidos en la ciudad, evidenciando un efecto sostenido y generalizado en la disminución de la contaminación acústica urbana, lo que se traduce en entornos urbanos más saludables y habitables.

Tabla 1: Niveles de ruido en decibeles (dBA) en Estaciones de Monitoreo de Ruido y distribución de expediciones de buses por tecnología.

Estaciones de monitoreo MMA	Fecha		Niveles de ruido en decibeles (dBA)		Distribución de buses según tecnología en circulación en el eje			
					DIÉSEL	ELECTRICO	DIÉSEL	ELECTRICO
	Día	Año	8:00 – 9:00	19:00-20:00	8:00 – 9:00		19:00-20:00	
Alameda (Altura N°924)	13-08-2019	2019	73,5	73,7	88%	12%	86%	14%
	17-08-2023	2023	71	71,5	66%	34%	64%	36%
	Diferencias (dBA)		-2,5	-2,2				
	Variación porcentual de energía acústica		-44%	-40%				
San Miguel (Santa Rosa N°3453.)	23-09-2020	2020	67,9	66,6	100%	0%	100%	0%
	12-09-2023	2023	65,3	64,7	68%	32%	73%	27%
	Diferencias (dBA)		-2,6	-1,9				
	Variación porcentual de energía acústica		45%	35%				
La Florida (Walker Martínez N°300-380)	09-11-2022	2022	65,7	66,1	100%	0%	100%	0%
	14-11-2023	2023	66,5	65,6	100%	0%	100%	0%
	Diferencias (dBA)		0,8	-0,5				
	Variación porcentual de energía acústica		20%	-11%				

Fuente: 1° Informe de Electromovilidad del Directorio de Transporte Público Metropolitano i.

Desde la perspectiva del servicio, la electromovilidad ha transformado la experiencia cotidiana de millones de usuarios: los nuevos buses incorporan aire acondicionado, conectividad WiFi, puertos USB, accesibilidad universal y cabinas más seguras para los conductores.

Estas mejoras han elevado la percepción de calidad del sistema, con encuestas que muestran que un 79% de los usuarios considera que los buses eléctricos mejoran la imagen de Santiago, mientras que un 84% declara sentirse orgulloso del sistema. Entre los vecinos de electroterminales, un 89% reconoce en la electromovilidad una señal de modernidad e innovación que revitaliza sus barrios.

En el plano social, la electromovilidad también ha abierto nuevos espacios de inclusión laboral. Hoy, un 11,2% del personal de conducción en el Sistema RED son mujeres (2.156), un hito en un sector históricamente masculinizado, proceso que ha involucrado una inversión y captura de valor agregado en capital humano por más de 135 millones de dólares. Para consolidar este avance, la Licitación 2023 incorporan por primera vez el principio de equidad de género, fijando metas de 12% de mujeres al segundo año de concesión y 18% al quinto año.





Asimismo, los concesionarios, a través de la instalación de la transformación y la creación nuevos electroterminales han creado empleos formales en sectores vulnerables, acercando oportunidades de trabajo estable y de calidad a las comunidades locales. Este cambio es profundamente inspirador: la movilidad sostenible en Santiago no solo desplaza personas, también abre caminos hacia mayor equidad.

Esa percepción positiva se refleja en otros actores del ecosistema. Las encuestas a grupos de interés (desde operadores hasta proveedores, vecinos y organizaciones sociales) confirman que la electromovilidad es vista como un símbolo de innovación tecnológica y de progreso urbano. Santiago ya no es solo la capital de Chile: es también un laboratorio vivo de cómo la movilidad sostenible puede transformar ciudades.

En lo económico, el esquema financiero permitió ahorros significativos en las licitaciones, fortaleció la confianza de inversionistas y redujo riesgos. La entrada de nuevos actores internacionales con experiencia en electromovilidad enriqueció el ecosistema local, generando un círculo virtuoso de competencia e innovación, atrayendo inversión a un costo financiero acorde a la mitigación de riesgos.

En paralelo, la evolución tecnológica y la escala alcanzada en el mercado han reducido drásticamente la brecha de costos entre buses eléctricos y

diésel. Mientras en 2020 un bus eléctrico costaba casi el doble que uno convencional (1,8 veces), hoy esa diferencia prácticamente ha desaparecido: la relación es de apenas 1,07. A esto se suma que los rendimientos energéticos son considerablemente más altos, pasando de un costo promedio de 0,20 dólares americanos por kilómetro recorrido en un bus diésel a apenas 0,11 dólares americanos por kilómetro en un bus eléctrico de igual tamaño, lo que refuerza aún más su competitividad económica.

