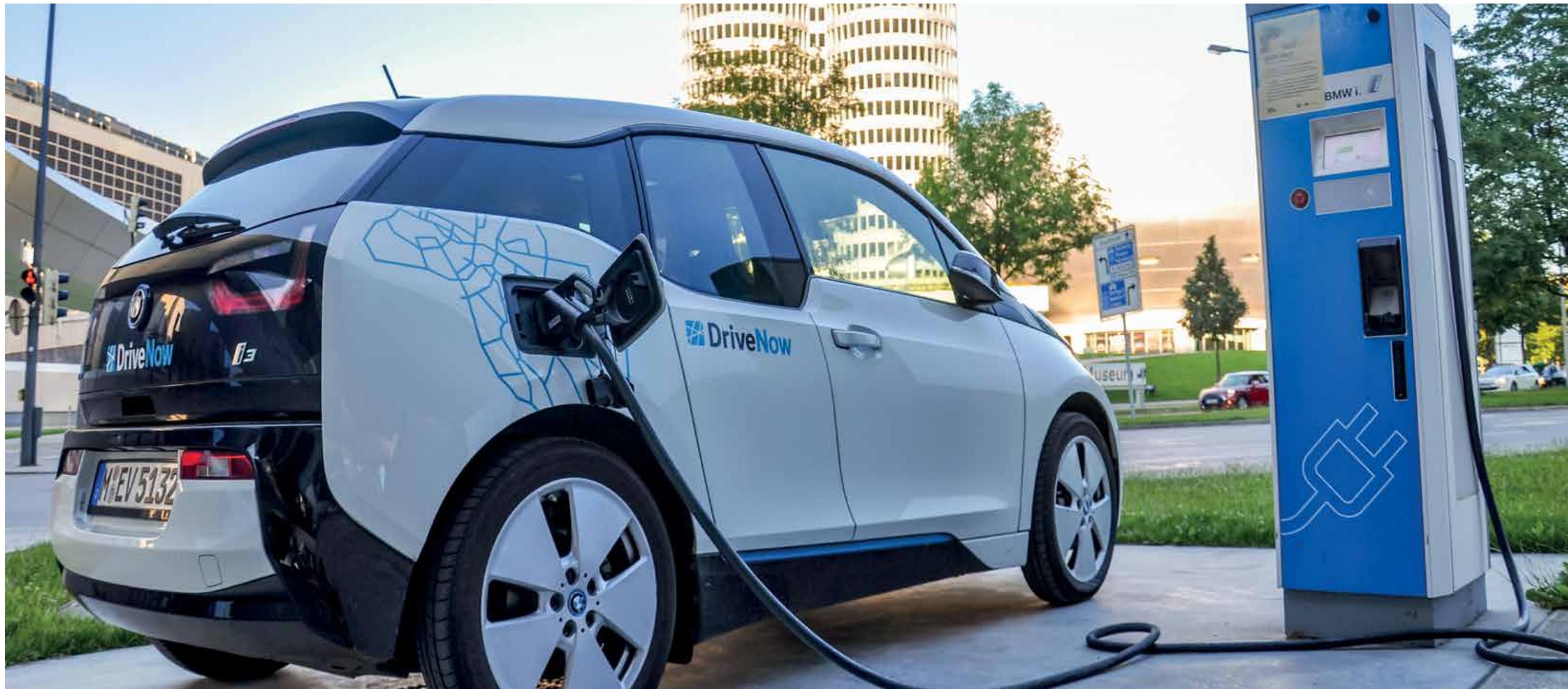




# **ELECTROMOVILIDAD** CONCEPTOS, POLÍTICAS Y LECCIONES APRENDIDAS PARA EL PERÚ





Un vehículo eléctrico en una estación de carga. Foto: Shutterstock.

## TÍTULO

**Electromovilidad.**

**Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú**

© Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería,  
Osinergmin, 2019  
Calle Bernardo Monteagudo 222,  
Magdalena del Mar, Lima, Perú

ISBN: 978-612-47350-5-9

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú:  
N° 2019-13363  
Impreso en el Perú. Printed in Peru.

Tiraje: 65 ejemplares  
Impreso en: GRÁFICA BIBLOS S.A.  
Jr. Morococha 152, Surquillo  
Lima, Perú

Primera edición: octubre 2019  
Impresión: octubre 2019

## EDITORES

Daniel Schmerler Vainstein, Presidente del Consejo Directivo de Osinergmin

José Carlos Velarde Sacio, Gerente General de Osinergmin

Abel Rodríguez González, Gerente de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin

Ben Solís Sosa, Especialista de Osinergmin

## COLABORADORES

### PRIMERA EDICIÓN

#### Equipo de redactores del libro

Ben Solís Sosa / Melissa Llerena Pratonlongo / Francisco Coello Jaramillo / Ernesto Guevara Ccama / Darha Chávez Vásquez / Juan José Morante Montenegro / David Terreros Ingaruca / José Emilio Chicasaca Huamani / Beremiz Rojas Morán / Jonathan Vilela Pablo / Joel Uzuriaga Fabian / Gerald Lozano Ruiz

### COLABORACIÓN OSINERGMIN EN EL SUMINISTRO DE MATERIAL FOTOGRÁFICO

Ministerio de Energía y Minas, Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Engie Energía Perú, Enel Distribución Perú y Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

### PRIMERA EDICIÓN

Ben Solís Sosa, Juan José Morante Montenegro, Beremiz Rojas Morán, Coordinación de Diagramación y Corrección / Dora Ipanaqué, Diseño / Paola Miglio, Edición de Estilo.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los siguientes colaboradores del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) por la revisión de los aspectos técnicos y los comentarios a las secciones de lecciones aprendidas y agenda pendiente: Hubert Mallqui (División de Supervisión Regional), Leonidas Sayas, Jorge Vilcachagua (División de Supervisión de Electricidad), Jaime Mendoza y Luis Grajeda (Gerencia de Regulación de Tarifas).

El contenido de esta publicación podrá ser reproducido total o parcialmente con autorización de Osinergmin. Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información. Todo el material presentado en esta publicación es propiedad de Osinergmin, a menos que se indique lo contrario.

Citar la publicación como Schmerler, Daniel; Velarde, José Carlos; Rodríguez, Abel y Solís, Ben (Editores) (2019). **Electromovilidad. Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú.** Osinergmin. Lima-Perú.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de Osinergmin.

Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetas a modificación sin previo aviso. La evolución pasada no es necesariamente indicador de resultados futuros. Esta publicación no se debe utilizar para tomar decisiones de inversión en activos financieros.



Estacionamiento de carga de vehículos eléctricos por energía solar. Foto: Shutterstock.

# CONTENIDO



Cargador conectado a un automóvil eléctrico. Foto: Shutterstock.

<b>PRÓLOGO</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>

## I. MARCO CONCEPTUAL 22

### 1. CONCEPTOS PRELIMINARES 24

1.1. MOVILIDAD	27
1.2. TRANSICIÓN TECNOLÓGICA	28
1.3. SMART E-MOBILITY: LA MOVILIDAD DEL FUTURO	29

### 2. TECNOLOGÍA AUTOMOTRIZ 38

2.1. VEHÍCULOS DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	42
2.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	43
2.3. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	45
2.4. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA	49

### 3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA 54

3.1. CALIDAD DEL AIRE Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	57
3.2. TIPOS DE CONTAMINANTES	60
3.3. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD Y EL CLIMA	63

## II. BENEFICIOS Y RETOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD 70

### 4. BENEFICIOS DE LA ELECTROMOVILIDAD 72

4.1. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	75
4.2. MENOR COSTO TOTAL DE PROPIEDAD	78
4.3. MAYOR EFICIENCIA	81
4.4. MAYOR CONVENIENCIA	82
4.5. INTEGRACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A LA RED ELÉCTRICA	82

### 5. RETOS DE LA ELECTROMOVILIDAD 86

5.1. ANSIEDAD DE RANGO	89
5.2. ALTO COSTO DE INVERSIÓN	93
5.3. LIMITACIONES AMBIENTALES	94
5.4. OTROS RETOS	95

## III. POLÍTICA PÚBLICA Y EXPERIENCIAS EN ELECTROMOVILIDAD 98

### 6. POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD 100

6.1. ROL DEL ESTADO	103
6.2. INSTRUMENTOS Y POLÍTICAS	106

### 7. ESTADO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL MUNDO 114

7.1. VENTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	117
7.2. NÚMERO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIVIANOS	122
7.3. NÚMERO DE ESTACIONES DE CARGA	124
7.4. PROTOCOLOS DISPONIBLES EN EL MUNDO SEGÚN TIPO DE CARGA	124

### 8. EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN ELECTROMOVILIDAD 128

8.1. NORUEGA	132
8.2. PAÍSES BAJOS	140
8.3. FRANCIA	149
8.4. ALEMANIA	157
8.5. ESTADOS UNIDOS (CALIFORNIA)	162
8.6. COLOMBIA	167
8.7. CHILE	172
8.8. MÉXICO	176
8.9. AUSTRALIA	180
8.10. CHINA	185

## IV. ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL PERÚ 194

### 9. NOTICIAS DE ELECTROMOVILIDAD 196

### 10. MEDIDAS ADOPTADAS POR EL PERÚ 210

10.1. PROYECTO PARA LA PROMOCIÓN DEL TRANSPORTE TERRESTRE ELÉCTRICO	213
10.2. MODIFICACIÓN DE LA TASA DE IMPUESTOS PARA COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS	213
10.3. BUS ELÉCTRICO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN SAN ISIDRO (LIMA)	214
10.4. MODIFICACIÓN DEL REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS	215
10.5. PRESENTACIÓN DEL PRIMER BUS ELÉCTRICO PARA MINERÍA	215
10.6. BUSES ELÉCTRICOS CON RECORRIDO COMERCIAL	216
10.7. MOTOTAXIS ELÉCTRICOS	216

### 11. POTENCIALIDAD PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO 220

11.1. MATRIZ DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL PERÚ	223
11.2. MATRIZ DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	224
11.3. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA	227
11.4. ESTADO ACTUAL DEL TRANSPORTE EN LIMA	229
11.5. OTRAS ALTERNATIVAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA	232

### 12. POTENCIALIDAD PARA EL PAÍS: LITIO Y ELECTROMOVILIDAD 234

12.1. ¿QUÉ ES EL LITIO?	237
12.2. CADENA DE VALOR DEL LITIO	238
12.3. EL LITIO Y LA ELECTROMOVILIDAD	242
12.4. MERCADO DEL LITIO	245
12.5. POTENCIAL Y PERSPECTIVAS DEL LITIO EN EL PERÚ	248

### 13. IMPACTO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL BIENESTAR SOCIAL 252

13.1. IMPACTO EN LOS USUARIOS	257
13.2. IMPACTOS SECTORIALES	259
13.3. IMPACTO FISCAL	262
13.4. IMPACTOS MACROECONÓMICOS	262

## V. HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD 264

### 14. LECCIONES APRENDIDAS 266

### 15. AGENDA PENDIENTE 274

### NOTAS 282

### BIBLIOGRAFÍA 298

### GLOSARIO 308

### SEMBLANZA 314

### EQUIPO DE REDACTORES 318

### ANEXOS (ver disco compacto adjunto)

ANEXO 1 - INDICADORES APLICABLES A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
ANEXO 2 - TIPO DE CAMBIO EQUIVALENTE A USD 1 AL CIERRE DEL 14/06/2019	
ANEXO 3 - CHINA: SUBSIDIO PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS	
ANEXO 4 - CHINA: MAPA CONCEPTUAL SOBRE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DUAL DE CRÉDITOS	
ANEXO 5 - INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (2012)	
ANEXO 6 - FACTORES DE CONVERSIÓN DEL LITIO	
ANEXO 7 - SUPUESTOS DEL ANÁLISIS DE COSTO TOTAL DE PROPIEDAD	



# PRÓLOGO

# PRÓLOGO

El sector transporte presenta en nuestro país numerosos retos que deben ser abordados con urgencia. Uno de ellos es la informalidad y el nivel de contaminación, producto de la falta de organización en el sistema de transporte. En Lima y Callao, 81% de los viajes diarios se realizan en transporte público, pero apenas el 10% se hace mediante transporte masivo concesionado (Metropolitano, Metro o Corredores Viales). Además, debemos considerar que la flota de vehículos de transporte público es bastante antigua. Estos hechos explican, por ejemplo, que en los cinco puntos de medición en la ciudad de Lima, el nivel de material particulado  $PM_{2.5}$  (contaminante de alta penetración en las vías respiratorias), sea tres veces el nivel recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El transporte se ha convertido entonces en un problema ambiental y de salud, y el sector eléctrico tiene un rol claro para dar solución a estos inconvenientes. Si bien, durante décadas, el estándar tecnológico dominante en la industria automotriz fue el vehículo de motor de combustión interna, la preocupación por el desarrollo sostenible de las economías nos hace considerar a los vehículos eléctricos como una alternativa más respetuosa con el ambiente.

Perú, a menor o mayor velocidad, será inevitablemente parte del proceso de transición tecnológica que en la actualidad ocurre en todo el mundo. Más aún, si se considera que poseemos características para aprovechar este cambio en la concepción del transporte. Por ejemplo, disponemos de amplio potencial solar (y en general, renovable) para

la generación de energía eléctrica, el cual permitirá abastecer a futuros vehículos eléctricos que ingresen a la flota vehicular. Además, los recientes descubrimientos de litio en el sur del país nos permiten pensar que podremos articularnos en la cadena productiva de vehículos eléctricos mediante baterías de litio. Incluso, la reciente creación de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) contribuye a la posibilidad de introducir soluciones de transporte masivas y electrificadas por medio de un ente planificador.

Es evidente que en el mundo todavía existen retos para la electromovilidad en términos de rango de alcance de los vehículos y altos costos de inversión que no permiten su masificación. Algunos se irán superando con el desarrollo de tecnologías más avanzadas, y otros pueden solucionarse mediante la aplicación de incentivos económicos y no económicos, como veremos en la presente publicación.

