



Implementada por



Electromovilidad en Ecuador

Revisión del marco regulatorio y políticas públicas

Elaborado por Martín Cornejo

Este documento de trabajo ha sido realizado en el marco de cooperación técnica de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) del Gobierno Federal de Alemania, desde el Programa Ciudades Intermedias Sostenibles. Las ideas, opiniones y datos contenidos en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan una posición institucional de GIZ o BMZ.

Contenido

1. Introducción.....	3
2. Marco institucional y políticas públicas para el impulso de la electromovilidad.....	5
2.1. Situación regional de la electromovilidad.....	5
2.2. Iniciativas nacionales.....	5
2.3. Observaciones: Marco institucional y plan nacional de electromovilidad	6
3. Políticas ambientales para vehículos convencionales y combustibles	8
3.1. Políticas ambientales actuales.....	8
3.2. Observaciones: Políticas ambientales y de eficiencia energética para vehículos	9
4. Marco normativo y regulatorio	10
4.1. Normativa actual de vehículos eléctricos y estaciones de carga.....	10
4.2. Observaciones: marco normativo y regulatorio.....	11
5. Incentivos económicos y herramientas de financiamiento.....	13
5.1. Incentivos actuales	13
5.2. Observaciones: Incentivos tributarios y herramientas de financiamiento	14
6. Infraestructura eléctrica y de carga de vehículos	15
6.1. Tarifa eléctrica diferenciada para vehículos eléctricos	15
6.2. Estaciones de carga e infraestructura eléctrica	15
6.3. Observaciones: Modelo de gestión de electrolineras y redes inteligentes.....	16
7. Investigación y desarrollo de la electromovilidad	18
7.1. Investigación en Ecuador	18
7.2. Observaciones: Red académica de electromovilidad y posibles líneas de investigación	19
Referencias.....	23

1. Introducción

El transporte es uno de los problemas más urgentes por resolver en el Ecuador y América Latina. El incontrolado crecimiento del sector, impulsado por políticas enfocadas en promover el uso de vehículos particulares, ha llevado a la movilidad a una situación de desigualdad, inseguridad, consumo ineficiente de energía, dependencia de combustibles, y que representa un significativo impacto ambiental y a la salud pública. Las proyecciones del parque automotor indican además que la situación se agudizará en los próximos años [1].

Soluciones innovadoras son necesarias para superar retos tan complejos, y así es como los vehículos eléctricos se han colocado como una alternativa prometedora a partir de los avances tecnológicos de la última década. Hay que reconocer que la electromovilidad no es por sí misma la solución a todos los problemas de movilidad, pero presenta una gran oportunidad para mitigar el cambio climático, independizarse de los combustibles fósiles y crear ciudades más limpias y sostenibles.

En el Ecuador, el sector transporte fue en el 2016 responsable del 48.8% del consumo final de energía y el 45% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) relacionadas con actividades energéticas. Actualmente el uso de electricidad en el transporte es virtualmente inexistente, pero su electrificación podría significar una reducción significativamente en la huella de carbono. Los vehículos eléctricos presentan una mayor eficiencia frente a los de combustión interna. Además, gracias a la predominante generación por hidroeléctricas, resultado del cambio de matriz energética, la intensidad de carbono en el mix eléctrico del Ecuador es bastante baja. [2]

Además de la disminución de emisiones de GEI, se podrían reducir las emisiones de material particulado y gases nocivos mejorando la calidad de aire en las ciudades. La polución del aire en áreas urbanas es responsable de problemas respiratorios y cardiovasculares en la población, incrementando la tasa de morbilidad y aumentando los costos de salud pública. [3]

Aun siendo un país petrolero, los combustibles son paradójicamente un gran peso económico para el gobierno Ecuatoriano. Para el presupuesto estatal del año 2018 se han asignado 1,700 millones de dólares en subsidios para combustibles. Más que los subsidios combinados para seguridad social, desarrollo social, desarrollo urbano y vivienda, tratamiento de agua y desarrollo agrícola. De estos aproximadamente el 70% está dirigido al diésel y la gasolina, dando como resultado uno de los países con combustible más barato en el mundo, mucho del cual tiene que ser importado por insuficiencia de capacidad de las refinerías nacionales. La electricidad, por otro lado, tiene un menor costo para el consumidor a pesar de ser menormente subsidiada. Económicamente, sería ventajoso desplazar el consumo energético hacia el sector eléctrico. [4] [5] [2]

Con la electromovilidad se presentan además nuevas oportunidades de negocios y un estímulo para impulsar el desarrollo productivo del país. Entre las actividades económicas vinculadas se encuentra la comercialización de vehículos eléctricos, los servicios de estaciones públicas de carga de vehículos, servicios de mantenimiento y manufactura de partes y accesorios. Incluso bajo circunstancias favorables, se podría introducir el ensamblaje de vehículos eléctricos en el país. La electromovilidad podría indirectamente fomentar otros campos de negocio, especialmente los relacionados con energías renovables y redes inteligentes (smart-grids). El uso de tecnologías más eficientes aumenta la productividad y

competitividad de las empresas, por lo que las compañías relacionadas con el transporte de bienes o personas se podrían ver beneficiadas.

Las ventajas que supone la electromovilidad son atractivas, pero la electrificación del transporte presenta grandes retos. Por ahora, es poco probable que la transición suceda por sí sola. Primero es imprescindible crear políticas públicas para lograr condiciones favorables. Este estudio busca por lo tanto explorar la situación actual de la electromovilidad en el Ecuador, identificar brechas y barreras que podrían comprometer el despliegue de vehículos eléctricos y recomendar acciones que podrían impulsar la electromovilidad.

Para esto se realizó una extensa revisión de literatura y se realizaron varias entrevistas a expertos y actores clave en el sector público, privado y académico. Se abarcaron además presentaciones y discusiones tratadas en el “1er Foro Internacional de Electromovilidad: Hacia la Descarbonización del Transporte en Ecuador” realizado el 17 y 18 de Septiembre de 2018 en la ciudad de Cuenca.

Entre las instituciones, empresas y asociaciones entrevistadas se encuentran el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), la empresa comercializadora de vehículos eléctricos BYD E-Motors Ecuador, el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), la Universidad de Cuenca y la Universidad del Azuay. Estos mostraron su interés y compartieron su opinión y experiencia respecto a cómo crear condiciones favorables para impulsar la electromovilidad en el país. Los temas estudiados son diversos y se derivan en los siguientes capítulos.

El segundo de estos capítulos explora las iniciativas que han surgido en los últimos años en el Ecuador respecto al fomento los vehículos eléctricos y se plantea la necesidad de un fuerte marco institucional para estructurar e implementar las políticas públicas para el impulso de la electromovilidad.

En el tercer capítulo se presentan los actuales límites de emisiones en vehículos de combustión interna y se discute cómo se podría tratar la problemática de las políticas de combustibles, introducir requerimientos mínimos de eficiencia energética para los vehículos y mejorar los estándares de emisiones.

El cuarto capítulo examina las actuales normas y estándares que rigen a los vehículos eléctricos y a las estaciones de carga y analiza qué requerimientos son necesarios para garantizar su seguridad, evitar la introducción de tecnologías obsoletas y proteger el medio ambiente.

En el quinto capítulo se revisan los actuales incentivos económicos que reciben los vehículos eléctricos y se presentan propuestas para facilitar la expansión de la electromovilidad con incentivos más efectivos.

El sexto capítulo expone la importancia del despliegue de una infraestructura de carga de vehículos pública para el desarrollo de la electromovilidad y plantea cómo podría esta propagarse.

En el séptimo capítulo se presenta el estado del arte de investigación en electromovilidad en el Ecuador y se proponen posibles líneas de investigación que podrían facilitar la toma de decisiones para la introducción de políticas públicas.

Finalmente un octavo capítulo resume y discute las conclusiones de los anteriores capítulos, dando una perspectiva de las necesidades en cuanto el impulso de la electromovilidad en el Ecuador.