Este cambio marca un punto de inflexión, pues convierte a la electromovilidad en una alternativa no solo ambientalmente superior, sino también competitiva en términos económicos, abriendo la puerta a una masificación irreversible.



4. Proyecciones hacia 2025 y 2026

El año 2025 marcará un punto de inflexión. Se prevé que más de dos tercios de la flota de RED Movilidad sea eléctrica, consolidando a Santiago como la ciudad con más buses eléctricos fuera de China. El ingreso de 1.800 nuevos buses eléctricos permitirá mejorar la cobertura y la calidad del servicio, especialmente en comunas periféricas, extendiendo los be-



neficios de la electromovilidad hacia territorios que antes habían quedado marginados.

En 2026, el sistema enfrentará una nueva etapa de licitaciones que mantendrá el modelo de provisión de buses e infraestructura, con énfasis en estándares de eficiencia energética, autonomía de baterías y certificación de mantenimiento. Esto permitirá asegurar la sostenibilidad del modelo y dar continuidad a una política de Estado que trascienda gobiernos.

En la dimensión energética, el desafío será ampliar y diversificar la infraestructura de carga, articulando contratos de suministro competitivo con generadoras y distribuidoras, integrando tecnologías de gestión inteligente y almacenamiento, y promoviendo el uso de energías renovables. Asimismo, se busca replicar la experiencia de Santiago en otras regiones de Chile, acelerando la descentralización de la electromovilidad y extendiendo sus beneficios a todo el país.

5. Santiago como referente para América Latina

La experiencia de Santiago ofrece lecciones clave para la región, sobre todo la importancia de contar con un marco legal sólido, mecanismos financieros que reduzcan riesgos, subsidios bien diseñados, contratos flexibles que fomenten la competencia y una articulación efectiva con el sector energético. Pero, sobre todo, demuestra que la electromovilidad es más que una solución tecnológica: es un cambio cultural que mejora la vida cotidiana de las personas, fortalece el tejido social y genera orgullo ciudadano.

Para América Latina, donde los desafíos de congestión, contaminación y desigualdad urbana son compartidos, la historia de Santiago de Chile es inspiradora y una muestra clara que la transición hacia un transporte público eléctrico y sostenible no solo es posible, sino también deseable y replicable, siempre que se combine visión política, innovación institucional y compromiso ciudadano.

El desafío hacia adelante será consolidar este modelo como política de Estado, permitiendo que Chile alcance su meta de carbono neutralidad en 2050 y que más ciudades de la región encuentren en Santiago un referente cercano e inspirador en su propio camino hacia la movilidad sostenible.

Notas al final:

- 1. Título basado en el 1º Informe de Electromovilidad del Directorio de Transporte Público Metropolitano, disponible en: <https://www.dtpm.cl/electromovilidad/>
- 2. El reconocimiento a este liderazgo ha sido destacado por el Centro de Movilidad Sostenible (CMS), parte de la alianza ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator) que promueve la implementación de autobuses eléctricos en América Latina y el Caribe. Disponible en www.cmsostenible.org
- 3. Congreso Nacional de Chile, “Ley N° 20.378, establece subsidio nacional para el transporte público remunerado de pasajeros,” Ley N° 20.378, 5 de febrero de 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1005871>
- 4. En la práctica, este “patrimonio autónomo” funciona como un fideicomiso que aísla y protege los recursos del Sistema frente a riesgos externos.
- 5. Ministerio de Hacienda, “Ley 18.696, modifica artículo 6° de la Ley N° 18.502, autoriza importación de vehículos que señala y establece normas sobre transporte de pasajeros,” Ley N° 18.696, 19 de octubre de 1987.
- 6. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, “Ley N.º 18.059: Asigna al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones el carácter de organismo rector nacional de tránsito y le señala atribuciones,” 1981. [En línea]. Disponible en: https://www.subtrans.gob.cl/pdf/Ley_18059.pdf
- 7. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, “Decreto Supremo N.º 212: Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Público de Pasajeros,” 21 de noviembre de 1992. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=11043>
- 8. En el sistema eléctrico chileno, los “clientes libres” son grandes consumidores que pueden contratar suministro directamente con generadoras, negociando precios y condiciones fuera del régimen regulado.
- 9. Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana, “Consolidado de buses Red Movilidad registrados,” Informe oficial, Santiago, Chile, diciembre 2024.
- 10. Ministerio de Energía de Chile, “Estrategia Nacional de Electromovilidad 2021,” 2021. [En línea]. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/estrategia_nacional_de_electromovilidad_2021_0.pdf
- 11. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, “Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al cambio climático en el sector transporte “ 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.subtrans.gob.cl/ps-macc-mtt/>
- 12. Detalles del proceso licitatorio 2025 disponible en <https://dtpm.cl/index.php/licitaciones/licitacion-de-concesion-de-uso-de-vias-n-lpcuv-001-2025>
- 13. Secretaría de Planificación de Transportes (SECTRA), “Sexto Reporte Anual de Emisiones del Sistema RED,” Informe oficial, Santiago, Chile, diciembre 2024.
- 14. En comparación a normativa de emisiones de ruido y nómina de buses certificados. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Decreto Supremo 129/2003 Establece norma de emisión de ruidos para buses de locomoción colectiva urbana y rural. [En línea]. Disponible en <https://bcn.cl/1DLuBC>