El presente libro es un esfuerzo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin) por difundir información de una industria poco desarrollada en nuestro país, pero con enorme potencial. En este sentido, se busca presentar conceptos teóricos sobre vehículos eléctricos y políticas e instrumentos para la promoción de la electromovilidad. Sin embargo, su mayor valor agregado es el análisis de la experiencia práctica en 10 países distintos. Esto nos permite conocer las políticas aplicadas en



Cargador de automóvil eléctrico. Foto: Minem.

distintas realidades y sus efectos en la expansión de la electromovilidad. Como consecuencia, se obtienen algunas lecciones aprendidas y se propone una agenda pendiente, en la ruta de nuestro país hacia una estrategia nacional de electromovilidad.

Con esta edición, Osinermin espera contribuir a la construcción de un Perú con un transporte eficiente, moderno, organizado, seguro y menos contaminante, en beneficio de todos los peruanos y de las generaciones futuras.

**DANIEL SCHMERLER VAINSTEIN**  
Presidente del Consejo Directivo  
Editor  
Osinermin

**JOSÉ CARLOS VELARDE SACIO**  
Gerente General  
Editor  
Osinermin



Toma de corriente de un automóvil eléctrico. Foto: Shutterstock.



# INTRODUCCIÓN

# INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, la industria automotriz ha estado dominada por un estándar tecnológico: los vehículos de motor de combustión interna, que contribuyeron a la actividad humana masificando el transporte, pero dejando emisiones contaminantes en el ambiente. Hoy somos conscientes del cambio climático, un problema que enfrentamos como planeta; pero, además, dicha tecnología impuso en la sociedad externalidades negativas en la salud, causando afecciones respiratorias, entre otros males. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada nueve muertes en el mundo se debe a esta causa; además, dentro del continente americano, 93 000 muertes en países de ingresos bajos y medios y 44 000 en países de ingresos altos, se atribuyen a la contaminación atmosférica.

Es por eso que, desde hace algunos años, los países se han propuesto descarbonizar sus sistemas de transporte, lo que, evidentemente, implica un cambio radical en la forma en la que entendemos hoy el transporte. Este es solo un eslabón en la cadena del transporte del futuro, que incluirá, además de la electrificación, aspectos como la autonomía y la conectividad en los vehículos.

Un cambio tan radical requiere un estudio adecuado de la tecnología que será introducida. Por tal motivo, este libro presenta los beneficios y las limitaciones asociadas a los vehículos eléctricos. Dentro de los beneficios encontramos el impacto positivo en el ambiente vía la eliminación de emisiones contaminantes, la mayor eficiencia energética de los vehículos eléctricos y la mayor conveniencia para los usuarios. Dentro de las limitaciones que impiden la expansión de la electromovilidad están: la autonomía del vehículo, los altos costos de inversión y las preocupaciones ambientales por la disposición de las baterías utilizadas.

Un número importante de estas limitaciones se irá solucionando con mayor desarrollo tecnológico; sin embargo, existe espacio para la participación activa del Estado con políticas de promoción. Así, como veremos, los Estados introducen a menudo instrumentos económicos para que los usuarios afronten un menor precio del vehículo eléctrico, o instrumentos no económicos que buscan reducir de manera temporal los costos de operación o dotar de mayor conveniencia al conductor.

Para profundizar el conocimiento en los tipos de políticas y su efectividad, resulta útil revisar el camino transitado por otros países, donde la electromovilidad ya viene siendo implementada desde hace años. Como veremos, la participación del mercado de vehículos eléctricos en la industria automotriz es reducida, pero se encuentra en crecimiento sostenido. Nuestro país no ha sido ajeno al fenómeno de la electromovilidad. En los últimos años, se han desarrollado algunos avances incipientes que incluyen, entre otros, la aprobación de reducciones tributarias al impuesto selectivo al consumo (ISC), la presentación de pilotos de buses comerciales y mineros, y la electrificación piloto de mototaxis en Pucallpa.

Sin embargo, el gran potencial de la electromovilidad en nuestro país, y el ámbito por donde debemos comenzar su difusión masiva, es el transporte público. Su desorganización es, a su vez, una oportunidad para reformarlo y electrificarlo en beneficio de los ciudadanos que demandan un sistema eficiente, moderno y ambientalmente sostenible. Tenemos a favor un enorme potencial en energías renovables y la naciente industria del litio en el sur.

El contenido del libro **Electromovilidad. Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú** se divide en cinco bloques.

El **primer bloque**, orientado al establecimiento de un marco conceptual, consta de tres capítulos. En el **capítulo 1**, se desarrollan conceptos necesarios para la discusión tales como movilidad, transición tecnológica y *smart e-mobility*. El **capítulo 2** aborda la tecnología automotriz: se explica cómo operan los vehículos de motor de combustión interna y se desarrollan los distintos tipos de vehículos eléctricos que existen en el mercado (de batería, híbridos, híbridos enchufables, con pila de combustibles y solares), así como los tipos de cargadores y conceptos relacionados a la infraestructura de recarga (tipos de conectores y niveles de carga). El **capítulo 3** aborda conceptos relacionados a la contaminación atmosférica, de especial interés ya que la electromovilidad tiene como uno de sus principales beneficios la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático, así como la mejora de la calidad del aire en las ciudades.

El **segundo bloque** tiene por objetivo resumir, de acuerdo al estado actual de la tecnología, los beneficios y retos asociados a la implementación de la electromovilidad. Por el lado de los beneficios, tratados en el **capítulo 4**, se abordan los impactos positivos en el consumidor, el ambiente e inclusive la red eléctrica. En el **capítulo 5** se repasan los retos que incluyen el limitado rango o autonomía de los vehículos eléctricos, su alto costo de inversión y los desafíos ambientales que imponen, mientras se busca una solución a la disposición final de las baterías utilizadas.

El **tercer bloque** está orientado a describir, desde la teoría y la práctica, las políticas para la promoción de la electromovilidad. El **capítulo 6** aborda las políticas de promoción de la electromovilidad, realizando una diferenciación entre los instrumentos económicos y no económicos. También se discuten políticas complementarias para garantizar el suministro y la sostenibilidad ambiental. El **capítulo 7** ofrece, por medio de la revisión de variables clave, un breve vistazo al estado de la electromovilidad en el mundo. Finalmente, el **capítulo 8** es un esfuerzo por sistematizar y analizar la literatura sobre políticas públicas emprendidas en 10 países con respecto a la electromovilidad: Noruega, Países Bajos, Francia, Alemania, Estados Unidos (California), Colombia, Chile, México, Australia y China.

En el **cuarto bloque** se describe el estado de la electromovilidad en nuestro país y su potencialidad. En el **capítulo 9** se ha realizado una selección de noticias relevantes para la electromovilidad en los últimos meses, con énfasis en el contexto nacional. El **capítulo**

**10** reseña los avances en electromovilidad en el Perú, básicamente referidos a estudios de diagnóstico, modificaciones normativas relativamente recientes y proyectos piloto que están siendo llevados a cabo mediante alianzas público-privadas. El **capítulo 11** analiza la potencialidad de la electromovilidad para el transporte público en nuestro país, mientras que el **capítulo 12** resalta el potencial que tiene el Perú para insertarse en la cadena productiva de los vehículos eléctricos por medio de la explotación del litio utilizado en sus baterías. Finalmente, en el **capítulo 13** se realiza un mapeo inicial de los posibles impactos que pueden esperarse a medida que avance la electromovilidad en nuestro país, tanto a nivel microeconómico (consumidores), como de sectores y, por supuesto, en el presupuesto del Estado.

Finalmente, el **quinto bloque** nos permite delinear el camino hacia una estrategia nacional de electromovilidad. El **capítulo 14** resume las lecciones aprendidas que se pueden extraer de la revisión de la experiencia nacional e internacional con respecto a la electromovilidad. El **capítulo 15** realiza recomendaciones de políticas a corto, mediano y largo plazo, que puedan ser aplicadas en nuestro país, a fin de avanzar decididamente hacia un transporte eficiente, no contaminante y seguro.

Este libro es un esfuerzo del equipo de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) de Osinermin, y su objetivo es concientizar a los ejecutores de políticas sobre la gran oportunidad que supone la electromovilidad; además, poner a disposición de todos los interesados información relevante sobre experiencias en políticas de promoción de la electromovilidad en el mundo. Confiamos en que será un referente para construir una estrategia nacional de electromovilidad que nos permita avanzar decididamente hacia un transporte eficiente y sostenible.

**ABEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**  
Gerente de Políticas y Análisis Económico  
Osinermin



Una fila de autos eléctricos cargando durante el día en Central Park (Nueva York). Foto: Shutterstock.



MARCO  
CONCEPTUAL

---



# 01

## CONCEPTOS PRELIMINARES

La electromovilidad es un concepto relativamente reciente que desafía la forma en la que entendemos hoy el transporte. El presente capítulo busca sentar las bases conceptuales con respecto a lo que comprendemos por movilidad, transición tecnológica y el futuro de la movilidad en las ciudades.



Automóvil eléctrico conectado a una electrolinera. Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 1

---

## CONCEPTOS PRELIMINARES

---

La electromovilidad implica el cambio de un estándar tecnológico que ha dominado la industria automotriz por años, por uno nuevo que todavía tiene espacio para desarrollarse pero ya ofrece ventajas técnicas y ambientales. Es imposible estudiar este fenómeno sin definir qué es la movilidad y qué condiciones favorecen una transición tecnológica. El estudio de estos factores permitirá luego explicar el éxito o el fracaso de las políticas de promoción de la electromovilidad. Del mismo modo, el presente capítulo desarrollará las características de la movilidad del futuro: electrificación, autonomía y conectividad. ¿Cómo puede la electromovilidad contribuir (y complementarse con otras políticas) para lograr un transporte eficiente, seguro y ambientalmente sostenible?

### 1.1. MOVILIDAD

En este libro hablaremos sobre movilidad o movilidad urbana de manera indistinta. Para ello, es importante recordar que las ciudades se definen mediante dos criterios: el administrativo, cuyos límites han sido demarcados por dispositivos legales dictaminados por el gobierno pertinente; y el demográfico, por el que una ciudad se configura cuando reúne un número mínimo de habitantes. En el Perú, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un centro poblado es considerado urbano si cuenta con 2000 habitantes o más<sup>1</sup>.

Los habitantes de las ciudades tienen la necesidad de movilizarse para realizar sus actividades cotidianas o esporádicas (ir a trabajar o estudiar, a restaurantes, de compras o al cine, entre otros). De acuerdo con Salomon y Mokhtarian (1998), la movilidad puede entenderse como la demanda de actividades o desplazamientos, siendo los costos una parte integral de ella.

Cuando hablamos de movilidad, es preciso entender que es también el resultado de un proceso de decisión económica. De Rus, Campos y Nombela (2003) señalan

que la decisión individual de transporte depende de los precios y de la renta del consumidor, pero también del tiempo. Esta última variable es importante, ya que toda actividad de transporte requiere tiempo, pero además resta tiempo para realizar otras actividades. Así también, podemos pensar en otras variables que el individuo deberá incorporar en su proceso de decisión, como distancia, comodidad, seguridad, preferencias con respecto a modelos de vehículos, entre otros. La persona puede optar entonces por desplazamientos motorizados o no motorizados y dichos viajes pueden

caracterizarse, por ejemplo, en términos de distancia recorrida, tiempo del viaje y/o costo.

En suma, entendemos la movilidad como la totalidad de viajes generados por los habitantes de una ciudad, así como los modos y características asociadas a dichos viajes (formas de transporte seleccionadas, distancia recorrida, tiempo incurrido en movilizarse, entre otros). En el presente libro nos centraremos en la movilidad de las personas, aunque es cierto que la gran mayoría de los criterios puede ser aplicada al transporte para actividades industriales y al de mercancías dentro de la ciudad que, sin duda, también tiene un rol importante en el planeamiento de la movilidad urbana. Asimismo, al mencionar los términos “electromovilidad” o “vehículos eléctricos” nos estaremos refiriendo, sobre todo, a automóviles y buses eléctricos. Solo en secciones muy particulares se abordarán otros vehículos, como *scooters*, bicicletas de pedaleo asistido y mototaxis.

## 1.2. TRANSICIÓN TECNOLÓGICA

Como veremos más adelante, la electromovilidad implica el reemplazo de la tecnología que actualmente usan los vehículos (un motor de combustión interna que funciona con combustibles fósiles altamente contaminantes) por una nueva tecnología (motor eléctrico). Si, además, se logra la recarga de los vehículos eléctricos con energías renovables, obtendremos un transporte sin emisión de gases en todas las fases del proceso.

En dicho contexto, resulta útil analizar las innovaciones tecnológicas desde un enfoque socio-técnico. Este permite preocuparnos por los aspectos científicos y tecnológicos que requiere la introducción de una nueva tecnología; así como por su impacto en la sociedad. Mediante este enfoque consideramos la función de dicha innovación tecnológica en la sociedad y la forma en la cual los ciudadanos y el Estado se relacionarán con ella.

Un primer concepto a ser definido es el de régimen socio-técnico. De acuerdo con Geels (2002), es un conjunto estable y coherente, conformado por: i) una tecnología dominante en un sector determinado, ii) sus usos y aplicaciones, iii) los valores sociales y culturales que se le asocian, iv) la infraestructura requerida, v) los conocimientos que permiten su operación, y vi) la reglamentación y políticas públicas que la acompañan (ver **ilustración 1-1**).