2. Marco institucional y políticas públicas para el impulso de la electromovilidad

2.1. Situación regional de la electromovilidad

En el 2017 se vendieron más de 1 millón de vehículos tanto eléctricos de batería como híbridos enchufables, con lo que se alcanzó un stock mundial de 3.1 millones. La participación del mercado es todavía poco significativa pero la demanda crece aceleradamente, especialmente en China, EE.UU. y Europa. Gran parte de estos logros se deben a los compromisos de los gobiernos con la electromovilidad y la introducción de políticas que incentivan su expansión. Muchos países se han establecido metas ambiciosas para el despliegue de vehículos eléctricos en las próximas décadas y algunas ciudades incluso se proponen prohibir la circulación parcial o total de vehículos de combustión interna. [6]

Latinoamérica también quiere formar parte del cambio. Aunque hasta el 2016 el número de vehículos eléctricos no superaba los 4000, ahora existen iniciativas para fomentar la electromovilidad en países en la región como Brasil, Colombia, México, Argentina y Uruguay. Adicionalmente a los esfuerzos de los gobiernos centrales, en algunas ciudades latinoamericanas, como Santiago y Medellín, existen también iniciativas y proyectos piloto para desplegar centros de carga de vehículos, buses eléctricos para el transporte público y taxis eléctricos. [7] [8]

Chile y Costa Rica se han posicionado como líderes regionales en electromovilidad, en gran parte a partir de las políticas públicas que han logrado concretar. En el 2017, Chile presentó su **Estrategia Nacional de Electromovilidad** [9] y Costa Rica introdujo su **Ley de incentivos y promoción para el transporte eléctrico** [10]. A partir de estos, ambos países han asignado competencias y obligaciones, planteado líneas de acción y se han propuesto crear un plan nacional de movilidad eléctrica en el que se describa detalladamente la implementación de la estrategia.

2.2. Iniciativas nacionales

En el Ecuador circulan actualmente unos 290 vehículos eléctricos, apenas un 0,01% del parque vehicular matriculado [11]. Esto no significa que exista indiferencia hacia las oportunidades que ofrece la electromovilidad, estas son reconocidas en el país y así es como han surgido los primeros esfuerzos de estímulo.

Los gobiernos locales, especialmente, han impulsado iniciativas para electrificar el transporte. Loja se posicionó como ciudad pionera en electromovilidad a partir de su proyecto de taxi ecológico, el que cuenta ya con una flota de 50 taxis eléctricos (modelos BYD E5 y KIA Soul) y tres electrolíneas de carga rápida [12] [13]. El transporte público eléctrico se ve también impulsado. Aparte de los nuevos proyectos como el metro de Quito, el tranvía de Cuenca o la Aerovía de Guayaquil, crece también el interés por incluir buses eléctricos de batería en el transporte público. Se han realizado pruebas para verificar la viabilidad técnica y económica de la introducción de buses eléctricos en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca y Loja por iniciativa de los fabricantes chinos de baterías BYD [14]. A partir de estas demostraciones la cooperativa de transporte Saucinc de la ciudad de Guayaquil adquirió 20 buses que serán entregados en el 2019 [15] [16] y el municipio de Quito aprobó la compra para introducir 20 articulados eléctricos junto con 50 nuevos trolebuses [17]. El municipio de Cuenca se propone introducir 16 buses eléctricos e instalar 36 electrolíneas para el 2020 [18].

Quito y Guayaquil además han dado un gran paso en materializar su compromiso con la electromovilidad. Quito, a partir de la de la iniciativa de ciudades **C40**, ha firmado la

declaración **Calles Libres de Combustibles Fósiles** con lo que se compromete a adquirir exclusivamente buses cero emisiones a partir del 2025 y a asegurar que importantes zonas de las ciudades sean libres de emisiones para el 2030 [19] [20]. Guayaquil expidió a inicios de este año la **Ordenanza de Estímulo a la Transportación Eléctrica**, con la que se declara “ciudad amiga de la transportación eléctrica” y se propone incentivar el despliegue de centros de recarga y el transporte público eléctrico [21] [22].

El estado también reconoce la ventaja económica y ambiental que la electromovilidad puede ofrecer y se han empezado a introducir incentivos para los vehículos eléctricos. Una de las primeras iniciativas fue impulsada por el Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC, descontinuado en mayo del 2017). Este estableció en el 2015 el **Convenio Marco para la Promoción, Comercialización, y Perspectivas de Fabricación de Baterías y Vehículos Eléctricos en la República del Ecuador** con el fin de fomentar la introducción de vehículos eléctricos en el país y la eventual producción nacional de los mismos [23].

Además en el país actualmente se están desarrollando proyectos en los que la electromovilidad podría jugar un papel relevante.

El Ecuador ratificó recientemente el **acuerdo de París de la COP21** y el Ministerio del Ambiente (MAE) se encuentra actualmente revisando los objetivos y estrategias de mitigación de cambio climático que se propondrá [24]. Independientemente de las metas que se establezcan, tomar acciones en el sector transporte es primordial para reducir emisiones de GEI.

La propuesta del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO) de desarrollar un **Plan Nacional de Movilidad Urbana bajo en Carbón** ganó recientemente una convocatoria del programa EUROCLIMA+, financiado por la Unión Europea. El concepto de este plan consiste en políticas y estrategias para la reducción considerable de GEI, manteniendo niveles de equidad y accesibilidad [25] [26].

En la Asamblea Nacional del Ecuador se encuentra en debate el **Proyecto de Ley de Eficiencia Energética**, en el que conjuntamente aportan a su desarrollo diversas instituciones gubernamentales, el sector privado, el sector académico, organismos internacionales y la ciudadanía. La ley tiene como fin promover el uso de energía de manera eficiente y sustentable, y mejorar la productividad nacional mientras se contribuye con el cuidado del medio ambiente. Se plantea para esto crear un marco institucional para establecer metas de eficiencia energética, introducir políticas públicas, y regular su implementación. Además se propone introducir incentivos y promocionar el financiamiento de proyectos de eficiencia energética. La importancia de la electromovilidad en la eficiencia energética ha sido manifestada también en los debates. [27] [28]

2.3. Observaciones: Marco institucional y plan nacional de electromovilidad

La importancia de las políticas públicas para la penetración de la electromovilidad se ve reflejada en el éxito que otros países han logrado a través de estas. De la misma manera si el Ecuador desea explotar el potencial que representa la electromovilidad debe manifestar su aspiración a través de su gestión política.

Para lograr resultados significantes en la política pública, sería necesario coordinarla en un plan integral de electromovilidad que cuente con el esfuerzo conjunto de diversos entes

estatales y además con el involucramiento del sector privado, de las instituciones académicas de investigación y la sociedad civil.

En este hipotético “Plan Nacional de Electromovilidad”, deberían ser considerados aspectos tanto económicos como también sociales y ambientales y se deberían establecer metas fundamentadas a mediano y largo plazo en cada uno de estos aspectos. Para el desarrollo de estrategias, se debería fortalecer la articulación entre los entes rectores con el fin de lograr cooperación y evitar políticas contradictorias. Es además indispensable que se constituya un compromiso de estado y que se promueva el involucramiento a la sociedad civil para asegurar la continuidad a largo plazo del proyecto.

Los ministerios de Energía (MERNNR), Transporte (MTO) y Ambiente (MAE) podrían colaborar en la coordinación del plan para involucrar en este una amplia perspectiva de conocimientos y capacidades, y respaldar la articulación integral de las competencias de estos ministerios.

El apoyo de otros determinados ministerios para la planeación e implementación es también de gran importancia por la influencia indirecta que podrían propiciar al apoyo de la electromovilidad. El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) es el ente encargado de la política económica y financiera, por lo que podría interesarle el ahorro que potencialmente significaría la electrificación del transporte y además es el encargado de los subsidios y los precios de los combustibles, lo que hace que su acople con las políticas de electromovilidad sea de vital importancia. Otros ministerios como el Ministerio del Comercio Exterior (COMEX), que impone la política de aranceles de importación y es responsable del control aduanero, o el Ministerio de Industrias y Producción (MIPRO), que establece estándares y normas de calidad a los productos de comercialización en el Ecuador, deberían también tener un papel en desarrollar y llevar a cabo el plan.