Autor: Agencia de Sostenibilidad Energética de Chile

Ministerio de Energía de Chile y AgenciaSE: Programas que impulsan una estrategia de electromovilidad con resultados concretos



Agencia de
Sostenibilidad
Energética

La electromovilidad se ha consolidado como un elemento clave del desarrollo sostenible en Chile y constituye uno de los pilares esenciales para alcanzar la carbono-neutralidad al 2050. De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE) 2023, ese año el sector transporte concentró el 33,3% de la demanda energética total, abastecida en un 98,9% por combustibles fósiles, lo que se tradujo en un alto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). A su vez, el 85,3% del consumo energético de este sector provino del transporte terrestre.

En respuesta a este escenario, el país ha definido una ruta sólida para transformar el uso de la energía en el transporte, apostando por una mayor eficiencia energética, la reducción de emisiones de GEI y el fortalecimiento de la seguridad energética.

La Estrategia Nacional de Electromovilidad, impulsada por el Ministerio de Energía, fija un horizonte claro: garantizar que todas las personas puedan acceder a los beneficios del transporte sostenible de cero emisiones. De esta manera, se busca no solo avanzar en sostenibilidad, sino también elevar la calidad de vida mediante tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

Este esfuerzo se articula con la Hoja de Ruta de Electromovilidad, que detalla acciones concretas hasta el 2026 en materias como infraestructura de carga, transporte público, formación y capacitación, y marcos regulatorios. El objetivo central es acelerar la incorporación de vehículos eléctricos y generar las condiciones para su masificación, consolidando un ecosistema confiable y robusto.

Para materializar estas metas de transición energética desde la movilidad sostenible, los diversos actores del ecosistema han trabajado consistentemente de manera colaborativa entre los sectores público y privado, desde la década pasada.

Una muestra concreta de esta colaboración es el **Acuerdo Público Privado por la Electromovilidad 2025**, en el que hoy participan más de **170 actores**, iniciativa que ha permitido coordinar recursos e impulsar inversiones en infraestructura, recambio vehicular, capacitación de capital humano y redes de cooperación.



Bajo este marco de colaboración se han ido consolidando diversas iniciativas impulsadas por el Ministerio de Energía de Chile, implementadas por la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), institución creada por ley para la implementación de políticas públicas en Energía.

Con el objetivo de impulsar y apoyar la electromovilidad en flotas, desde 2019 se realiza la **Aceleradora de Electromovilidad**, en la cual han participado 46 organizaciones públicas y privadas que han podido dar los primeros pasos hacia la electromovilidad, gracias a un acompañamiento técnico para la creación de una hoja de ruta adaptada a cada caso particular.

Una iniciativa emblemática es **Mi Taxi Eléctrico**, programa que busca generar un cambio en la matriz del transporte público por medio del recambio de vehículos de combustión por automóviles 100% eléctricos. El segmento objetivo comprende los vehículos livianos de transporte de pasajeros: taxis y colectivos en sus diversas modalidades.