Queda claro que, en la gran mayoría de países del mundo, el régimen socio-técnico del transporte gira en torno a vehículos cuya tecnología es la del motor de combustión interna. Estos vehículos se usan para el transporte público y privado. Dependiendo del sistema de transportes de cada ciudad, podrían ser reservados solo para distancias medias o largas, o incluso usarse en distancias bastante cortas. Con relación a los valores sociales y culturales, no es extraño que en ciertos países la posesión de un vehículo particular esté asociada a un determinado estatus social o nivel socioeconómico, y que a su vez genere en los usuarios un conjunto de hábitos. Asimismo, los vehículos requieren de infraestructura: pistas y carreteras por donde circular, estaciones de combustible donde recargar, entre otros. Los centros de educación aportan técnicos que están en capacidad de realizar el mantenimiento a la tecnología utilizada actualmente por los vehículos; mientras que el Estado se encarga de reglamentar y, de ser el caso, implementar políticas públicas para incentivar o desincentivar prácticas teniendo como objetivo último el bienestar social. La **ilustración 1-2** presenta los elementos dentro de la configuración socio-técnica del transporte personal.

En este marco conceptual, la introducción de los vehículos eléctricos representa una disrupción tecnológica que, de ser exitosa, desembocará en un cambio en el régimen socio-técnico dominante, es decir en una transición tecnológica. De acuerdo con Geels (2002), en una transición tecnológica, a fin de pasar de un régimen socio-técnico a otro, es necesario que se produzcan cambios convergentes en tres niveles del sistema.

**i. Nivel micro**  
También conocido como el “nivel de nichos”, es el más pequeño, donde los emprendimientos e innovaciones se generan y tienen mayor probabilidad de éxito. Representa una especie de refugio seguro, donde las innovaciones se desarrollan y, a la par, se benefician de aprendizajes técnicos. No todas serán exitosas: algunas lograrán desafiar el régimen existente, mientras que otras fracasarán con el paso del tiempo.

**ii. Nivel meso**  
A diferencia de lo que ocurre en el nivel micro, los cambios en el nivel meso (o de régimen) son lentos y pueden generar resistencia o “bloqueo”, que se explica porque los actores que forman parte del régimen existente obtienen beneficios por mantenerlo. Incluso cuando la sociedad en su conjunto se beneficia de la introducción de un nuevo régimen.

**iii. Nivel macro**  
Los cambios se realizan de manera aún más lenta. Es el nivel del paisaje socio-técnico; es decir, el conjunto de todos los elementos de tipo social, cultural, económico y ambiental que forman parte de nuestra sociedad y quehacer cotidiano.

La **ilustración 1-3** muestra cómo las innovaciones tecnológicas exitosas, a diferencia de las fallidas, logran convergencia y aceptación en el nivel de

La transición tecnológica es el paso de un régimen socio-técnico a otro y requiere cambios convergentes en tres niveles.

nicho, lo que les permite subir al siguiente nivel, donde reconfiguran los distintos elementos del régimen socio-técnico.

## 1.3. SMART E-MOBILITY: LA MOVILIDAD DEL FUTURO

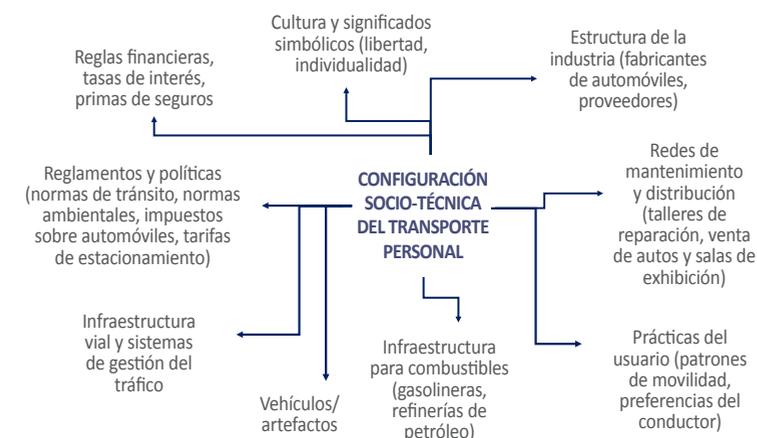
El término *smart mobility* (o movilidad inteligente) comenzó a utilizarse cuando la sociedad advirtió que, cada vez con mayor intensidad, sus prácticas de movilidad dependían de la tecnología y la innovación.

**Ilustración 1-1**  
Elementos de un régimen socio-técnico



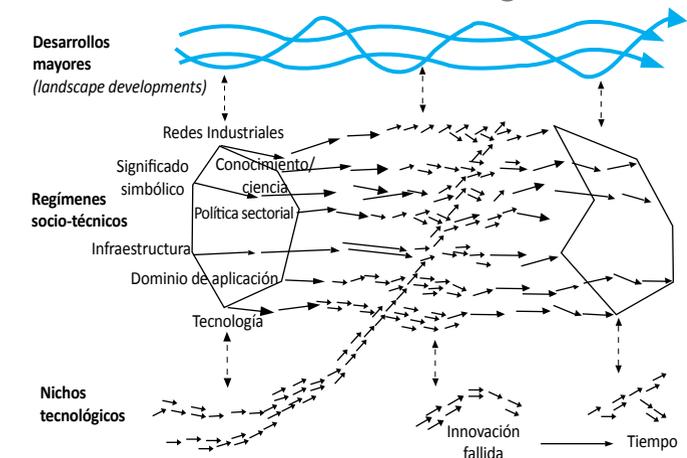
Fuente: Geels (2002). Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Ilustración 1-2**  
Elementos dentro de la configuración socio-técnica del transporte personal



Fuente: Geels (2002). Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Ilustración 1-3**  
Perspectiva dinámica multinivel sobre transiciones tecnológicas



Fuente: Geels (2002). Elaboración: GPAE-Osinermin.

En la actualidad, puede definirse como “la utilización de una combinación de sistemas, tecnología y datos a lo largo de la red de transporte, a fin de dar información para la toma de decisiones y permitir cambios en el comportamiento” (Papa y Lauwers, 2015).

Sin embargo, ahora hablamos de movilidad eléctrica inteligente (o *smart e-mobility*), debido a que, además de la electrificación del transporte, debe incorporar algunos cambios al *statu quo*. Estos incluyen la aparición de la economía colaborativa, preferencia por el acceso antes que la propiedad de vehículos y la preocupación por la contaminación del aire y los gases de efecto invernadero (GEI), entre otros aspectos.

Si bien el presente libro tiene como tema central la transformación de la movilidad en las ciudades mediante la electrificación, esta es tan solo una de las disrupciones tecnológicas que se presentarán en los próximos años en la industria. De acuerdo con Rieck, Machielsen y Van Duin (2017), el rubro se caracteriza en la actualidad por el desarrollo de tres disrupciones

que contribuirán a alcanzar el objetivo de “seis ceros”: cero emisión, cero energía, cero congestión, cero accidentes, cero capacidad ociosa y cero costo.

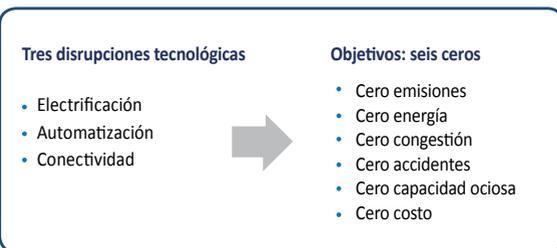
### 1.3.1. Disrupciones tecnológicas en la movilidad eléctrica inteligente

Las tres disrupciones que mencionan los autores son la electrificación, la automatización y la conectividad (ver **ilustración 1-4**). Hasta hace unos años, los únicos medios de transporte que estaban electrificados en algunas ciudades eran las líneas de metro y tranvías. Sin embargo, hoy cada vez son más las ciudades que renuevan sus flotas: cambian a buses eléctricos y otorgan incentivos para la compra de autos eléctricos particulares.

Una segunda disrupción tecnológica es la automatización de los vehículos; es decir, la capacidad que tienen para prescindir de un conductor; lo que permitiría, a futuro, reducir el número de accidentes, que en su mayoría son causados por errores humanos. Este ya es el caso de muchas líneas de metro en el mundo, cuya tecnología actual les permite hacer recorridos sin conductores. No obstante, debe advertirse que la automatización, lejos de ser una característica dicotómica (vehículos automatizados o vehículos no automatizados), es un espectro con diversos grados de automatización, tal como se presenta en la **ilustración 1-5**.

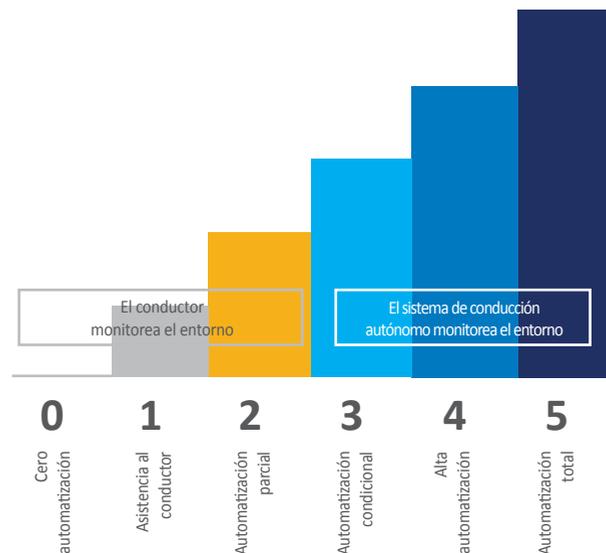
Las características de cada grado de automatización se muestran en el **cuadro 1-1**.

### Ilustración 1-4 Disrupciones tecnológicas y objetivos



Fuente: Rieck et al. (2017). Elaboración: GPAE-Osinermin.

### Ilustración 1-5 Grados de automatización en la conducción



Fuente: SAE Internacional (2014). Elaboración: GPAE-Osinermin.

La implementación de este tipo de tecnología parece lejana, sobre todo en el transporte privado. Sin embargo, su potencial se encuentra inicialmente en sistemas de transporte público con vías exclusivas, tales como las líneas de metro y los sistemas de corredores segregados de buses o Bus Rapid Transit (BRT). Con ello, se espera que la adopción de vehículos autónomos sea masiva en las próximas décadas e, incluso, como se ve en la **ilustración 1-6**, se anticipa que en algunas décadas el espacio público podría llegar a reconfigurarse como resultado de este cambio.



Vehículo autónomo durante una prueba de manejo. Foto: Shutterstock.

### Cuadro 1-1 Características del vehículo según grados de automatización

Nivel de automatización	Denominación	Definición	Dirección y aceleración/frenado	Monitoreo del entorno	Plan de respaldo de conducción dinámica	Capacidad del sistema (modos de conducción)
<b>El conductor monitorea el entorno</b>						
0	Cero automatización	Es dependiente del conductor para todas las actividades de manejo, a pesar de que pueda contar con control de cruceo automático o advertir al conductor de un accidente inminente (sin intervenir).	Conductor	Conductor	Conductor	N/A
1	Asistencia al conductor	Tiene, al menos, un sistema de asistencia al conductor, ya sea de dirección o de aceleración/frenado, utilizando información sobre el entorno de la conducción y con la expectativa de que el conductor haga todas las acciones restantes de la tarea de conducción dinámica.	Conductor y sistema de asistencia	Conductor	Conductor	Algunos modos de conducción
2	Automatización parcial	Tiene uno o más sistemas de asistencia al conductor, ya sea de dirección o de aceleración/frenado, utilizando información sobre el entorno de la conducción y con la expectativa de que el conductor haga todas las acciones restantes de la tarea de conducción dinámica.	Sistema de asistencia	Conductor	Conductor	Algunos modos de conducción
<b>El sistema de conducción automatizado monitorea el entorno</b>						
3	Automatización condicional	Es capaz de tomar el control total de la operación durante determinadas partes de un trayecto cuando se cumplen ciertas condiciones operativas. Pero el conductor debe mantenerse atento, en caso de una falla.	Sistema de asistencia	Sistema de asistencia	Conductor	Algunos modos de conducción
4	Alta automatización	Tiene sistemas autónomos verdaderos. Es capaz de completar un trayecto completo sin la intervención o presencia del conductor, pero con algunas limitaciones.	Sistema de asistencia	Sistema de asistencia	Sistema de asistencia	Algunos modos de conducción
5	Automatización total	Permite el manejo completamente autónomo en todas las circunstancias y no contempla ningún control humano. No tiene restricciones geográficas y teóricamente puede viajar con seguridad a cualquier velocidad.	Sistema de asistencia	Sistema de asistencia	Sistema de asistencia	Todos los modos de conducción

Nota: N/A: no aplica.

Fuente: SAE Internacional (2014). Elaboración: GPAE-Osinermin.



Vehículos inteligentes con sensor automático de conducción con conexión inalámbrica. Foto: Shutterstock.

La tercera disrupción tecnológica que forma parte de la *smart e-mobility* es la conectividad; es decir, la aplicación de Internet de las cosas<sup>2</sup> a la movilidad. Mediante esta, el transporte de productos y personas se realizará tomando en consideración la información disponible sobre el nivel de ocupación de los vehículos. Esto permitirá reducir las ineficiencias que existen actualmente cuando los vehículos circulan con una ocupación menor a su capacidad. Ejemplos de este tipo son servicios como Uber, Uber Pool y BlaBlaCar, plataformas que, vía Internet, permiten contratar el servicio de un auto o compartirlo para distancias cortas o largas.

### Ilustración 1-6 Evolución de vehículos autónomos en el futuro



Fuente: McKinsey & Company<sup>3</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## RECUADRO 1-1

### Waymo: el pionero de la conducción autónoma

Waymo, antes conocida como Google *Self-driving Car Project*, es una empresa que se desenvuelve en el desarrollo de vehículos autónomos. Esta tecnología comenzó en enero de 2009, en los laboratorios de GoogleX. Inicialmente, el proyecto fue dirigido por Sebastian Thrun, exdirector del Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Stanford y coinventor de Google Street View.