Es fundamental establecer claramente responsabilidades y obligaciones de las entidades vinculadas al plan. Aparte de la planeación, para que los objetivos establecidos se cumplan se necesitan instituciones destinadas a la regulación y control de la implementación. Entidades regulatorias pertenecientes a los ministerios, como la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) del MERNNR y la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) del MTO, podrían involucrarse en velar por el cumplimiento del plan.

El plan nacional de movilidad y electromovilidad debería además enfocarse en empatar políticas locales con nacionales y fortalecer los gobiernos locales, dándoles autonomía. Los GAD pueden actuar como laboratorios y, al replicarse los buenos resultados en el resto del país, se podría lograr una transición tecnológica más fácilmente.

Es importante tener en cuenta que la electromovilidad no presenta la solución a muchos de los problemas relacionados con el transporte como la inseguridad vial, la congestión vehicular, la inequidad y la falta de accesibilidad. Se debería entonces impulsar una movilidad más sostenible, mejorando y promoviendo el transporte público y fomentando la movilidad activa. Estos podrían crear sinergias con la inclusión de la electromovilidad, por ejemplo con el despliegue buses eléctricos o bicicletas eléctricas.

3. Políticas ambientales para vehículos convencionales y combustibles

3.1. Políticas ambientales actuales

Un importante factor habilitante para el desarrollo de la electromovilidad consiste en la existencia de requerimientos mínimos ambientales y energéticos para vehículos convencionales. Esto por un lado reduce el impacto ambiental y el consumo de combustibles, pero también coloca a los vehículos eléctricos en una posición económicamente más competitiva. Desfavorablemente, el parque automotor del Ecuador cuenta con una edad promedio de 16 años [11], presenta bajos niveles de eficiencia energética, y exige estándares obsoletos de límites de emisiones.

El Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) actualizó en el 2016, a través de la Resolución No. 16 529, el reglamento técnico ecuatoriano **RTE INEN 017** “Control de emisiones contaminante de fuentes móviles terrestres”, con lo que actualmente los vehículos que ingresan a circulación requieren de estándares equivalentes a Euro 3 [29]. El estándar Euro 3 fue implementado en Europa en el 2000, pero desde entonces reemplazado por normas más estrictas como Euro 5 y Euro 6.

Aún con la reciente actualización, el Ecuador permanece como uno de los países de la región más atrasados en restricciones de emisiones vehiculares. Chile y Argentina exigen tecnologías Euro 5 para sus vehículos mientras Colombia y México Euro 4 [7] [30]. Pero, para lograr estos estándares en el país, se necesitaría mejorar la calidad de los combustibles que actualmente contienen niveles muy altos de azufre. Estos son mayores a 350ppm cuando se requieren 10ppm para Euro 5 [31] [32]. Este es un tema complejo de resolver, si bien el Ecuador logró mejorar sustancialmente la calidad de sus combustibles en el 2012, los expertos concuerdan que aunque la modernización de las refinerías es de mayor interés para el estado [33] es poco probable que en un futuro cercano se inviertan las sumas necesarias para renovar su infraestructura.

El hecho de que los combustibles estén altamente subvencionados en el Ecuador complica más la situación, esto representa un gran peso económico para el estado, desincentiva el uso de tecnologías más eficientes y ha creado una cultura de negligencia hacia el ahorro de combustibles. La reducción o eliminación de los subsidios es un tema delicado para el gobierno, porque por otro lado podría afectar a la población más desfavorecida y además representa un muy alto costo político.

El Ecuador tampoco cuenta todavía con políticas de eficiencia energética para vehículos, como México y Chile [7], pero el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER, actualmente MERNNR) reconoce en su **Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035** (PLANEE) la importancia del sector transporte para optimizar el consumo de energía y plantea líneas de acción para alcanzar los objetivos impuestos. [34]

Entre las líneas de acción que el PLANEE propone se encuentra:

La introducción de etiquetado de eficiencia energética para vehículos, que proporcionará información del rendimiento de combustible y la emisión de gases nocivos y GEI para que los consumidores puedan tomar decisiones más conscientemente.

La reintroducción del plan RENOVA vehicular con un nuevo esquema. Este plan consiste en la chatarrización de vehículos ineficientes a cambio de una remuneración económica, lo que incentivaría a la renovación y modernización del parque automotor. [35]

Un proyecto de capacitación técnica de conducción eficiente, principalmente para conductores de transporte de carga comercial y de pasajeros.

El impulso a la incorporación de vehículos híbridos y eléctricos a través de mecanismos de incentivo.

3.2. Observaciones: Políticas ambientales y de eficiencia energética para vehículos

Revisar las políticas de combustibles es de vital importancia. Solo mejorando la calidad del combustible se podrá integrar estándares más estrictos de límites de emisiones. Los subsidios combustibles representan además un gran peso económico, que, contradictoriamente, beneficia principalmente a la porción más próspera de la población.

Independientemente de si se busca crear condiciones favorables para la electromovilidad, el estado tendrá que eventualmente reevaluar los subsidios a los combustibles. Recientemente el gobierno incrementó el precio de la gasolina Súper, lo que como resultado solo desplazó el consumo hacia la gasolina Extra de menor octanaje que no recibió una reducción de subsidios [36]. Políticas más concretas e integrales y estrategias más desarrolladas con estudios profundos de los impactos económicos y sociales deberían ser aplicadas.

Para reducir el riesgo de incrementar a pobreza energética los subsidios se podrían focalizarse a la población que más lo necesita, tomando información de programas sociales como el bono de desarrollo humano. Igualmente para reducir el impacto económico y político se podría reducir los subsidios gradualmente.

La implementación de las propuestas del PLANEE podrían significar un gran paso para mejorar la eficiencia energética en el sector transporte.

El plan RENOVA sería especialmente efectivo con una revisión y reestructuración del Cuadro de Vida Útil Vehicular de la ANT, que establece la edad límite de los vehículos en circulación.

Se debería además imponer mayor regulación en la importación de vehículos usados, para prohibir el ingreso de tecnologías obsoletas.

Tras la introducción del etiquetado de eficiencia energética en vehículos se debería posteriormente imponer estándares mínimos de economía de combustible para los vehículos que ingresan a circulación, además de estándares más estrictos para las emisiones de vehículos.

Igualmente es fundamental fomentar una cultura de conciencia al ahorro y a la eficiencia energética en la población, para que las medidas políticas puedan ser aprovechadas efectivamente.

4. Marco normativo y regulatorio

4.1. Normativa actual de vehículos eléctricos y estaciones de carga

Un elemento vital para una armoniosa transición a la electromovilidad consiste en establecer estándares técnicos con el fin de garantizar el cumplimiento de requerimientos apropiados de seguridad de los vehículos, la preservación del medio ambiente, la protección de los consumidores frente a prácticas engañosas, y procurar que se introduzca tecnología de calidad. Si se infiltran vehículos de calidad inferior, inseguros, o no se controla su disposición final, existe el peligro que causen daños económicos, ambientales y que agraven la inseguridad vial. Además, la imagen de la electromovilidad se podría ver afectada, lo que dificultaría su propagación. Sin embargo, la tarea de crear la normativa y regulación es compleja. La tecnología experimenta constante innovación y cambio, por lo que los estándares se necesitan actualizar constantemente. Una preocupación es la rapidez con la que el sector privado adopta nuevas tecnologías, mientras la inercia del sector público evita una flexible adaptación a la normativa.

El Ecuador ha empezado recientemente a desarrollar su marco normativo de electromovilidad, impulsado por los primeros vehículos eléctricos que ingresan al país.

Con fin de proteger la seguridad vial, la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) exige una homologación a todos los modelos de vehículo para su ingreso en el parque vehicular. En el **Reglamento general de homologación vehicular y dispositivos de medición, control y seguridad** se establece que como requerimiento el cumplimiento de la normativa **RTE INEN 034** “Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores”, emitida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). Este reglamento técnico especifica normas de seguridad que deben cumplir los elementos del vehículo; entre estos el alumbrado, los asientos, los vidrios, la carrocería, el chasis, los neumáticos, los frenos, la protección para impactos frontal y lateral, los cinturones de seguridad y los air bags.