La implementación se realiza a través del cofinanciamiento para la compra de un vehículo eléctrico, la implementación a costo cero de un cargador en la vivienda del/la taxista, y la entrega de apoyo técnico para facilitar la transición hacia la electromovilidad.

En 2021, la primera versión del programa Mi Taxi Eléctrico (MTE) logró el

recambio de 50 vehículos a combustión que operaban como taxis básicos en la Región Metropolitana.

Posteriormente, la segunda versión del MTE alcanzó el recambio de 93 vehículos (taxis básicos y ejecutivos, y colectivos urbanos) en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, de La Araucanía, del Biobío y de Los Ríos.

Actualmente, está en ejecución la tercera versión en las regiones de Antofagasta, de Atacama, de O'Higgins, del Biobío y Metropolitana, que ha permitido entregar 205 vehículos entre 2024 y 2025.

Para complementar estos programas, se ha potenciado la expansión de la red de cargadores eléctricos a lo largo del país, a través de la iniciativa **Más Carga Rápida**, ejecutada con fondos internacionales de **GIZ** y del **GEF7**. Como resultado de esta iniciativa, hoy todas las regiones de Chile cuentan con al menos un cargador rápido de vehículos eléctricos.



Adicionalmente, con recursos del GEF7 se realizó una iniciativa com-

plementaria a Mi Taxi Eléctrico, denominada **Más Transporte Eléctrico**, orientada a la entrega de colectivos eléctricos en las regiones de Antofagasta, Maule y Los Lagos. Este programa piloteó un nuevo modelo de cofinanciamiento para 30 beneficiarios, y también desarrolló diversas instancias de formación de capital humano en Santiago y regiones.

Como elemento fundamental para el éxito de estos programas, también se ha fortalecido la formación de capital humano especializado:

- 60 personas capacitadas en seguridad e intervención en accidentes con vehículos eléctricos.
- 25 nuevos talleres de vehículos eléctricos establecidos.
- 171 personas formadas en mantención y diagnóstico de vehículos eléctricos.
- 182 instaladores eléctricos en infraestructura de carga residencial.

Estas son algunas de las iniciativas más emblemáticas, desarrolladas desde el Ministerio de Energía y la AgenciaSE. Los resultados obtenidos demuestran que la electromovilidad representa una oportunidad extraordinaria para Chile.

Con una estrategia definida, una hoja de ruta clara y el compromiso de todos los sectores, el país avanza con paso firme hacia el liderazgo regional en movilidad sostenible. Este modelo de implementación gradual y colaborativa sienta las bases para una transformación energética integral del sector transporte, contribuyendo significativamente a los objetivos de carbono neutralidad del país.

Agradecimientos

Este libro fue posible gracias a las siguientes instituciones:



Ministerio del Medio Ambiente
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo



BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA

CLETS
APOYO A LA ESTRATEGIA CHILENA DE
TRANSPORTE PÚBLICO SOSTENIBLE

Contó con el apoyo de:



Agencia de
Sostenibilidad
Energética



ALADDA
Asociación Latinoamericana de
Distribuidores de Automotores



elco
ENERGÍAS LIMPIAS DE COSTA RICA



INSTITUTE OF
THE AMERICAS®



red | Siempre
Movilidad contigo

icct
CONSEJO INTERNACIONAL
DE TRANSPORTE LIMPIO

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ONU
programa para el
medio ambiente

Países miembros de OLADE

Argentina	Honduras
Barbados	Jamaica
Belice	México
Bolivia	Nicaragua
Brasil	Panamá
Chile	Paraguay
Colombia	Perú
Costa Rica	República Dominicana
Cuba	Suriname
Ecuador	Trinidad y Tobago
El Salvador	Uruguay
Grenada	Venezuela
Guatemala	Argelia (País Participante / Observador Permanente)
Guyana	Unión Europea (Observador Permanente)
Haití	

Avenida Mariscal Antonio José de Sucre
N58-63 y Fernández Salvador
Edificio OLADE, Sector San Carlos
Quito - Ecuador

Teléfono: (593-2) 2598-122 / 2531-674

olade@olade.org
www.olade.org

 OLADE - Organización
Latinoamericana de Energía

 [olade.org](https://www.olade.org)

 [@oladeorg](https://twitter.com/oladeorg)

 [@oladealc](https://www.instagram.com/oladealc)

 Organización Latinoamericana
de Energía OLADE

 Conexiones Energéticas - OLADE