Los primeros días de Google Car en la pista tras la entrada en vigor de una ley en Nevada que permite la operación de autos sin conductor, ocurrieron en 2012. El modelo Toyota Prius fue elegido para respaldar el *hardware* y *software* que le permitieron desplazarse con autonomía y explorar los numerosos desafíos. Luego, para poner a prueba la tecnología en una plataforma más grande, se implementó en el Lexus SUV.

Google Car pasó la mayor parte de su etapa piloto en California. Su flota incluía volante, pedales, acelerador y freno, con el objetivo de cumplir los requerimientos de las autoridades de tránsito del estado. Así, en casos de emergencia, la persona frente al volante podría detener el auto sin problema.

En 2014, se realizó el lanzamiento de Firefly, el vehículo diseñado 100% por Google y símbolo de la revolución que buscaba liderar. Esto no significaba que Google se convertiría en una compañía automotriz, de hecho, tal como lo mencionaron el diseñador industrial, YooJung Ahn, y el ingeniero de sistemas, Jaime Waydo, jefes del proyecto:

“Desde el principio, Firefly fue concebido como una plataforma para experimentar y aprender, no para su producción en masa”<sup>4</sup>.

En 2016, John Krafcik se convirtió en CEO del proyecto. El exdirector ejecutivo de la subsidiaria estadounidense de

Hyundai fue la primera contratación de alguien con una larga trayectoria en la industria automotriz en Silicon Valley. A finales del mismo año, Google se desvinculó del proyecto y lo convirtió en una nueva compañía llamada Waymo, ahora bajo el mando de la empresa matriz, Alphabet Inc.

A mediados de 2017, Waymo entró en una nueva fase que se enfocó en el uso público. La flota de coches Firefly fue retirada de las vías y reemplazada por otros modelos, como la minivan Pacífica de Fiat Chrysler Automobiles y el vehículo eléctrico de lujo I-PACE de Jaguar.

Durante nueve años, Waymo ha probado su sistema en seis estados y 25 ciudades de Estados Unidos. Este conduce al límite de velocidad que indica la información recolectada por sus mapas y mantiene una distancia moderada de otros vehículos y objetos haciendo uso de un sistema de sensores.

En la actualidad, la empresa opera en algunos mercados de prueba, como Chandler (Arizona), donde recorre la ciudad sin necesidad de tener a alguien tras el volante. Sin embargo, aún son necesarias más pruebas, debido a que las anteriores se han hecho en zonas sin condiciones climáticas adversas ni vías complicadas.



Waymo es un proyecto destinado al desarrollo de conocimiento en vehículos automatizados. Foto: Shutterstock.

### 1.3.2. Objetivos de la movilidad eléctrica inteligente

Las tres disrupciones tecnológicas antes descritas permiten que nos planteemos seis objetivos a nivel de movilidad llamados por Rieck *et al.* (2017), los “seis ceros”.

#### i) Cero emisiones

La electrificación del transporte permitirá eliminar la contaminación del aire (por tanto, mitigar el impacto de la actividad humana en el cambio climático), así como la contaminación sonora causada por autos y buses que, actualmente, funcionan con combustibles fósiles y circulan por las ciudades.

Como veremos más adelante, las inversiones en tranvías y redes de metro contribuyen a la electrificación del

transporte, pero la gran mayoría de autos particulares, taxis y buses opera con combustibles fósiles. En particular, en Perú, el 10% de las emisiones de GEI puede atribuirse directamente al transporte.

Como consecuencia de la electrificación del transporte, la calidad de vida en las ciudades mejorará, pues habrá aire más limpio y una reducción en los ruidos realizados por los vehículos. Asimismo, cabe mencionar que el objetivo de cero emisiones se logrará en tanto la energía utilizada para cargar los vehículos sea limpia. Como demuestran Messagie, Boureima, Coosemans, Macharis y Van Mierlo (2014), los autos eléctricos que operan con energía eólica, hidráulica o nuclear tienen menor impacto en el cambio climático. Sin embargo, incluso en casos extremos, cuando los autos eléctricos son cargados con electricidad

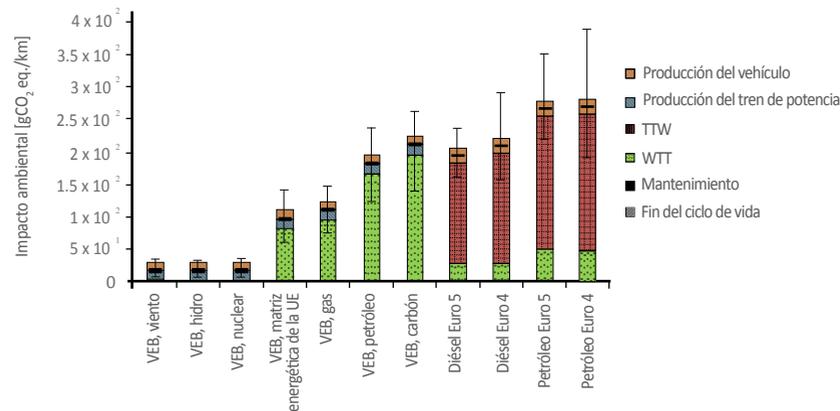
producida con combustible o carbón, el impacto es bastante parecido al de un auto con motor de combustión interna, aunque, en promedio, continúa siendo menor (ver gráfico 1-1).

#### ii) Cero energía

Los vehículos con motor de combustión interna resultan ineficientes en tanto el propio proceso de combustión tiene pérdidas y logra que solo alrededor del 40% de la energía contenida en el combustible se convierta finalmente a energía mecánica. Estas pérdidas de energía se reducen notablemente con los vehículos eléctricos, pues el motor funciona con otro principio. Asimismo, se debe considerar que todo vehículo demanda energía de manera indirecta debido a que, tanto en el origen como en el transporte del combustible (o transmisión de la electricidad), intervienen procesos que requieren de energía. La cadena de producción de combustibles fósiles incurre en importantes costos para su extracción, refinación y transporte. Mientras que, en la generación y transmisión de la electricidad, el potencial de reducir dichos costos es grande cuando incorporamos energías renovables descentralizadas.

Al generar electricidad mediante fuentes renovables, se logra reducir el impacto ambiental. Sin embargo, si además se logra generar la energía en el lugar exacto donde se demanda, también podrá obtenerse ganancias mediante la reducción de los costos de transmisión del sistema en general. De esta forma será posible aprovechar las energías renovables para la operación de vehículos eléctricos, minimizando las pérdidas existentes. Este aspecto será abordado con mayor detalle en el **capítulo 4** del presente libro, cuando

**Gráfico 1-1**  
Sensibilidad del impacto en el cambio climático de los vehículos eléctricos de batería (VEB) al tipo de producción de electricidad



Fuente: Messagie *et al.* (2014). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## RECUADRO 1-2

### ¿Es deseable eliminar todo el ruido producido por un vehículo?

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), detrás de la contaminación atmosférica, la sonora es el problema ambiental de mayor intensidad en las ciudades, sobre todo la generada por el parque automotor.

El impacto negativo que pueda ocasionar el ruido en la salud física y psíquica de las personas dependerá de factores como el lugar, la duración y el momento. Entre los efectos físicos figuran la pérdida temporal, progresiva o irreversible de la audición, trastornos digestivos, alteraciones en el ritmo cardíaco y la presión arterial, entre otros. Entre los efectos a la salud psíquica están el estrés y déficit de atención o concentración.

Uno de los principales elementos diferenciadores de los vehículos eléctricos es que, comparados a aquellos de motor de combustión interna, no generan ruidos en su funcionamiento. Sin embargo, paradójicamente, los fabricantes de vehículos eléctricos están invirtiendo en conseguir un sonido que identifique a su flota.

La Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA, por sus siglas en inglés) es una agencia del gobierno estadounidense que tiene como misión salvar vidas, prevenir heridas y reducir los accidentes vehiculares. Después de muchos estudios realizados desde 2013, llegó a la conclusión de que el ruido emitido por los autos es propio de la seguridad vial. Según la NHTSA, manejando a baja velocidad, es 18% más probable que un vehículo eléctrico ocasione un accidente que uno de motor de combustión interna. Al “introducir” ruido, tan solo en Estados Unidos se evitarían 2400 atropellos al año<sup>5</sup>.

Esta medida controversial ha sido impulsada pensando, principalmente, en las personas con discapacidad visual, que son las que más se guían en la ciudad por los sonidos. Otros



Las personas invidentes son las más vulnerables ante accidentes ocasionados por la falta de sonido en los vehículos. Foto: La Vanguardia<sup>6</sup>.

espacios peligrosos son los garajes, estacionamientos y zonas en las que los autos se desplazan por los mismos lugares que los transeúntes.

Estados Unidos aprobó en 2010 una normativa que compromete a los vehículos más silenciosos a emitir un ruido que alerte de su presencia a los peatones<sup>7</sup>. Básicamente, los vehículos que se sujetan a la norma son los eléctricos puros e híbridos con un peso menor a 4500 kg y que se encuentren circulando a menos de 30 km/h; a partir de esa velocidad el auto hace ruido por las ruedas y la resistencia del viento<sup>8</sup>. Esta medida entrará en vigor en setiembre de 2020<sup>9</sup>.

En similares términos, en 2014, el Parlamento Europeo aprobó una propuesta cuya diferencia es el umbral de velocidad, establecido en 20 km/h. Esta medida entrará en vigencia en julio de 2019<sup>10</sup>.

A pesar de su aprobación, estas legislaciones se han encontrado con argumentos en contra por parte de la mayoría de fabricantes, siendo el principal que la inclusión de dicha tecnología incrementará los costos en aproximadamente USD 40 millones anuales<sup>11</sup>. Sin embargo, la NHTSA calculó los beneficios entre USD 250 y USD 340 millones, gracias a los accidentes que se prevendrán cada año.

se discutan los beneficios que tendrá el usuario si decide adoptar vehículos eléctricos.

### iii) Cero congestión

El uso de autos, buses y camiones automatizados o autónomos permitirá que las personas y las mercancías sean transportadas evitando el tráfico excesivo que caracteriza actualmente a muchas ciudades. Mediante un sistema compartido de vehículos automatizados, existirá una comunicación fluida con las vías, a fin de evitar congestiones. Esto es algo que actualmente logra realizarse de manera parcial, mediante el uso de aplicaciones como Google Maps o Waze, que requieren de intervención humana y no brindan información sobre el nivel de ocupación de los vehículos. Se espera que, con el Internet de las Cosas, se puedan aprovechar los vehículos, reduciendo así el costo del transporte, el número de unidades en circulación y la congestión vehicular.

### iv) Cero accidentes

Otra ventaja de los vehículos automatizados es que pueden reducirse de manera significativa los accidentes, en particular los provocados por errores humanos (94% según la National Highway Traffic Safety Administration, 2015). Las otras causas de accidentes, aunque en mucho menor proporción, son fallas técnicas del vehículo, el estado de la vía o las condiciones climáticas. Ya en 2011, la OMS advertía, por ejemplo, que el uso de celulares era una fuente importante de distracción para el conductor y tenía una incidencia directa en el número de accidentes. Este efecto se ha profundizado más en los últimos años con la mayor penetración de Internet móvil y el uso intensivo de aplicaciones de mensajería y redes sociales.



La movilidad eléctrica inteligente se muestra como alternativa para lograr el objetivo de los "seis ceros". Foto: Shutterstock.

Ante ello, la entidad recomendó adoptar medidas normativas y formas creativas para asegurar su cumplimiento, así como cambios culturales que modifiquen la percepción social de lo que se permite hacer mientras se conduce un vehículo. Si bien estas medidas son necesarias a corto y mediano plazo, resulta bastante probable que no sea un problema a futuro, cuando el transporte se automatice. Así, los vehículos automatizados y autónomos permitirán reducir de forma significativa el riesgo de accidentes producidos por prácticas de manejo no seguras y errores de conductores humanos, devolviendo a los ciudadanos tiempo para destinar a otras actividades distintas a conducir.

### v) Cero capacidad ociosa

Resulta común ver personas solas conduciendo vehículos, en especial cuando el transporte público no ofrece una alternativa atractiva. De acuerdo con Rieck *et al.* (2017), en la actualidad, los

automóviles que tienen capacidad para transportar a cinco personas llevan un promedio de 1.2 personas. Los vehículos comerciales se movilizan con cerca de 50% de su capacidad ocupada por carga.

Reducir la capacidad ociosa de los vehículos ofrece ventajas para los usuarios y para la sociedad en general. Los primeros (ciudadanos, comercios e industrias) se benefician del servicio de transporte a un menor precio: cuando las empresas utilizan sus vehículos a plena capacidad, aprovechan las economías de escala y pueden ofrecer precios más competitivos. Del mismo modo, el uso eficiente de la capacidad de los vehículos reduce el número de unidades en circulación, lo cual baja la congestión vehicular y los tiempos de viaje para la sociedad en su conjunto.

La conectividad con el uso de Internet resulta crucial para lograr avances en este objetivo. Sin embargo, como bien señalan

Rieck *et al.* (2017), es importante que las empresas acepten un cambio en el modelo de negocio basado en la compartición de costos y, muchas veces, de información. En la actualidad, además de las empresas que permiten viajes a personas (ya sea como servicio de taxi o compartir un automóvil), también existen algunas que permiten conectar la demanda y la oferta de camiones de carga, como Quicargo, Uber Freight y Cheapcargo, entre otras.

### vi) Cero costo

Con el tiempo, tanto la evolución tecnológica como el aumento de la escala a la cual se producen los vehículos eléctricos permitirán un drástico descenso en su costo de producción. La conectividad y los distintos servicios que prestarán los vehículos los convertirán en activos generadores de ingresos.