En el reglamento de homologación se especifica que los vehículos eléctricos deben similarmente cumplir con la normativa **RTE INEN 034** y además las normas técnicas vigentes aplicables. Para el 2015, año en el que se expidió la resolución, no existía ningún tipo de norma específica para vehículos eléctricos. Desde entonces se han desarrollado principalmente dos normas orientadas a la electromovilidad, pero estas no son obligatorias para la homologación.

La norma **NTE INEN-ISO 6469** “Vehículos de carretera eléctricamente impulsados – Especificaciones de seguridad” es una traducción y adaptación del INEN a la norma internacional **ISO 6469**, y fue oficializada en el 2018 como norma de carácter voluntario. La norma está estructurada en 4 partes: (1) “Sistema de almacenamiento de energía recargable a bordo”, (2) “Medios de seguridad operacional del vehículo y protección contra fallas”, (3) “Protección de las personas contra descargas eléctricas” y (4) “Seguridad eléctrica después de un choque”. La norma está dirigida para vehículos eléctricos de batería, vehículos híbridos eléctricos y vehículos de celda de combustible, pero sin incluir motocicletas o vehículos no diseñados para circular calles y carreteras. La norma establece, asimismo, especificaciones de seguridad para la operación de estaciones de carga.

El proyecto de reglamento técnico ecuatoriano **PRTE INEN 162** “Accesorios de carga para vehículos eléctricos” es un conjunto de normas internacionales en la que están agrupados estándares técnicos y especificaciones de seguridad para baterías, conectores, cargadores y cableado para carga de vehículos eléctricos. La norma incluye adicionalmente los procedimientos para la respectiva evaluación de conformidad de los estándares. El

reglamento técnico se presentó en Julio del 2017 y se dio un plazo de 180 días de verificación para entrar en vigencia, pero hasta Octubre del 2018 todavía sigue en proceso de aprobación.

4.2. Observaciones: Marco normativo y regulatorio

El Ecuador cuenta con la ventaja de contar con experiencia internacional. Los países con más trayectoria en electromovilidad llevan años desarrollando su marco normativo y existe además un extenso trabajo por instituciones internacionales de normalización por crear y armonizar estándares. Entre estas instituciones se encuentran ISO, IEC, IEEE, SAE y el Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos de la UNECE. Entre las normas desarrolladas se encuentran estándares técnicos para sistemas de batería, sistemas de carga, estrategias de carga, interfaz de comunicación para la carga, especificaciones de interferencia electromagnética y perturbaciones eléctricas, además de especificaciones de protección y seguridad, y guías para procedimientos de pruebas.

Se han desarrollado algunas hojas de ruta para guiar en la creación de un marco normativo para vehículos eléctricos e infraestructura de carga [37] [38] [39] [40]. El procedimiento natural consiste en adoptar las normas internacionales necesarias y adaptarlas al contexto nacional, de esta misma manera se conformaron las normas NTE INEN-ISO 6469 y PRTE INEN 162. No obstante, el marco normativo de vehículos eléctricos está todavía muy poco desarrollado en el Ecuador.

Resguardar la seguridad es primordial. Se deberían habilitar las normas NTE INEN-ISO 6469 y PRTE INEN 162 para que sean un requisito en la homologación vehicular. Estas dos normas cubren una amplia variedad de especificaciones de seguridad, pero un estudio más profundo es necesario para identificar brechas y las normativas correspondientes que deben ser adicionadas.

El proyecto de reglamento PRTE INEN 162 no entrega exclusividad a un tipo de cargador a las estaciones de carga, sino deja la posibilidad abierta para las principales tecnologías. Esto es conveniente aunque podría significar costos adicionales en la infraestructura de carga al requerir más de un tipo de conector en las estaciones, ya que mundialmente persiste la disputa por una hegemonía de la tecnología. Por ahora, es importante es que se cree una armonización regional para que los vehículos no se queden aislados de su tecnología de carga y puedan realizar viajes de larga distancia sin ningún inconveniente.

Hacen falta normas que impidan la introducción al parque vehicular de tecnologías de calidad inferior. Se podrían introducir requerimientos mínimos de eficiencia energética del vehículo y energía específica (energía por unidad de masa) de las baterías. Así se podrían evitar, por ejemplo, vehículos impulsados con baterías de plomo ácido. La vida útil de las baterías es especialmente de gran preocupación, se podría considerar exigir a los comercializadores garantías de una determinada duración mínima.

Otra gran preocupación presenta la disposición final de las baterías después de su vida útil. Existe el temor de que terminen en vertederos o a la intemperie y los materiales tóxicos causen daños ambientales mayores. Por esto se deben incluir regulaciones y normas que impongan e indiquen los procedimientos de disposición final y reciclaje de baterías. Si el cumplimiento de las regulaciones no pudiera ser garantizado, se podría exigir a las importadoras de vehículos regresar las baterías al país de origen una vez que terminen su vida útil.

La gestión de la normativa requiere de flexibilidad, por la velocidad de innovación tecnológica. Para acelerar los procesos de introducción y actualización de la normativa, es necesario una mayor eficiencia burocrática y colaboración de observadores externos.

De igual importancia a la creación de normas y estándares, es asegurar su cumplimiento. Las normas de interés deben tener algún tipo de carácter obligatorio y debe estar claramente establecido qué instituciones son responsables de velar su cumplimiento.

5. Incentivos económicos y herramientas de financiamiento

5.1. Incentivos actuales

La economía de escalas y la innovación en baterías reducen el costo de los vehículos cada año. Bloomberg estima que para el 2024 los precios de los vehículos eléctricos y de combustión interna serán comparables [41]. Hasta entonces introducir incentivos económicos ayuda a reducir la brecha de costo. Actualmente en el Ecuador un vehículo eléctrico liviano puede tener un precio final de aproximadamente USD 35,000 mientras su equivalente de combustión interna USD 25,000.

Desde hace algunos años existe un intento por parte del estado de incentivar la compra de tecnologías más eficientes de vehículos, como los híbridos y ahora los eléctricos, apoyo principalmente exteriorizado con exoneraciones de impuestos. El Ecuador impone sólidas cargas tributarias a los productos del sector automotriz, especialmente a la gama más costosa de vehículos. Estos incluyen aranceles de importación, el impuesto al valor agregado (IVA) y el impuesto a los consumos especiales (ICE), por lo que la reducción o exención de impuestos presenta una gran ventaja.

La última reforma de la **Ley de Régimen Tributario Interno (LRTI)**, actualizada en Agosto de 2018 a través de la **Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal**, amplía los ya existentes incentivos. Actualmente se establece una tarifa del 0% de IVA para “Vehículos eléctricos para uso particular, transporte público y de carga” y “Las baterías, cargadores, cargadores para electrolinerías, para vehículos híbridos y eléctricos”. [42] [43]

Los vehículos eléctricos para uso de transporte público están totalmente exentos del ICE. Para los vehículos híbridos y eléctricos livianos existe un esquema para el ICE basado en su precio de venta: desde 0% para vehículos inferiores a USD 35,000 hasta 32% para vehículos con precio superior a los USD 70,000. En la **Tabla 1** está resumido con mayor detalle la distribución del ICE para vehículos livianos.