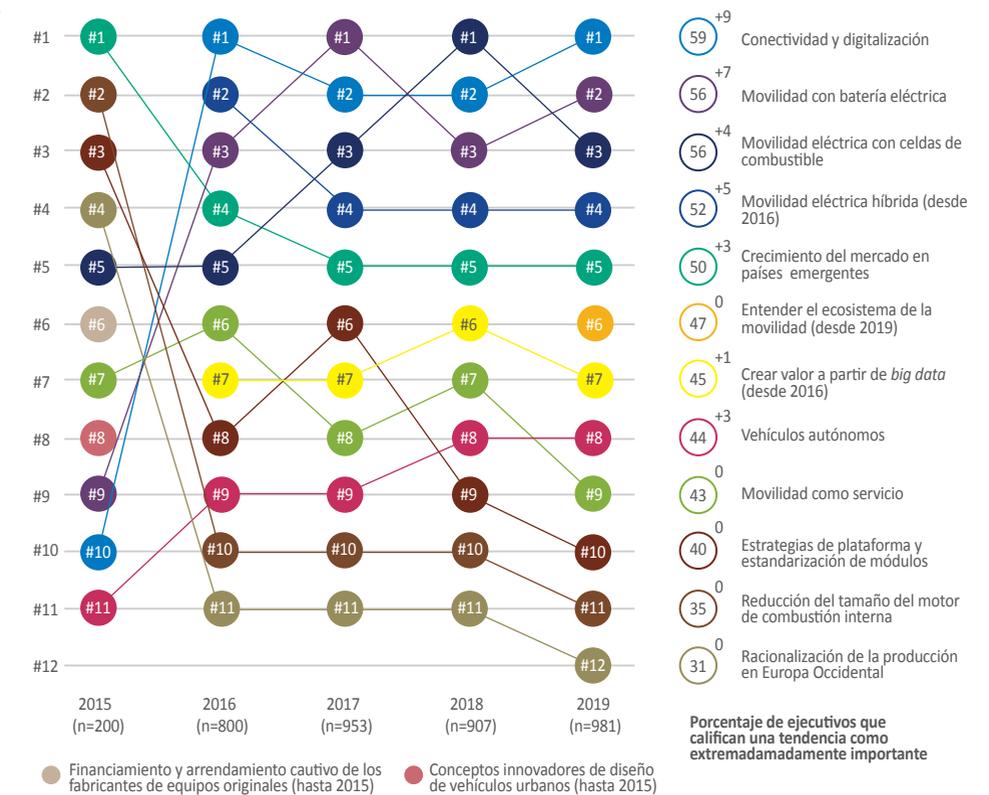
Como se verá más adelante, se espera que el precio de las baterías, uno de los componentes que representa en la actualidad parte importante de la estructura de costos de los vehículos eléctricos, exhiba un notable descenso en los próximos años. Así, también en el capítulo 4, explicaremos cómo los vehículos eléctricos pueden dar un servicio a la red eléctrica. Es decir, pasar de un esquema unidireccional (el vehículo se carga con energía de la red) a uno bidireccional (los vehículos también pueden inyectar energía eléctrica a la red). En este sentido, los vehículos eléctricos tienen el potencial de generar ingresos al brindar este servicio a la red de distribución. Todos estos factores contribuyen a disminuir el costo del transporte, y la reducción se profundizará más cuando, en el futuro, como resultado de la automatización y la conectividad, se entienda la movilidad como un concepto

menos rígido y más bien centrado en la demanda de las personas. Así, se tenderá a usar vehículos en lugar de ser propietario de ellos, lo cual implicará que las empresas (líneas de bus, tren, estacionamientos, entre otros) tengan que repensar sus modelos de negocio.

Si bien este libro se encuentra centrado en la electrificación del transporte, no debemos perder de vista la automatización y la conectividad como disrupciones tecnológicas. En particular, esta última que, de acuerdo con

una encuesta realizada a altos ejecutivos a nivel mundial (ver ilustración 1-7), se ha convertido en la prioridad en el desarrollo de la industria automotriz hacia 2030, seguida, muy de cerca, por la movilidad basada en baterías eléctricas. En el siguiente capítulo profundizaremos en la tecnología con la que operan los vehículos de motor de combustión interna y los eléctricos, para de esta manera poder identificar similitudes y diferencias entre ambas tecnologías, lo que servirá para entender sus beneficios y limitaciones.

Ilustración 1-7  
Ranking de tendencias a 2030 en la industria automotriz



Nota. Ejecutivos (n=981); cifras y desviaciones con respecto al año anterior 2018 (n=907) en porcentaje.

Fuente: KPMG (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 02 | TECNOLOGÍA AUTOMOTRIZ

Por décadas, el estándar tecnológico dominante en la industria automotriz ha sido el vehículo de motor de combustión interna. Para comprender adecuadamente los vehículos eléctricos como disrupción tecnológica, debemos conocer cómo funcionan y en qué consisten las distintas opciones de infraestructura de recarga.



Desmontaje de la batería del motor de un vehículo eléctrico. Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 2

## TECNOLOGÍA AUTOMOTRIZ

El primer automóvil eléctrico se creó en la década de 1830. Sin embargo, debido a diversas razones, su lanzamiento fue postergado por décadas a beneficio de los automóviles de combustión interna. Con el pasar de los años, la preocupación por el desarrollo sostenible provocó que los países empiecen a considerar las opciones eléctricas como una alternativa. Para comprender sus beneficios y posibles limitaciones, el presente capítulo resulta de lectura obligatoria, pues se exponen las características de la tecnología detrás de los vehículos de motor de combustión interna y eléctricos, además de los tipos de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos.

En este capítulo, nos enfocaremos en describir la tecnología con la que operan los vehículos de motor de combustión interna y los eléctricos. Esto nos parece de suma importancia porque nos permitirá identificar las similitudes y diferencias entre ambas tecnologías y, luego, servirá para entender las ventajas y limitaciones que presenta la introducción de vehículos eléctricos en las distintas ciudades del mundo.

Los vehículos de motor de combustión interna pueden ser convencionales u operar con combustibles alternativos. Dentro del grupo de los convencionales están aquellos que operan con gasolina o diésel, mientras que en el de los que operan con combustibles alternativos

encontramos a aquellos que se alimentan de autogás (gas licuado de petróleo, GLP), gas natural (sea gas natural comprimido, GNC, o gas natural licuado, GNL), biocombustible (bioalcohol, biodiésel y biogás) o hidrógeno.

Por otra parte, los vehículos eléctricos se caracterizan por tener un grupo de motopropulsión eléctrico, es decir, que funcionan utilizando la electricidad como 'combustible' o fuente de energía. Esta representa la principal diferencia con los que operan con motor de combustión interna y, como veremos más adelante, explica muchas de las características de los vehículos eléctricos, como el grado de autonomía y el nivel de contaminación que producen, entre otros.

“ **Identificar las similitudes y diferencias entre ambas tecnologías (vehículos de motor de combustión interna y eléctricos) nos servirá para entender las ventajas y limitaciones de la introducción de vehículos eléctricos.** ”

**Cuadro 2-1**  
Tipos de vehículos según combustibles y grupo de motopropulsión

Tipo de vehículo	Combustible		Tipo de grupo de motopropulsión
Vehículo convencional de motor de combustión interna	Gasolina		Mecánico
	Diésel		
Vehículo de motor de combustión interna con combustible alternativo	Autogás	Gas licuado de petróleo (GLP)	
	Gas natural	Gas natural comprimido (GNC)	
		Gas natural licuado (GNL)	
	Biocombustible	Bioalcohol	
		Biodiésel	
Biogás			
	Hidrógeno		
Vehículo eléctrico	Electricidad		

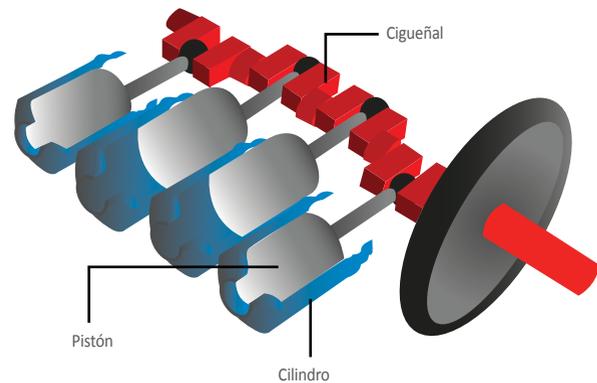
Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 2.1. VEHÍCULOS DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna utilizan un proceso químico que, tras la combinación de combustible y aire, libera energía. En este mecanismo, la ignición (o encendido) y combustión se producen dentro del motor. Asimismo, cuentan con cilindros fijos y pistones móviles. Al producirse la combustión por efecto del calor, se generan gases que empujan los pistones dentro de los cilindros. Este movimiento repetitivo logra hacer girar una pieza llamada cigüeñal, que permite convertir el movimiento rectilíneo generado por los pistones en uno circular mediante el mecanismo biela-manivela (ver **ilustraciones 2-1 y 2-2**). Así, mediante un sistema de engranajes, termina impulsando las ruedas del vehículo.

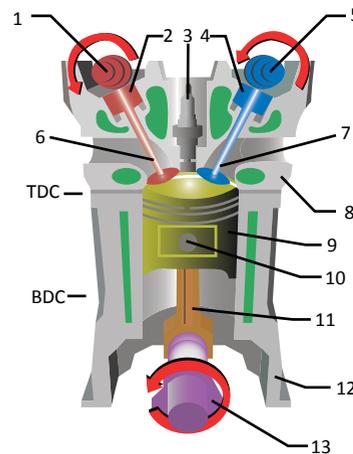
En la actualidad, existen dos tipos de motores de combustión interna según el mecanismo de ignición y el combustible que utilizan. Los que operan con gasolina utilizan un motor de encendido por chispa que, durante el proceso de admisión, absorbe una mezcla de aire y combustible. Como consecuencia de la combustión, los gases se expanden empujando el pistón.

**Ilustración 2-1**  
Sistema de cilindros, pistones y cigüeñal



Fuente: Wikimedia Commons<sup>1</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 2-2**  
Partes de un motor de combustión interna



Fuente: x-engineer<sup>2</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

1. Árbol de levas de escape
2. Taqué o empujador de escape
3. Bujía
4. Taqué o empujador de admisión
5. Árbol de levas de admisión
6. Válvula de escape
7. Válvula de admisión
8. Culata
9. Pistón
10. Perno del pistón
11. Biela
12. Bloque del motor
13. Cigüeñal

TDC - Punto Muerto Superior  
BDC - Punto Muerto Inferior

Por el contrario, los vehículos que operan con diésel funcionan con un motor de encendido por compresión, que en la etapa de admisión solo introduce aire que se comprime luego. Después, el combustible es rociado en aire comprimido caliente, lo cual provoca el encendido. Mediante un sistema de transmisión se logra que el combustible (gasolina o diésel) se transforme en la energía que permite el movimiento de las ruedas del vehículo. En la **ilustración 2-3** se muestra el esquema de funcionamiento de un vehículo de motor de combustión interna (VMCI).

## 2.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Todo vehículo eléctrico cuenta con las siguientes partes:

### i) Puerto de carga

En el que se introduce un conector unido a un cable, lo que permite recibir electricidad desde una fuente externa para su recarga. Como veremos más adelante, no existe homogeneización de conectores a nivel mundial y actualmente hay distintos niveles de carga, los cuales están relacionados a la velocidad con la que se cargan las baterías.

### ii) Batería de tracción

También llamada banco de baterías o baterías de alto voltaje. Permite el almacenamiento de energía en el vehículo eléctrico. Esta es una de las partes más importantes de los vehículos eléctricos. Debido a su peso y tamaño, se encuentra usualmente en la zona inferior del vehículo, para darle mayor estabilidad, aunque esto puede variar de acuerdo al fabricante. Su propósito es almacenar energía para permitir el funcionamiento y la propulsión del vehículo. Tiene un sistema que regula voltaje, corriente, temperatura y estado de carga. Su contenido se expresa en kilowatt-horas. En la actualidad, las tecnologías disponibles para baterías son:

- **Baterías de plomo ácido.** Su potencial para el uso en vehículos eléctricos es bajo debido a su sensibilidad a la temperatura y vida útil.
- **Baterías de níquel metal hidruro (NiMH).** Su uso se ha extendido especialmente para tracción.
- **Baterías de litio.** Se pueden dividir por

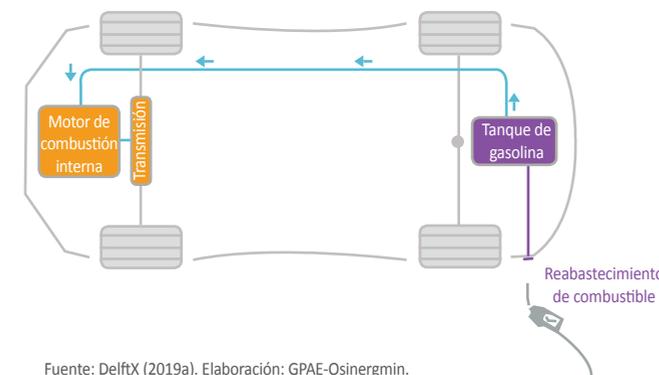
el tipo de material activo en baterías de electrolito líquido de iones de litio y de electrolito polímero de iones de litio.

En el caso de los vehículos eléctricos, se prefiere las baterías de litio, ya que tienen una alta densidad de energía; es decir, son capaces de almacenar mayor energía para un peso determinado. El **cuadro 2-2** muestra cómo para una batería de 20 kWh, la batería de ion-litio pesa 180 kg, mientras que la de plomo-ácido pesa 550 kg, es decir, tres veces más. Actualmente los esfuerzos se están centrando en mejorar las baterías, ya que su peso y tamaño restringen el rango de alcance de los vehículos y elevan significativamente su costo.