Tabla 1: Distribución del ICE para vehículos livianos (creado a partir de Ley de Régimen Tributario Interno)

Precio de venta al público	Tipo de vehículo		
	Combustión Interna	Híbrido	Eléctrico
Menos de 35,000	5% - 10% - 15%	0%	0%
35,000 – 40,000	15%	8%	0%
40,000 – 50,000	20%	14%	4%
50,000 – 60,000	25%	20%	10%
60,000 – 70,000	30%	26%	16%
Más de 70,000	35%	32%	22%

En cuanto al arancel, vehículos automóviles híbridos y eléctricos para el transporte de diez o más personas están exentos de este. En el caso de vehículos livianos aplica 0% de arancel para vehículos eléctricos con valor inferior a USD 40,000 y para un valor superior a este 40% de arancel, para vehículos híbridos de 0% a 35% de arancel dependiendo de su cilindraje y 40% para vehículos híbridos enchufables. [44]

Adicionalmente al impuesto de venta de vehículos, existen impuestos a la posesión, como el impuesto a la propiedad de vehículos motorizados y el impuesto a la contaminación vehicular. El primero es calculado sobre el avalúo del vehículo y el segundo, conocido también como impuesto verde o impuesto ambiental, es calculado en base al cilindraje del vehículo y su edad. Del impuesto verde están exentos los vehículos eléctricos al no propulsarse con un

motor de combustión interna y los híbridos tienen un factor de ajuste que reduce el monto total del impuesto.

5.2. Observaciones: Incentivos tributarios y herramientas de financiamiento

Los expertos coinciden que los incentivos tributarios actuales son ya bastante efectivos, pero aún se debe corregir algunas incongruencias y agilizar el proceso de resolverlas. Para los vehículos híbridos enchufables, por ejemplo, aplica actualmente un arancel del 40%. Este es, ilógicamente, incluso superior al de híbridos no enchufables. Los incentivos deben además aplicar a piezas y repuestos, especialmente baterías, por la necesidad de los vehículos de mantenimiento y reparación.

Los impuestos a la posesión de vehículos se podrían reevaluar para mejorar su efectividad. El impuesto verde, por ejemplo, podría calcularse en base a la contaminación efectiva del vehículo, en vez de una fórmula cilindraje-edad y así la valoración podría reflejar de mejor manera los daños medioambientales. El impuesto a la propiedad de vehículos, si bien tiene como propósito cobrar más a los vehículos más lujosos, contradictoriamente penaliza también a vehículos equipados con mejor tecnología de seguridad, eficiencia energética y de menor impacto ambiental por ser más caros que vehículos con tecnologías inferiores.

Aun con formidables incentivos tributarios, existe todavía una brecha de costo entre vehículos eléctricos y de combustión interna, correspondiente a los actuales costos mundiales de producción. Pero que los vehículos eléctricos signifiquen una inversión más alta no significa necesariamente que no sean económicamente viables. Bajo condiciones de operación intensiva se podría obtener el retorno de la inversión e incluso lograr un costo de ciclo de vida inferior. Para un vehículo eléctrico una carga de 160 km podría costar entre USD 2-3 [45], para un vehículo diésel 160 km costaría entre USD 8-9 tomando en cuenta los actuales subsidios. Además, al precisar de significativamente menos componentes mecánicos, los vehículos eléctricos requieren mantenimiento con menos frecuencia. Esto podría hacer a los vehículos eléctricos especialmente atractivos para transportistas de buses y taxis, ya que diariamente recorren largas distancias y usan considerables cantidades de combustible.

Sin embargo, es importante considerar la barrera que imponen inversiones de capital más altas para la población y muchas empresas que tienen un reducido poder adquisitivo. Herramientas de financiamiento podrían potenciar la accesibilidad de los vehículos. Se podría considerar la creación de un fondo de financiamiento para vehículos eléctricos y estaciones de carga o la introducción de conceptos más innovadores como los esquemas de renta de batería.

Existe una gran variedad de fondos para el financiamiento climático y para el desarrollo que podrían facilitar el despliegue de proyectos de transporte público eléctrico. Tanto el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), el Banco Europeo de Inversiones y el Banco Mundial aportaron con considerables sumas al financiamiento del metro de Quito [46]. De manera similar, se podría financiar el reemplazo de flotas de buses diésel por buses eléctricos de batería. En [47] se presenta información sobre el financiamiento climático para América Latina y se exponen varios proyectos emblemáticos.

6. Infraestructura eléctrica y de carga de vehículos

6.1. Tarifa eléctrica diferenciada para vehículos eléctricos

Un importante logro para la electromovilidad en Ecuador presenta el establecimiento de tarifas diferenciadas para vehículos eléctricos por la ARCONEL. A través de la Resolución ARCONEL-038/2015 se introdujo la **Tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria para vehículos eléctricos**. La tarifa fue diseñada para la carga lenta de vehículos en los hogares, con potencias de hasta 10 kW. La tarifa distingue el consumo durante los períodos de demanda base, media y punta, por lo que se requiere instalar un medidor inteligente que registre y distinga el consumo horario. En demanda punta se cobra el 100% de la tarifa establecida (0.10 USD/kWh), en demanda media el 80% de la tarifa y en período base el 50% de la tarifa. El consumidor debe además pagar mensualmente un cargo por comercialización (USD 1.414) y un cargo por la demanda máxima registrada por el consumidor (4.05 USD/kW), este último se calcula junto con un factor de gestión de demanda (FGDVE); $FGDVE = 1$ si la potencia máxima es registrada en período punta y $FGDVE = 0.6$ si es registrada en período base o media. Esta diferenciación horaria de la tarifa y el factor de gestión de demanda fomenta la carga de vehículos en períodos de menor saturación de la red de distribución, con lo que se aprovecha mejor la infraestructura y se podría reducir futuras inversiones.

Así mismo en el 2018 se incluyó en el pliego tarifario una tarifa de media tensión una y tarifa de alta tensión para las estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos. Los esquemas tarifarios aplican el mismo modelo de la tarifa de tensión baja pero con un diferente precio para el kWh. Además se abre la posibilidad de implementar métodos de carga rápida para el vehículo.

En la **Tabla 2** se presentan las tarifas de carga de vehículos en baja, media y alta tensión.

Tabla 2: Tarifas diferenciadas de carga de vehículos eléctricos (elaborado a partir del Pliego Tarifario)

Período de demanda	Horario	Tarifa Nivel de tensión (USD/kWh)		
		Baja	Media	Alta
Base	22:00-8:00 (lunes - domingo) 8:00-18:00 (sábado y domingo)	0.05	0.034	0.043
Media	8:00-18:00 (lunes - viernes)	0.08	0.043	0.69
Punta	18:00-22:00 (lunes - domingo)	0.10	0.073	0.86

6.2. Estaciones de carga e infraestructura eléctrica

Se concibe que la carga de vehículos se realice principalmente en el hogar, pero el desarrollo de una red de estaciones públicas de carga es esencial para impulsar la penetración de la electromovilidad. Si bien la brecha de precio de venta con los vehículos convencionales reduce el atractivo de su compra, los clientes dispuestos a cubrir la diferencia económica se ven desincentivados al encontrarse en mayor dependencia de la autonomía del vehículo para movilizarse y muchas veces inhabilitados de realizar viajes de larga distancia por peligro a la imposibilidad de cargar su vehículo en el trayecto o en su destino.

Actualmente, estaciones públicas de carga se encuentran en los estacionamientos de unos pocos centros comerciales en las principales ciudades del país [48] y un par de electrolineras en la ciudad de Loja a disposición de los “taxis ecológicos” que operan en la ciudad [49].

Para abastecer la demanda energética de una flota de vehículos eléctricos, es necesaria una robusta infraestructura de generación, transporte y distribución eléctrica. Actualmente, los pocos vehículos en circulación no generan un mayor impacto, pero según crezca su número podrían poner en riesgo el sistema de abastecimiento eléctrico.

A partir de los últimos años, el gobierno ecuatoriano ha impulsado una transformación en su matriz energética, promoviendo la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos e incentivando el reemplazo de combustibles por electricidad en el consumo energético de hogares e industria. De esta manera, se plantea disminuir gastos en subsidios de combustibles mientras se reduce el impacto ambiental del sector energético.

La electromovilidad presenta una interesante oportunidad de electrificación para el proyecto de cambio de matriz energética. El Plan Maestro de Electricidad 2016-2025 proyecta para el año 2020 una flota de 2263 vehículos eléctricos y correspondientemente se le asignó para ese año un requerimiento de 3MW de potencia y 28MWh de energía, lo que significa apenas 0.068% de la demanda [50]. La introducción de más de 2000 vehículos en los próximos 2 años es poco probable siguiendo el curso de penetración actual. Por lo tanto el abastecimiento de electricidad para vehículos está probablemente asegurado por lo menos al mediano plazo.