### iii) Cargador a bordo

También conocido como rectificador. Debe recordarse que la energía que proviene de la red eléctrica se encuentra en corriente alterna (CA)<sup>3</sup>. Sin embargo, a fin de recargar el banco de baterías, el vehículo necesita de un convertor a corriente continua (CC). En tal sentido, el cargador a bordo es un convertor electrónico de potencia CA-CC que toma la electricidad de corriente alterna que

**Ilustración 2-3**  
Esquema de un vehículo de motor de combustión interna



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 2-2**  
Densidad de baterías para vehículos eléctricos

Peso de una batería de 20 kWh	
Plomo y ácido	550 kg
Níquel y cadmio	500 kg
Níquel - metal hidruro	350 kg
Ion-litio	180 kg

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

ingresa vía el puerto de carga y la convierte en energía CC para recargar la batería de tracción.

#### iv) Conversor electrónico de potencia

Al manejar el vehículo eléctrico, la energía fluye del banco de baterías al motor y a los accesorios del vehículo, como el sistema de audio y luces. Para regular la potencia entre estos dispositivos, es necesario utilizar un conversor electrónico de potencia. En un vehículo eléctrico, un conversor de CC a CC aumenta el voltaje de CC de la batería de tracción a uno de CC más alto, necesario para hacer funcionar el motor.

#### v) Transmisión

Es el componente encargado de transferir la energía mecánica del motor de tracción a fin de accionar las ruedas.

#### vi) Conversor de la batería

Es el conversor de potencia en CC a CC, que tiene por función convertir el voltaje de la batería de tracción en uno más alto, utilizado para el intercambio de potencia con el motor de tracción.

#### vii) Inversor (motor drive).

Es un componente que controla la velocidad, torque y dirección rotativa del motor. Dependiendo

del motor, puede ser un inversor CC a CA, o un conversor CC a CC, que se usa para controlar el flujo de energía con la batería. Es importante mencionar que el *motor drive* es un conversor bidireccional, pues puede dar energía para la propulsión, pero también quitársela para el frenado regenerativo o de recuperación.

#### viii) Motor eléctrico

Elemento distintivo de este tipo de vehículos a diferencia de los convencionales que operan con combustibles fósiles. Permite la propulsión al convertir la energía eléctrica que proviene de la batería de tracción en energía mecánica para

poner en marcha las ruedas. A diferencia de los vehículos con motor de combustión interna que utilizan distintos engranajes, los eléctricos usan un solo engranaje con diferencial. En este sentido, los vehículos eléctricos son “automáticos” por defecto. Si bien su función principal es la propulsión, también funciona como generador en el proceso de frenado, obteniendo energía eléctrica de las ruedas y transfiriéndola a la batería de tracción mediante el frenado regenerativo.

#### ix) Controlador electrónico de potencia

Es el dispositivo que controla de manera directa

el flujo de energía eléctrica en los diferentes conversores electrónicos de potencia y, por tanto, de manera indirecta el funcionamiento de la batería, los motores y el vehículo. Se basa en la interacción entre el acelerador y el pedal de freno utilizado por el conductor para seleccionar el modo de operación (conducción o frenado regenerativo). Del mismo modo, controla el cargador a bordo y la carga de la batería, incluyendo su sistema de administración.

#### x) Batería auxiliar

Los vehículos eléctricos también se caracterizan por tener una batería auxiliar, cuya función es

proporcionar electricidad para arrancar antes de que se active la batería de tracción (o banco de baterías) y alimentar los accesorios del vehículo.

## 2.3. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos se caracterizan por tener un grupo de motopropulsión eléctrico. Pueden dividirse de acuerdo a su fuente de energía, sus dispositivos de propulsión y el grado de hibridación que presentan. De esta forma, podemos encontrar cinco tipos de vehículos eléctricos (ver **cuadro 2-3**).

## RECUADRO 2-1

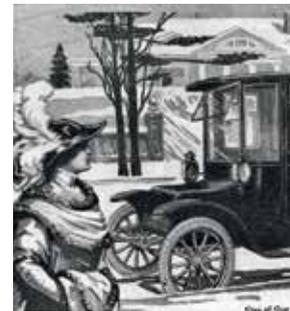
### Breve historia del auto eléctrico

A lo largo de los años, el rubro automotriz ha mostrado ser muy importante en diversos países, particularmente en Estados Unidos. En 2011 se contaban ya con 1.17 vehículos por conductores con licencia y la industria era una de las inversionistas más grandes en publicidad, tenía una participación de 3% en el Producto Bruto Interno (PBI) y sumaba casi dos millones de empleados. Estas son cifras que han ido en aumento y que no han hecho más que reafirmarla como una de las más grandes del país.

El vehículo eléctrico (VE) no es un invento reciente, de hecho, el primero en su tipo data de la década de 1830 y fue inventado por Robert Anderson. La comercialización de los VE inició en 1852, pero estos presentaban un inconveniente: la autonomía, las baterías no se podían recargar y no cubrían largos recorridos. La creación de las baterías recargables por Gaston Planté en 1859 y la invención (1880) de Camille Faure de un procedimiento electroquímico que aumentaba la capacidad de carga de la batería, permitieron que se pueda hablar de vehículos eléctricos operativos, pero que aún no podían cubrir una extensa ruta.



Auto de la Electric Vehicle Company (1904). Foto: Wikimedia Commons<sup>5</sup>.



Anuncio de Detroit Electric (1912). Foto: Wikimedia Commons<sup>5</sup>.

En la primera década del siglo XX, los VE se habían vuelto populares, representaban cerca de la tercera parte del parque automotor de las grandes ciudades del mundo, donde su rango limitado no era una desventaja. Empresas como Electric Vehicle Company, Woods Motor Vehicle Company, Detroit Electric, General Vehicle Company y Milburn Light Electric estaban presentes en el mercado.

En la década de 1860, llegó el motor de combustión interna. Pese a que eran difíciles de arrancar y emitían mucho humo y ruido, estos autos tuvieron gran acogida por la mayor autonomía que

poseían con respecto a los VE. Ni siquiera las baterías de níquel-hierro introducidas por Thomas Edison les hicieron competencia.

En 1908, Ford estableció la cadena de montaje, dando paso a un nuevo sistema socioeconómico, el fordismo. Este se basaba en la producción industrial en serie y le permitía bajar el precio de venta notablemente a su producto estrella, el Ford Model T. Unido a la caída del precio de la gasolina por el descubrimiento de grandes reservas petroleras en todo el mundo, la situación hizo que los VE pierdan su posición en el mercado hasta casi desaparecer.

Se retomó el interés por la electricidad como energía para el transporte gracias a la crisis del petróleo de la década de 1970, las mejoras en la tecnología y concientización por parte de los países occidentales de la desmesurada dependencia y contaminación de los combustibles fósiles.

Los gobiernos empezaron a promover activamente la adopción de vehículos eléctricos para combatir la contaminación y el cambio climático. Sin embargo, también hubo importantes obstáculos para la adopción, tales como la incertidumbre sobre la longevidad y el valor de reventa, la seguridad y, nuevamente, el rango que dichos vehículos permitían alcanzar.

En 2007, Nissan y Renault formaron una alianza que buscaba posicionarlos como líderes en el terreno de los vehículos eléctricos. Lanzaron al mercado el primer motor eléctrico producido masivamente: el desarrollo del Nissan Leaf tomó tres años, llegando a coronarse como el VE más vendido en el mundo en su época. Hubo empresas que no lograron adaptarse a este tipo de mercado y se declararon en bancarrota, por ejemplo, Fisker en 2014.

Posteriormente, con la fundación de Tesla y los lanzamientos de las líneas Roadster y Model S, acompañados de los *superchargers*, la movilidad eléctrica volvía a ser una realidad viable (aunque solo para la clase social con mayores ingresos). En la actualidad, casi todos los fabricantes de automóviles tienen (o tendrán en breve) un automóvil eléctrico.



Thomas Edison y un auto eléctrico en 1913. Foto: Wikimedia Commons<sup>5</sup>.



Un Nissan Leaf en una estación de carga rápida en Letonia. Foto: Shutterstock.



Elon Musk, fundador de Tesla, Inc.. Foto: Forbes<sup>6</sup>.

**Cuadro 2-3**  
Tipos de vehículos eléctricos según tipo de energía, propulsión y grado de hibridación

Hibridación	Tipos de vehículos eléctricos		Fuente de energía	Propulsión
Sí	Vehículos eléctricos híbridos (VEH)	En serie En paralelo Dual	Gasolina	Motor eléctrico
			Diésel	Motor de combustión interna
	Vehículo eléctrico híbrido enchufable (VEHE)		Gasolina	Motor eléctrico
			Diésel	Motor de combustión interna
No	Vehículo eléctrico de batería (VEB)		Puerto de carga (electricidad)	Motor eléctrico
	Vehículo eléctrico con pila de combustible (VEPC)		Hidrógeno	Motor eléctrico
	Vehículo eléctrico solar		Paneles solares	Motor eléctrico

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

### 2.3.1. Vehículos eléctricos con cierto grado de hibridación

Un primer grupo está conformado por los vehículos que tienen cierto grado de hibridación. Aquí se encuentran tanto los vehículos eléctricos híbridos (VEH) como los vehículos eléctricos híbridos enchufables (VEHE). Los VEH utilizan combustible como fuente de energía para el funcionamiento de un motor de combustión interna, como los vehículos convencionales. Sin embargo, también poseen un motor eléctrico que actúa como generador: obtiene energía del motor y logra almacenarla en una batería, para usar posteriormente dicha energía en la propulsión del vehículo. Es llamado vehículo “en paralelo”, pues tanto el motor de combustión interna como el eléctrico pueden impulsar las ruedas a la vez (ver **ilustración 2-4**).

Sin embargo, también existen vehículos eléctricos híbridos “en serie”, cuya característica principal es que el motor de combustión interna no está asociado a la transmisión del auto, sino a un generador que provee de energía eléctrica para el motor de tracción y para su almacenamiento en la batería del vehículo. De esta forma, el motor de tracción es el único conectado a la transmisión y, por tanto, a la operación de las ruedas (ver **ilustración 2-5**).

Un tercer tipo de vehículo eléctrico híbrido es el dual, que opera ‘en paralelo’ y ‘en serie’ usando un separador de potencia. Cuenta con un generador que permite cargar la batería, pero también con uno

que impulsa las ruedas. Es decir, la transmisión se encuentra conectada tanto al motor de combustión interna mediante el separador de potencia, como al eléctrico. Por el tipo de diseño, suelen ser más costosos (ver **ilustración 2-6**).

Dentro del primer grupo de vehículos con cierto grado de hibridación, encontramos a los vehículos eléctricos híbridos enchufables. A diferencia de los VEH, los VEHE, además de obtener la energía de combustibles, también pueden ser conectados mediante un puerto de carga a una fuente externa de electricidad. Su propulsión se realiza con ambos tipos de motor (ver **ilustración 2-7**).



El Toyota Prius es el automóvil híbrido eléctrico más vendido del mundo. Foto: Shutterstock.

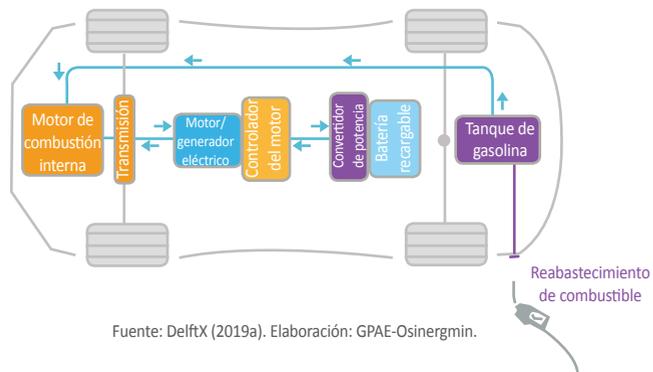
Una desventaja de los vehículos híbridos es que, al utilizar combustibles, tienen tubos de escape y emiten gases contaminantes, por lo cual los beneficios de su introducción en la mejora de la calidad del aire y la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) son menores. Sin embargo, en un contexto de bajo desarrollo normativo y escasa infraestructura de recarga, los vehículos híbridos pueden ser un paso intermedio para la electrificación del transporte.

### 2.3.2. Vehículos eléctricos no híbridos

Un segundo grupo de vehículos eléctricos está conformado por aquellos que no presentan hibridación y que para todos los casos utilizan un motor eléctrico para su propulsión, aunque con distintas fuentes de energía para su carga. En primer lugar, encontramos a los vehículos eléctricos de batería

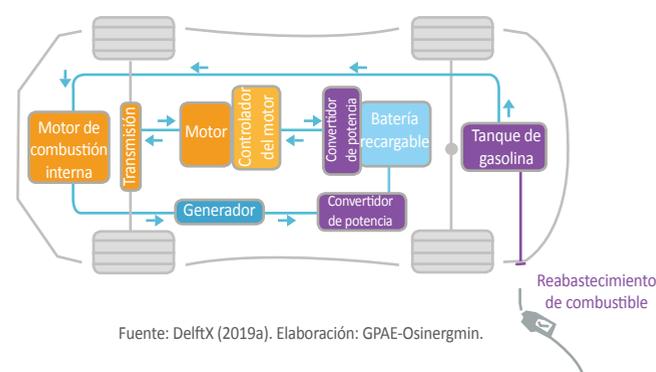
(VEB) que se conectan a una fuente de energía eléctrica externa. El vehículo requiere que el banco de baterías esté cargado para poder poner en marcha el motor eléctrico que pone en funcionamiento las ruedas (ver **ilustración 2-8**). Como veremos más adelante, existen múltiples tecnologías para la recarga, aunque en todos los casos esta demora mucho más que la de los vehículos que operan con motor de combustión interna.