El impacto sobre los sistemas de distribución es más complicado de determinar porque depende estrictamente de la red local. La carga de vehículos, y especialmente la carga rápida, podrían saturar las redes y obligar a las compañías de distribución a invertir en modernizar su infraestructura. Pero esto dependería del estado actual de las redes, el número de estaciones de carga instaladas, su ubicación, y su operación.

6.3. Observaciones: Modelo de gestión de electrolineras y redes inteligentes

Si bien el estado Ecuatoriano tiene interés de que se desarrolle una infraestructura de carga para vehículos eléctricos, este se plantea que el sector privado invierta en las electrolineras y administre el servicio. Por constitución, solo las empresas públicas de distribución eléctrica tienen la facultad de comercializar electricidad, pero en la **Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE)** bajo el artículo 25 se establece que el estado, a través del MERNNR podría delegar a empresas privadas la comercialización de electricidad “cuando sea necesario para satisfacer el interés público, colectivo o general” o “cuando la demanda del servicio no pueda ser cubierta por empresas públicas o mixtas” [51]. En este caso existirían principalmente dos problemas.

La responsabilidad de la regulación de las empresas de servicio de carga pública recaería en el MERNNR y ARCONEL, pero no se ha creado ningún tipo de regulación sobre precios de reventa de electricidad, requisitos para comercialización y regulación de instalación de estaciones de carga (Por ejemplo la ubicación más rentable para las empresas no es necesariamente donde la red eléctrica sea suficientemente robusta).

Por otro lado, la poca demanda no motiva al sector privado a emprender los negocios de electrolineras. Esto crea una paradoja en la que no se desarrolla la infraestructura de carga por falta de vehículos y el parque vehicular eléctrico no crece a falta de infraestructura de carga.

El estado podría encargar la responsabilidad de desarrollar la infraestructura de carga a las empresas eléctricas de distribución y mantener la comercialización de electricidad en manos del sector público, o después de contar con la infraestructura básica necesaria para incentivar

el crecimiento del número de vehículos eléctricos entregar estratégicamente el negocio al sector privado. Se podrían crear inicialmente corredores eléctricos entre las ciudades principales, similar al corredor que existe en Uruguay de 300 km entre las ciudades de Colonia del Sacramento y Punta del Este [52].

Las estaciones de carga públicas abren la posibilidad a nuevos modelos de negocio. Las electrolineras representan un costo significativamente menor al de una gasolinera y su instalación es más flexible y modular. En vez de que electrolineras sean administradas por cadenas como gasolineras, estas podrían ser “apoderadas” por barrios y comunidades ciudadanas, que podrían beneficiarse además de las oportunidades de negocio que representarían las pausas de 20-30 min en las que se cargan los vehículos.

Conforme la electromovilidad crezca, las empresas de distribución deberán fortalecer su infraestructura, pero tecnologías innovadoras de redes eléctricas inteligentes podrían reducir costos. Para los operadores del sistema de distribución podría resultar conveniente tener acceso al control de la carga de vehículos a través de la comunicación con medidores inteligentes. De esta manera, si la red llegase a tener una sobrecarga, los operadores podrían limitar o cortar su suministro a los vehículos eléctricos antes de que exista un colapso en la red. Así se podrían dimensionar las redes con menos capacidad y optimizar su uso.

Similarmente en un futuro se podría aprovechar de tecnologías como “vehicle-to-grid”, en la que en una situación crítica se podría reinsertar en la red energía desde las baterías de los vehículos. Con la capacidad de almacenamiento que podrían ofrecer un gran número de vehículos la estabilidad de la red podría aumentar significativamente. Esto es importante especialmente si se cuenta con muchas fuentes de generación volátiles, como lo son la energía solar o la eólica.

7. Investigación y desarrollo de la electromovilidad

7.1. Investigación en Ecuador

La electromovilidad es un tema de investigación de vanguardia, atractivo por las soluciones innovadoras que ofrece, los retos que representa y por su rápido desarrollo tecnológico. También algunos académicos en el Ecuador han desarrollado investigaciones alrededor de la electromovilidad. Por el momento los estudios que se han realizado se centran en análisis de factibilidad de la tecnología.

En el 2014 y 2015, el Instituto Nacional de Energías Renovable y Eficiencia Energética (INER, posteriormente a partir de Septiembre del 2018 IIGE) y la ARCONEL realizaron por encargo del Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) pruebas técnicas a 5 modelos de vehículos eléctricos (KIA, Renault, Nissan y BYD). Para el estudio se comparó la información técnica proporcionada por los fabricantes de los vehículos con datos obtenidos a partir de recorridos en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. Entre las características técnicas se consideraron tiempos de carga de batería, eficiencia energética, autonomía y fiabilidad mecánica.

Como resultados se constató que los vehículos eléctricos son significativamente más eficientes que los de combustión interna y con costos de energía menores. Se verificó que los datos de fábrica fueron generalmente cercanos a los reales, pero que las características geográficas influyen de manera importante en el rendimiento. Los vehículos presentaron un menor desempeño en Quito por la topología montañosa que posee la ciudad. Igualmente se descubrió a la eficiencia en la conducción como un factor influyente para la autonomía.

La compañía BYD ha promovido pruebas de sus buses eléctricos en las principales ciudades del país para demostrar su viabilidad técnica y económica. A principios del 2018, y con el apoyo del municipio, la Universidad de Cuenca realizó en su laboratorio de micro-red eléctrica un estudio sobre el desempeño de los buses y sobre el impacto de la red en el proceso de carga. Los resultados confirmaron una autonomía de al menos 250 km y que la electrolinera cumplió con los estándares de calidad de red durante su operación.

En la Universidad de Cuenca se han elaborado estudios del impacto en sistema eléctrico de la ciudad por la carga de vehículos eléctricos. De estos estudios se puede derivar que con el estado actual de las redes se podrían sin ningún problema instalar cuatro estaciones de carga rápida, pero que el uso generalizado de la carga de hogares con una penetración alta de vehículos eléctricos podría afectar algunos puntos del sistema de distribución. Por esto se recomienda intentar desplazar la carga a períodos de demanda baja. Esto podría lograrse a partir de incentivos económicos, como lo son las tarifas diferenciadas de ARCONEL, o con tecnologías inteligentes que automáticamente gestionen la carga de vehículos según la red tenga disponibilidad.

Algunas universidades ecuatorianas han desarrollado algunos proyectos relacionados con la electromovilidad. La Universidad Politécnica Salesiana por ejemplo dispone de su propio laboratorio de movilidad eléctrica [53], la Universidad de Cuenca ha diseñado un prototipo de electrolinera que planean comercializar y la Universidad del Azuay participó en el concurso Smart-Moto-Challenge en Barcelona con una motocicleta eléctrica desarrollada por estudiantes e investigadores de la institución [54].

Las iniciativas de investigación provienen principalmente de las Universidades, con el sector público apoyando ocasionalmente. Posiblemente BYD es la única empresa privada impulsando estudios, pero normalmente no contribuye con los costos de investigación.

7.2. Observaciones: Red académica de electromovilidad y posibles líneas de investigación

La investigación en electromovilidad se ha desarrollado en el Ecuador aisladamente, con poco intercambio de información entre las instituciones académicas. Para fortalecer la cooperación se podría establecer una red de investigación en movilidad eléctrica, posiblemente coordinada por la Senescyt y redes de Universidades como Red CEDIA y REDU. Este vínculo podría impulsar la investigación en el país con convocatorias de proyectos, articulando la investigación con el sector público y el sector privado y facilitando el financiamiento.

Un buen diagnóstico es fundamental para definir las estrategias de políticas públicas y las investigaciones podrían beneficiar al sector público brindándole información para la toma de decisiones.

Partiendo de un estudio que establezca escenarios potenciales de penetración de vehículos eléctricos se podrían analizar los potenciales beneficios y los costos que la electromovilidad representaría al país.