**Ilustración 2-4**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico híbrido (en paralelo)



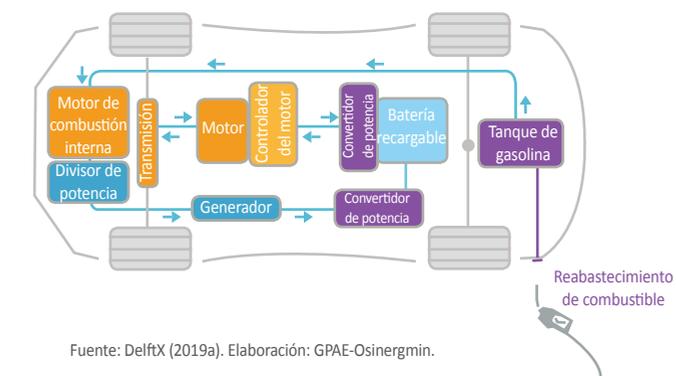
Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 2-5**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico híbrido (en serie)



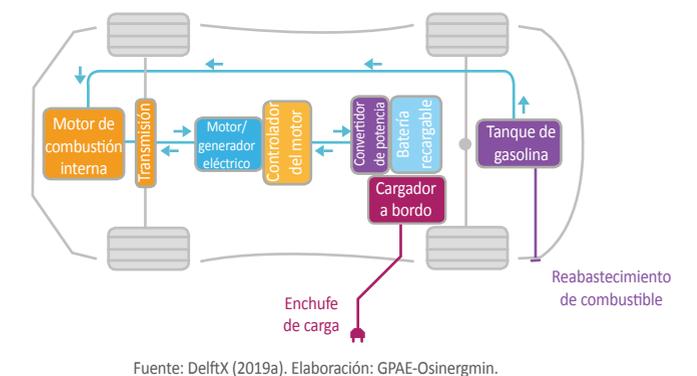
Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 2-6**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico híbrido (dual)



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 2-7**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico híbrido enchufable

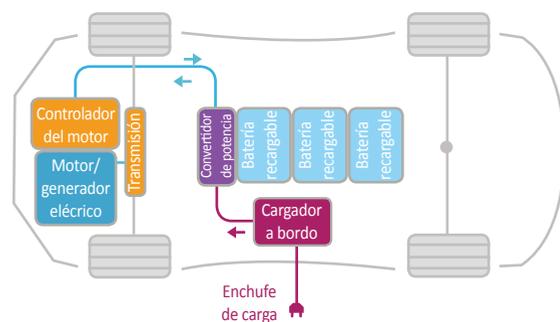


Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



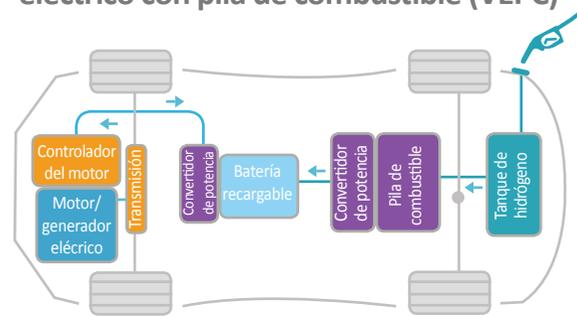
Carga de un auto eléctrico en la calle. Foto: Shutterstock.

**Ilustración 2-8**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico de batería (VEB)



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Ilustración 2-9**  
Esquema de funcionamiento de un vehículo eléctrico con pila de combustible (VEPC)



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

Aunque menos populares, también encontramos a los vehículos eléctricos con pila de combustible (VEPC), los cuales usan el hidrógeno como fuente de energía<sup>8</sup>. En estos casos no existe un banco de baterías grande como en el caso de los VEB, sino una pila de celdas de combustible que permite generar electricidad a partir del hidrógeno. Este tipo de vehículos aún requiere de una batería pequeña para alimentar el motor eléctrico; sin embargo, se diferencian significativamente de los VEB en que la celda de combustible no tiene propósito de

almacenamiento, sino de generación de corriente a partir de una reacción química (ver **ilustración 2-9**). En este sentido, si se les compara con los VEB, los vehículos con pila de combustibles tienen como ventajas el menor tiempo de recarga y el mayor rango de conducción.

Finalmente, están los vehículos eléctricos solares, que tienen como fuente directa a los paneles solares incorporados a ellos. Todavía no existe un gran desarrollo en este tipo de vehículos, pero actualmente ya existen VEB que

incluyen paneles solares en su carrocería como complemento para la recarga de las baterías, considerando que los vehículos están la mayor parte del tiempo estacionados.

La ventaja de los vehículos no híbridos, es que no tienen un motor de combustión interna, por lo cual no existen emisiones de gases. Esto tiene un impacto positivo en la calidad del aire y mitiga la contribución de la actividad humana al cambio climático, pero su viabilidad depende de la existencia de suficientes puntos de recarga.

## RECUADRO 2-2

### Tasa de hibridación

La tasa de hibridación de un vehículo nos permite medir el rol que tiene el motor eléctrico en su desempeño. Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$TH = \frac{P_{me}}{P_{me} + P_{mci}} \times 100$$

donde:

TH: Tasa de hibridación

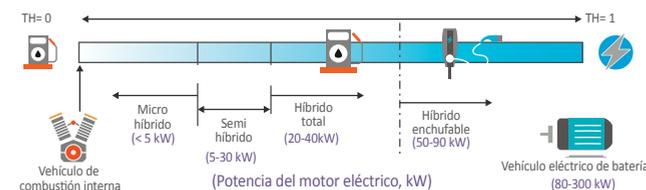
$P_{me}$ : Potencia proporcionada por el motor eléctrico

$P_{mci}$ : Potencia proporcionada por el motor de combustión interna

Evidentemente, un vehículo con motor de combustión interna tendrá una tasa de hibridación de cero, mientras que un vehículo eléctrico de batería, al utilizarse únicamente el motor eléctrico, tendrá una tasa de hibridación de uno.

De acuerdo con dicha clasificación, los vehículos pueden categorizarse como micro híbridos, semi híbridos, completamente híbridos e híbridos enchufables (ver **ilustración 2-10**).

**Ilustración 2-10**  
Rango de valores típicos para la tasa de hibridación



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

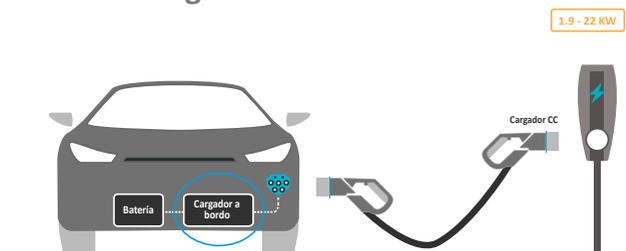
## 2.4. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

La infraestructura de recarga es una pieza fundamental en el proceso de promoción de la electromovilidad. Su conveniencia, disponibilidad y accesibilidad son factores que el usuario tomará en cuenta para decidir si compra o no un vehículo eléctrico. Por tal motivo, resulta útil revisar cómo se cargan y qué tipo de tecnologías existen en la actualidad.

### 2.4.1. Tipos de carga

El proceso de recarga de un vehículo resulta bastante intuitivo y se realiza mediante la conexión de un cargador al puerto de carga del vehículo, que recibe energía eléctrica de una fuente externa. Es preciso recordar que la electricidad de la red eléctrica está en corriente alterna, mientras que la batería del vehículo requiere corriente continua. Por este motivo, se necesita un conversor CA-CC para realizar una recarga en corriente alterna, cuya capacidad es limitada ya que, por cuestiones de diseño, no puede ser muy grande ni pesado. Normalmente tiene una potencia máxima que oscila entre 1.99 y 22 kilowatts (ver **ilustración 2-11**).

**Ilustración 2-11**  
Carga en corriente alterna



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

La solución al problema ocasionado por la restricción de peso y tamaño sobre el cargador a bordo es trasladar el conversor fuera del vehículo. Esta forma se conoce como recarga en corriente continua. Al eliminar la restricción, un cargador puede alcanzar una potencia máxima de entre 50 y 350 kilowatts. La diferencia principal es que, en este caso, el cargador que se encuentra fuera del vehículo tiene el conversor CA-CC, por lo cual la energía es alimentada directamente en corriente continua al vehículo (ver **ilustración 2-12**).

Dependiendo del fabricante, el vehículo podría tener uno o más puertos de carga para la recarga en corriente alterna y continua.

### 2.4.2. Tipos de conectores

Los conectores varían según la región. Parte de la promoción de la electrificación del transporte es asegurar que exista una tecnología estandarizada con respecto al tipo de cargador, así se pueden concentrar esfuerzos en la promoción de infraestructura de recarga asociada a ese tipo de conector. El **cuadro 2-4** resume los tres tipos de conector para recarga en corriente alterna según la región donde se fabrican los vehículos.

Para el caso de la recarga en corriente continua, existe un cuarto tipo de conector llamado CHAdeMO (abreviación de *Charge de Move*), que se utiliza, sobre todo, en la fabricación de vehículos en Japón. En Estados Unidos y Europa existe un combo que permite cargar de manera combinada en CC y CA. Si se compara con el cuadro anterior, podrá verse que el conector es similar al de corriente alterna, con una adición en la parte inferior, por lo cual un puerto de carga de “combo” es compatible con los cargadores de corriente alterna y continua en dichas regiones (ver **cuadro 2-5**).

Al revisar la multiplicidad de conectores que existen en el mercado, resulta claro que la industria de vehículos eléctricos no ha llegado a un consenso sobre un conector en específico y que, por el contrario, este varía entre regiones dependiendo de la marca del vehículo.

### 2.4.3. Niveles de carga

La tecnología de recarga, de acuerdo a su potencia, puede clasificarse en tres niveles. Las recargas de nivel 1 y 2, aplicables en corriente alterna y continua, tienen una potencia de hasta 10 kW y entre 10 y 50 kW, respectivamente. Por su parte, la recarga de nivel 3, solo es aplicable en corriente continua y tiene una potencia mayor a los 50 kW, pudiendo llegar hasta los 350 kW.

Por lo general, la recarga de nivel 1 se hace en el hogar, utilizando el cargador que se encuentra incluido al comprar el vehículo: un cable que de un extremo tiene un enchufe convencional que puede conectarse en cualquier tomacorriente y del

otro, un conector que, como hemos visto, varía de acuerdo al modelo del vehículo. Para realizar este tipo de recarga, el vehículo debe estar estacionado cerca de un tomacorriente. Esta suele ser una opción viable para casas; sin embargo, impone dificultades para los edificios multifamiliares, ya que los estacionamientos no suelen tener suficientes tomacorrientes, ni mucho menos están individualizados por departamentos, por lo cual la distribución del costo de energía puede resultar problemática.

En relación al tiempo de recarga asociado al nivel 1, la batería del vehículo puede tardar un promedio de 20 horas en cargarse por completo, obteniendo un rango de 200 km<sup>9</sup>. Si bien este tiempo puede parecer desalentador, es bueno recordar que una persona promedio suele utilizar su automóvil para desplazamientos cortos durante el día y difícilmente recorrerá 200 km en uno. Así, resulta improbable que agote la totalidad de la carga de la batería, por lo cual se puede recargar en la noche.

**Cuadro 2-4**  
Tipos de conector (corriente alterna) según región de fabricación

Estados Unidos - Japón	Europa	China
Tipo 1 	Tipo 2 	Basado en el Tipo 2 
Tesla CA 	Tipo 3 	

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Cuadro 2-5**  
Tipos de conector (corriente continua) según región

Estados Unidos	Europa	Estados Unidos - Europa - Japón	China
Tesla CC 	Tesla CC 	CHAdeMO 	GB/T 
CA & CC Combinado 	CA & CC Combinado 		

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Cuadro 2-6**  
Niveles de recarga según potencia

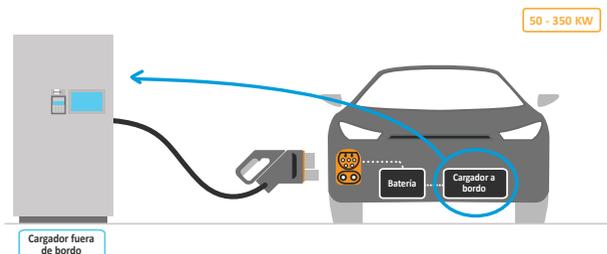
Nivel	Corriente	Potencia
1	CA	0 – 10 kW
	CC	
2	CA	10 – 50 kW
	CC	
3	CC	> 50 kW (hasta 350 kW)

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.

La recarga de nivel 2 también se realiza en casa; sin embargo, los cargadores no vienen incluidos con la compra del vehículo. Se adquieren usualmente al mismo tiempo que el automóvil y son entendidos por muchos consumidores como parte del costo total. A la fecha de elaboración del libro (dependiendo de las marcas), este tipo de cargadores puede encontrarse hasta por USD 600 en el mercado estadounidense. Al sumarse los costos de mano de obra por instalación y otros asociados (por ejemplo, requieren de Internet inalámbrico), la inversión total puede alcanzar USD 2000.

Las ventajas en tiempo de recarga son notables: un vehículo cuya recarga total tomaba 20 horas con un cargador de nivel 1 puede recargarse en tres horas con uno de nivel 2<sup>10</sup>, motivo por el cual muchas personas que compran vehículos eléctricos terminan adquiriendo de manera simultánea este cargador. Sin embargo, cabe recordar que el tiempo de carga puede extenderse hasta seis horas, dependiendo del vehículo y del cargador<sup>14</sup>. En cualquiera de los casos, su instalación es vista como una inversión, lo cual se capitaliza inmediatamente en el precio de reventa de la vivienda. Este tipo de cargadores resulta ideal para personas

**Ilustración 2-12**  
Carga en corriente continua



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinermin.



Recarga de nivel 1. Foto: Union of Concerned Scientists<sup>11</sup>.



Recarga de nivel 2. Foto: ChargeHub<sup>12</sup>.



Recarga de nivel 3. Foto: Shutterstock.

que viajan largas distancias todos los días por cuestiones de trabajo, lo cual resulta común en algunas ciudades con bajo nivel de densidad poblacional. También pueden encontrarse en estaciones públicas.