El IIGE podría desarrollar un modelo de sistemas dinámicos que estudie los factores de mayor influencia para la introducción de vehículos eléctricos y establezca los potenciales escenarios de penetración de vehículos eléctricos y su participación en el parque vehicular. A partir de los resultados, se podrían elaborar, a partir de los escenarios, estudios de los impactos técnicos, económico-sociales y ambientales que podrían guiar la construcción de políticas públicas.

Los estudios técnicos podrían centrarse en el análisis del impacto de la carga de vehículos en el sistema eléctrico, especialmente el sistema de distribución, tomando en cuenta los diferentes escenarios de penetración.

También podría resultar de mayor interés desarrollar una herramienta que permita localizar la ubicación óptima para la instalación de electrolineras, considerando las características de la red eléctrica y la conveniencia de los usuarios.

Aunque se han realizado un gran número de estudios técnicos a los vehículos, todavía es necesario profundizar en los análisis para verificar la calidad de los componentes, estimar su vida útil y compararlo con los datos otorgados por el fabricante. Especialmente relevante sería comprobar la vida útil de las baterías, ya que son la mayor contribución al costo del vehículo.

La integración de energías renovables para abastecer el consumo energético de vehículos eléctricos presenta una gran oportunidad para lograr una movilidad prácticamente “cero emisiones”. Dado que el IIGE tiene como una de sus competencias la investigación de energías renovables podría involucrarse con la temática.

Siendo el transporte público eléctrico un tema central para el desarrollo de la electromovilidad y la movilidad sostenible en sí, sería interesante desarrollar estudios alrededor de cómo integrar estas tecnologías en el transporte público existente, y cómo mejorar el sistema de transporte público y la infraestructura para alcanzar una movilidad urbana equitativa, accesible y limpia.

Estudios económicos podrían explorar el impacto de la electromovilidad sobre el consumo de combustibles y cuantificar los beneficios del consumo de energía eléctrica sobre la gasolina y el diésel.

Los estudios ambientales podrían cuantificar la contribución de la electromovilidad a la mitigación del cambio climático y al mejoramiento la calidad del aire en las ciudades. Un

análisis de ciclo de vida a los vehículos eléctricos y su comparación con ciclos de vida de vehículos de combustión interna podría medir los reales beneficios ambientales de la electromovilidad.

De igual manera se podrían desarrollar investigaciones alrededor de la disposición final, reciclaje y extensión de vida útil post-vehículo de baterías. Y por el privilegio regional (en Sudamérica se encuentran las más grandes reservas de metales raros como el litio [55]) se podría explorar el desarrollo de tecnologías de baterías y su fabricación en el país. El IIGE podría tratar varias líneas de investigación tanto de temas energéticos como de minería y metalurgia.

8. Conclusión

La electromovilidad ofrece una atractiva oportunidad para el Ecuador de reducir la dependencia de combustibles fósiles y la pesada carga económica que sus subsidios representan. El consumo energético de los vehículos podría ser cubierto por fuentes de energías renovables, contribuir a la mitigación del cambio climático y a mejor calidad de aire en zonas urbanas.

Sin embargo, para poder explotar el potencial de la movilidad eléctrica, el estado debe promover, a través de políticas públicas, la creación de condiciones favorables que impulsen el despliegue de vehículos eléctricos.

Para lograr resultados significantes en la política pública, es precisa la creación de un fuerte marco institucional que promueva la articulación entre los actores relevantes. Con el fin de coordinar esfuerzos, se debería desarrollar un plan integral de electromovilidad que cuente con la participación del sector público, privado, académico y la sociedad civil. En este plan se deberían establecer objetivos y estrategias a largo plazo, tomando en cuenta impactos económicos, sociales y ambientales.

Entre los factores habilitantes para el desarrollo de la electromovilidad, se encuentra la implementación de requerimientos mínimos ambientales y energéticos para vehículos. Actualmente, el Ecuador tiene estándares muy permisivos de límites de emisiones. Para mejorarlos es necesario reevaluar las políticas actuales de combustibles. Esto significa mejorar la calidad de los combustibles y reformar sus subsidios. Sería asimismo efectivo integrar estándares mínimos de eficiencia energética para vehículos.

El desarrollo de un marco normativo es vital para garantizar el cumplimiento de requerimientos apropiados de seguridad de los vehículos eléctricos, así como la preservación del medio ambiente y la protección de los consumidores frente a prácticas engañosas. El Ecuador podría expandir su normativa adoptando normas y estándares técnicos internacionales, adaptándolos al contexto nacional. A partir de estos, se podría imponer el cumplimiento de requisitos de seguridad en la homologación de vehículos eléctricos, requerimientos mínimos de vida útil para las baterías y estándares que regulen la disposición final de las baterías después de su vida útil.

Con el propósito de fomentar el despliegue de vehículos eléctricos, el estado Ecuatoriano ha instaurado incentivos económicos. Estos corresponden principalmente a beneficios tributarios, como la reducción y exención de impuestos. De todos modos, y a pesar de los formidables incentivos, existe todavía una brecha entre el costo de vehículos eléctricos y convencionales. Para extender la accesibilidad de los vehículos eléctricos y estaciones de carga se podrían introducir herramientas de financiamiento y, similarmente para el desarrollo de proyectos de transporte público eléctrico, aprovechar de fondos de financiamiento climático.

El Ecuador cuenta con tarifas diferenciadas para la carga de vehículos eléctricos que, a partir de la distinción horaria del costo del kWh, fomentan la carga de vehículos en períodos de menor demanda energética. Así se plantea optimizar el uso de la red eléctrica y reducir futuras inversiones para la expansión de infraestructura. Por ahora es posible cargar los vehículos principalmente en el hogar, pero se debería impulsar el despliegue de una red de estaciones públicas de carga rápida. Esto fomentaría la adquisición de vehículos eléctricos al habilitar viajes más largos. El estado tiene la intención de que el sector privado emprenda la inversión y la administración de las electrolineras, pero primero es fundamental crear la regulación necesaria para la reventa de electricidad.

En el Ecuador, la investigación en movilidad eléctrica se ha centrado principalmente en analizar la viabilidad técnica y económica de los vehículos eléctricos a través de pruebas de desempeño. Pero por parte de las instituciones de investigación existe poco intercambio de información, por lo que la creación de una red de investigación en electromovilidad podría potenciar la investigación en el país, articulando la academia con el sector público y el sector privado, y así facilitando el financiamiento. La investigación podría ser especialmente útil para la toma de decisiones del sector público, por lo que se deberían estudiar más profundamente los potenciales impactos económicos, sociales y ambientales de la introducción de vehículos eléctricos en el parque automotor.

Referencias

- [1] INEC, «El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años,» 9 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [2] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, «Balance Energético Nacional 2017,» 2017.
- [3] Ministerio del Ambiente, «Plan Nacional de la Calidad del Aire,» 2010.
- [4] Ministerio de Economía y Finanzas, «Proforma Presupuestaria 2018,» 2018.
- [5] GlobalPetrolPrices.com, «Precios de la gasolina, litro (8 oct. 2018),» Octubre 2018. [En línea]. Available: https://es.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/. [Último acceso: Octubre 2018].
- [6] IEA, «Global EV Outlook 2018,» 2018.
- [7] ONU Medio Ambiente, «Movilidad Eléctrica: Oportunidades para América Latina,» 2016.
- [8] ONU Medio Ambiente, «América Latina y el Caribe se sube al transporte eléctrico,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/america-latina-y-el-caribe-se-sube-al-transporte-electrico>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [9] Gobierno de Chile: Ministerio de Energía, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, y Ministerio del Ambiente, «Estrategia Nacional de Electromovilidad,» 2017.
- [10] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, «Ley Incentivos y Promoción del Transporte Eléctrico,» *La Gaceta, Diario Oficial del Gobierno de la República de Costa Rica*, nº 209, 2017.
- [11] AEADE, «Sector Automotor en Cifras, Septiembre 2018,» 2018.
- [12] Municipio de Loja, «Ordenanza que Crea y Regula el Servicio de Taxi Ecológico - Eléctrico en el Cantón Loja,» nº 038-2016, 2016.
- [13] Crónica, «30 nuevos taxis eléctricos entran a servicio,» 24 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.cronica.com.ec/informacion-2/cantones/item/18824-30-nuevos-taxis-electricos-entran-a-servicio>.
- [14] BYD Eléctrico Ecuador, «BUS ELÉCTRICO DE QUITO: NUESTRO BUS ARTICULADO 100% ELÉCTRICO PASA PRUEBAS EXITOSAMENTE,» 6 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://bydelectrico.com/bus-electrico-de-quito/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [15] BYD Eléctrico Ecuador, «GUAYAQUIL DA EL PRIMER PASO HACIA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA CON BUSES BYD,» 15 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://bydelectrico.com/bus-electrico-de-guayaquil-cero-emisiones/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [16] El Universo, «Línea de bus cambiará su flota por eléctricos en Guayaquil,» 16 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/03/16/nota/6668164/linea-bus-cambiara-su-flota-electricos>. [Último acceso: Octubre 2018].

- [17] El Telégrafo, «Concejo de Quito aprueba la compra de 70 vehículos eléctricos de transporte,» 9 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/concejo-quito-compra-transporte>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [18] El Telegrafo, «Cuenca, una ciudad que se suma a la ola del transporte eléctrico,» Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/cuenca-transporte-electrico-ecuador>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [19] C40 Cities, «Mayors of 12 Pioneering Cities Commit to Create Green and Healthy Streets,» Octubre 2017. [En línea]. Available: https://www.c40.org/press_releases/mayors-of-12-pioneering-cities-commit-to-create-green-and-healthy-streets. [Último acceso: Octubre 2018].
- [20] Metro Ecuador, «Mauricio Rodas se compromete a incorporar buses eléctricos en Quito,» 9 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2018/03/09/mauricio-rodas-se-compromete-incorporar-buses-electricos-quito.html>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [21] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil, «Ordenanza de Estímulo a la Transportación Eléctrica,» Guayaquil, 2018.
- [22] El Telégrafo, «Cooperativas proyectan 100 buses eléctricos hasta fines de 2019,» 22 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/cooperativas-proyeccion-100buseselectricos-fines-2019>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [23] El Emprendedor, «Vehículos eléctricos se fabricarán y comercializarán en Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.emprendedor.ec/vehiculos-electricos-en-ecuador/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [24] El Telégrafo, «Ecuador ratificó el Acuerdo de París sobre cambio climático,» 23 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/41/4/asamblea-aprueba-por-unanimidad-el-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [25] EUROCLIMA+, «Ecuador: movilidad baja en carbón,» [En línea]. Available: <http://euroclimaplus.org/index.php/es/movilidadurbana/item/212-nump-ecuador>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [26] MTOP, «El MTOP ganó EUROCLIMA+ con la propuesta “Plan Nacional de Movilidad Urbana bajo en Carbón”,» [En línea]. Available: <https://www.obraspublicas.gob.ec/el-mtop-gano-euroclima-con-la-propuesta-plan-nacional-de-movilidad-urbana-bajo-en-carbon/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [27] El Telégrafo, «Aprobado informe para proyecto de Ley de Eficiencia Energética,» 12 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/informe-proyecto-ley-energetica>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [28] OLADE, «Olade realiza aportes técnicos al Proyecto de Ley de Eficiencia Energética en Ecuador,» 10 Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://www.olade.org/noticias/ecuador-promueve-proyecto-ley-eficiencia-energetica/>. [Último acceso: Octubre 2018].

- [29] El Telégrafo, «Autos tienen tres meses más para cumplir norma Euro 3,» 16 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/autos-tienen-tres-meses-mas-para-cumplir-norma-euro-3>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [30] UNEP, «Combustibles y vehículos más limpios y eficientes,» 26 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.globalfueleconomy.org/media/418810/programas-de-transporte-de-onu-ambiente.pdf>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [31] El Comercio, «Calidad del diésel mejora, pero la norma todavía es permisiva en Quito,» 14 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/calidad-diesel-mejora-norma-quito.html>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [32] Petroecuador EP, «Petroecuador mejora la calidad de Diésel que se procesa en Refinería Esmeraldas,» [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5489>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [33] A. Valencia y M. Parraga, «Ecuador licitará nuevas plantas de combustible y azufre en refinería Esmeraldas,» REUTERS, 12 Octubre 2018. [En línea]. [Último acceso: Octubre 2018].
- [34] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, «Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035,» Quito, 2017.
- [35] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «RENOVA - Plan de Renovación Vehicular,» [En línea]. Available: <http://renovaec.blogspot.com/p/inicio.html>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [36] El Comercio, «La demanda de las gasolinas extra y ecopaís subió 8%,» 29 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/mayor-demanda-extra-ecopais-gasolina.html>.
- [37] NREL, «Electric Vehicle and Infrastructure Codes and Standards Citations,» 2010.
- [38] ANSI, «Standardization Roadmap for Electric Vehicles, Version 2.0,» 2013.
- [39] APEC, «APEC Roadmap for International Electric Vehicle,» 2014.
- [40] DIN, «Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität, Version 3.0,» 2014.
- [41] Bloomberg New Energy Finance, «Electric Vehicle Outlook 2018,» 2018.
- [42] Asamblea Nacional del Ecuador, «Ley de Régimen Tributario Interno,» *Registro Oficial Suplmeneto 463 de 17 de Noviembre de 2004 - Última modificación: 21 de Agosto de 2018*, 2018.
- [43] Congreso Nacional del Ecuador, «Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, y Estabilidad y Equilibrio Fiscal,» *Registro Oficial Suplmeneto 309 de 21 de Agosto de 2018*, 2018.
- [44] Pleno Comité de Comercio Exterior, «Estructura del Arancel del Ecuador,» *Resolución No. 020-2017*, 2017.
- [45] INER, «Eficiencia Energética de Vehículos Eléctricos en Ecuador,» 2016.

- [46] Metro de Quito, «Proyecto Metro de Quito obtiene totalidad de financiamiento requerido,» 19 Julio 2018. [En línea]. Available: <http://www.metrodequito.gob.ec/2018/07/19/proyecto-metro-de-quito-obtiene-totalidad-de-financiamiento-requerido/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [47] J. B. S. C. A. A. C. & D. G. Karremans, «Climate Finance and NDCs in Latin America: guide to accessing international funding sources,» EUROCLIMA Programme, Brussels, Belgium, 2017.
- [48] Acelerando, «Kia inaugura la primera estación de carga para autos eléctricos en Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.acelerando.com.ec/1135-kia-inaugura-la-primera-estacion-de-carga-para-autos-electricos-en-ecuador>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [49] El Telégrafo, «Taxis eléctricos ya disponen de una electrolinera en Loja,» 16 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/taxis-electricos-ya-disponen-de-una-electrolinera-en-loja>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [50] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, «Plan Maestro de Electricidad 2016-2025,» Quito, 2017.
- [51] Asamblea Nacional del Ecuador, «Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica,» 2015.
- [52] electromovilidad.net, «Uruguay inaugura el primer corredor eléctrico de América Latina,» 30 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://electromovilidad.net/uruguay-inaugura-el-primer-corredor-electrico-de-america-latina/>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [53] Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, «Inauguración del Laboratorio de Movilidad Eléctrica,» [En línea]. Available: <https://www.ups.edu.ec/evento?calendarBookingId=8037752>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [54] Corresponsables Ecuador, «Estudiantes de la Universidad del Azuay presentarán proyecto emprendedor en España,» 2014 Junio 12. [En línea]. Available: <https://ecuador.corresponsables.com/actualidad/estudiantes-de-la-universidad-del-azuay-presentaran-proyecto-emprendedor-en-espana>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [55] Corporación Minera de Bolivia, «EL "TRIÁNGULO DEL LITIO": CHILE, BOLIVIA Y ARGENTINA TIENEN 56% DE LOS RECURSOS MUNDIALES DEL LITIO,» [En línea]. Available: <http://comibol.gob.bo/index.php/24-noticias-inicio/1009-litio>. [Último acceso: Octubre 2018].