Finalmente, la recarga de nivel 3, también llamada *fast charging*, tiene asociado un alto costo de inversión y toma la forma de centros públicos de carga, localizándose cerca de estacionamientos, centros comerciales o a lo largo de carreteras. Está pensada para personas que se encuentren haciendo viajes largos y tienen que hacer una parada a recargar la batería. De manera excepcional, puede utilizarse para personas que, en viajes urbanos, no hayan cargado sus vehículos de manera suficiente. Sin embargo, debido a que el costo en estas estaciones suele ser mucho mayor al costo residencial de la electricidad, se espera que los conductores utilicen con mayor frecuencia los cargadores de los dos primeros niveles.

Los cuadros 2-6 y 2-7 presentan un resumen de los niveles de carga, la potencia y la estimación del tiempo de recarga para un rango de 200 km. Estos datos deben ser tomados como referenciales, debido a que dependen de los parámetros asumidos para dicho cálculo.

**Cuadro 2-7**  
Estimación del tiempo de recarga según nivel

Nivel	Tiempo aproximado de carga (con batería descargada)
1	20 horas (200 km)
2	5 horas (200 km)
3	30 minutos (80% de los 200 km)

Fuente: ChargeHub<sup>13</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## RECUADRO 2-3

### La recarga de baterías en un futuro muy cercano



Una estación de cambio de baterías para taxis en la India. Foto: PlugIndia<sup>15</sup>.



Autobús urbano eléctrico con paneles solares. Foto: Shutterstock.



Proyecto de carril para recargar vehículos eléctricos. Foto: New Atlas<sup>16</sup>.

Según avanza la tecnología, el tiempo que toma recargar un vehículo eléctrico es un problema menor en la adopción de la electromovilidad. Algunos de los avances tecnológicos que ya existen, pero cuya masificación puede tomar algunos años son:

#### Estaciones de intercambio de baterías

Actualmente, pensamos que los vehículos requieren estar conectados para su recarga. No obstante, podrían obtener energía reemplazando la batería descargada por una de repuesto. Esto reduce de manera significativa el tiempo de recarga, y se pagaría solo por la energía provista (tal como sucede con los balones de GLP que se consumen hoy). El problema principal es lograr la estandarización en forma y tamaño de las baterías entre las distintas marcas de vehículos.

#### Vehículos solares

Actualmente, la tecnología de paneles fotovoltaicos viene alcanzando importantes avances en la reducción de sus costos. Si bien por el momento no pueden dar suficiente energía para la operación del vehículo, algunos modelos están incorporando paneles solares en la carrocería del vehículo, a fin de complementar la fuente de energía y aprovechar “los tiempos muertos” en los cuales el vehículo se encuentra estacionado en exteriores, o cuando se desplaza expuesto al sol.

#### Recarga inalámbrica de carreteras

Además de implementarse la recarga inalámbrica, los avances tecnológicos ahora también permiten que el vehículo se cargue incluso cuando está en movimiento. De esta forma, mediante la construcción de carriles exclusivos para el uso de vehículos eléctricos que cuentan con cargadores subterráneos, será posible recargar autos sin necesidad de que se detengan. La dificultad será establecer si existirán mecanismos de cobro (peajes, por ejemplo) y cómo implementarlos.

## 03 | CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La actividad humana genera diversos contaminantes cuyo conocimiento resulta indispensable a fin de evaluar las ventajas que ofrece la electromovilidad como contribución al aire limpio en las ciudades y a la mitigación del cambio climático.



Vehículos circulando por la carretera en medio de una fuerte contaminación (India). Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 3

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire es uno de los principales problemas para la salud de las personas. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), una de cada nueve muertes en el mundo se debe a este problema. Además, dentro del continente americano, 93 000 muertes en países de ingresos bajos y medios y 44 000 en países de ingresos altos, se atribuyen a la contaminación atmosférica.

En el presente capítulo se realiza una breve revisión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a los cuales contribuye la promoción de la electromovilidad. Además, se exponen los tipos de contaminantes que se emiten por acción de los vehículos de motor de combustión interna y otras fuentes, así como la contaminación sonora. Finalmente, se presentan los efectos de estos agentes en la salud y en el clima.

### 3.1. CALIDAD DEL AIRE Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En el marco de la edición 70 de la Asamblea General de Naciones Unidas, celebrada el 25 de septiembre de 2015 en Nueva York por los 193 países miembros, se aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un documento que tiene

un plan de acción cuyos intereses principales son la eliminación de la pobreza extrema, la reducción de la desigualdad y la protección del planeta, cuyo sustento recae en sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos ODS reemplazan a los 8 Objetivos del Milenio (ODM) que se dieron en el 2000 y que buscaban la reducción de la pobreza extrema, promover la igualdad de género y la reducción de la mortalidad infantil, entre otros (ver *ilustración 3-1*).

Los 17 ODS se componen por 169 metas, y tienen como pilares o esferas de acción a las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y la participación colectiva o alianzas. Los primeros cinco se relacionan con las personas; los objetivos del siete al 11 están enfocados en la prosperidad; los objetivos seis, 12, 13, 14 y 15 van en acción con el planeta; el objetivo 16 con la paz y el 17 con las alianzas.

“

**Existen ODS a los cuales la electromovilidad puede contribuir de manera importante por su potencial en el uso de energías limpias, reducción de la contaminación del aire y mitigación del cambio climático.**

”

## RECUADRO 3-1

### Los Objetivos de Desarrollo Sostenible

1. **Fin de la pobreza.** Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. **Hambre cero.** Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3. **Salud y bienestar.** Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4. **Educación de calidad.** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
5. **Igualdad de género.** Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
6. **Agua limpia y saneamiento.** Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
7. **Energía asequible y no contaminante.** Garantizar el acceso a energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
8. **Trabajo decente y crecimiento económico.** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9. **Industria, innovación e infraestructura.** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10. **Reducción de las desigualdades.** Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
11. **Ciudades y comunidades sostenibles.** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. **Producción y consumo responsables.** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. **Acción por el clima.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14. **Vida submarina.** Conservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos.
15. **Vida de ecosistemas terrestres.** Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de forma sostenible los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
16. **Paz, justicia e instituciones sólidas.** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos los niveles, instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.
17. **Alianzas para lograr los objetivos.** Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Existen ODS a los cuales la electromovilidad puede contribuir de manera importante por su potencial en el uso de energías limpias, reducción de la contaminación del aire (y, por tanto, de las enfermedades asociadas) y mitigación del cambio climático. Dichos objetivos son el tres (salud y bienestar), siete (energía asequible y no contaminante), 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (acción por el clima).

Con relación al objetivo tres, uno de los motores para el desarrollo sostenible es la salud para garantizar una vida sana, promover el bienestar y, en consecuencia, mejorar la esperanza de vida de las naciones. De acuer-

do con la Organización Panamericana de la Salud<sup>1</sup>, la contaminación del aire representa un problema debido a que es causa del 36% de muertes por cáncer de pulmón, del 34% de los accidentes cerebrovasculares, del 35% de enfermedades pulmonares crónicas y del 27% de las cardiopatías isquémicas. Es por ello que, dentro de las metas de este objetivo, la 3.9 trata acerca de reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, agua y suelo. Además, la reducción de las emisiones de los contaminantes atmosféricos contribuirá a alcanzar otras metas relacionadas a las enfermedades mencio-

nadas. Una política para apoyar la reducción es la adopción de un transporte menos contaminante, como la electromovilidad.

El objetivo siete está relacionado a la energía asequible y no contaminante. Como se ha mencionado en los primeros capítulos, el potencial de la electromovilidad en el ambiente se incrementa cuando la energía es generada sobre la base de recursos renovables. Mediante políticas que promuevan la electrificación del transporte, se asegura que los ciudadanos tengan acceso a servicios energéticos modernos y se contribuye a la eficiencia energética, reduciendo el impacto en el ambiente.

Ilustración 3-1  
Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente y elaboración: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo<sup>2</sup>.

El objetivo 11 se enfoca en los problemas generados por el crecimiento de las ciudades. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)<sup>3</sup>, en 2015, aproximadamente 4000 millones de personas vivían en las ciudades y para 2030, este número aumentaría a 5000 millones. Además, si bien las ciudades traen consigo productividad y crecimiento, se pueden presentar problemas como la congestión, el deterioro de la infraestructura, la contaminación ambiental, la deficiencia en la gestión de residuos, entre otros. Es por eso que dentro del objetivo 11 se fijaron metas para atender estos problemas, donde la que se relaciona directamente con la contaminación del aire es la 11.6, que se enfoca en disminuir el impacto negativo per cápita de las ciudades, prestando atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos.

Finalmente, el objetivo 13, relacionado a la acción por el clima, busca enfrentar uno de los retos más grandes que atraviesa el planeta y cuyas

consecuencias ya estamos viviendo. Según el PNUD<sup>4</sup>, el nivel del mar aumentó 20 cm desde 1880 y las emisiones de CO<sub>2</sub> lo hicieron aproximadamente 50% desde 1990, la mayor subida de las últimas décadas. Bajo este objetivo, los Estados se fijan metas para luchar contra el cambio climático, para lo cual será fundamental migrar hacia fuentes menos contaminantes de energía, como la electromovilidad.

### 3.2. TIPOS DE CONTAMINANTES

En esta sección se describen algunos de los contaminantes más frecuentes emitidos por los Vehículos de Motor de Combustión Interna (VMCI). Los contaminantes atmosféricos se dividen por su forma física en dos grandes grupos: materiales particulados y contaminantes gaseosos (gases y vapores). Según su origen se pueden clasificar en primarios y secundarios (ver **cuadro 3-1**). Los primarios provienen directamente de la fuente de emisión, mientras

que los secundarios se originan mediante reacciones químicas que ocurren entre contaminantes primarios o entre contaminantes primarios y elementos de la atmósfera. Además, también se abordará otro importante tipo de contaminación al cual los VMCI contribuyen en gran medida: la sonora o acústica.

#### 3.2.1. Material particulado atmosférico

Es el conjunto de partículas que se encuentra en la atmósfera en estado sólido o líquido. Muchas son emitidas como gases y por efecto de las reacciones o enfriamiento se condensan. Por su tamaño, se clasifican en partículas en suspensión y sedimentables. Las primeras corresponden a un tamaño comprendido entre 1-10 µm (1 µm=10<sup>-6</sup> m), mientras que el segundo grupo corresponde a un tamaño superior a 10 µm, que permanece en suspensión en el aire durante un corto tiempo (ver **ilustración 3-2**). Según su mecanismo de formación, el material particulado se clasifica en partículas primarias, emitidas directamente en estado sólido a la atmósfera; y secundarias, que se forman en la atmósfera por reacciones químicas o físicas.

Las partículas se originan a partir de alguna actividad antropogénica (ocasionada por el hombre) o natural (propia de la naturaleza). En el primer caso, podemos encontrar estas partículas en las zonas urbanas, como consecuencia de actividades mineras, industriales o del transporte. Con respecto a las fuentes naturales, podemos encontrar emisiones fugitivas de los suelos, volcánicas y de las grandes zonas forestales que expulsan vapores orgánicos ocasionados por la transpiración de las plantas.

a) **Partículas PM<sub>10</sub>**, por sus siglas en inglés (**particulate matter**). Se pueden definir

como aquellas partículas dispersas en la atmósfera cuyo diámetro oscila entre 2.5 y 10 µm. Están formadas, primordialmente, por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos.

b) **Partículas PM<sub>2.5</sub>**. Corresponden a la fracción respirable más pequeña, con un tamaño igual o inferior a 2.5 µm, lo cual solo puede ser percibido con un microscopio electrónico.

La principal diferencia entre ambos tipos de material particulado se encuentra en el origen. Las PM<sub>2.5</sub> provienen, sobre todo, de fuentes antropogénicas, como las emisiones de los VMCI, mientras que las PM<sub>10</sub>, de fuentes naturales, como erupciones volcánicas, incendios forestales, polinización de plantas o polvo de la superficie movilizado por el viento.

#### 3.2.1. Contaminantes gaseosos

Dentro de los contaminantes gaseosos se pueden clasificar distintos grupos, como los compuestos de azufre (SO<sub>x</sub>), compuestos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), oxidantes fotoquímicos, los halogenados y sus derivados.

a) **Compuestos de azufre**

- **Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)**. Los principales óxidos de azufre presentes en la atmósfera son el dióxido (SO<sub>2</sub>) y el trióxido (SO<sub>3</sub>). El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, no inflamable que, a elevadas concentraciones, puede ser detectado por su olor irritante. El tiempo de vida medio de este gas es de dos a cuatro días. Puede ser emitido mediante fuentes naturales por

vulcanismo, y por fuentes antropogénicas como la combustión de fósiles cuando se enciende la calefacción doméstica y los VMCI. El SO<sub>2</sub> se puede oxidar en SO<sub>3</sub> (gas muy reactivo y oxidante) y en un contexto de humidades altas, se transforma en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), un componente de la lluvia ácida que resulta nocivo para las plantas, la vida marina y las construcciones.

b) **Compuestos de nitrógeno**

- **Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**. A pesar de que el nitrógeno en condiciones normales no es perjudicial (ya que forma parte de la atmósfera), al combinarse con el oxígeno se forman óxidos de nitrógeno que representan un contaminante altamente nocivo. Entre los principales óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se incluyen el óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), trióxido de nitrógeno (NO<sub>3</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el pentóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Por lo general son inodoros e incoloros y altamente reactivos. Sin embargo, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), al juntarse con algunas partículas, puede verse como una capa de color marrón rojiza en muchas áreas urbanas. Los óxidos de nitrógeno se forman cuando el combustible se quema a altas temperaturas, por lo cual son generados por los VMCI y otras fuentes industriales, residenciales y comerciales. Estos gases pueden transportarse largas distancias, lo que significa que los problemas asociados no se limitan solo a las áreas donde se emiten NO<sub>x</sub>. Son también un potenciador del material particulado, sobre todo de partículas finas PM<sub>2.5</sub>, las más perjudiciales.

c) **Compuestos de carbono**

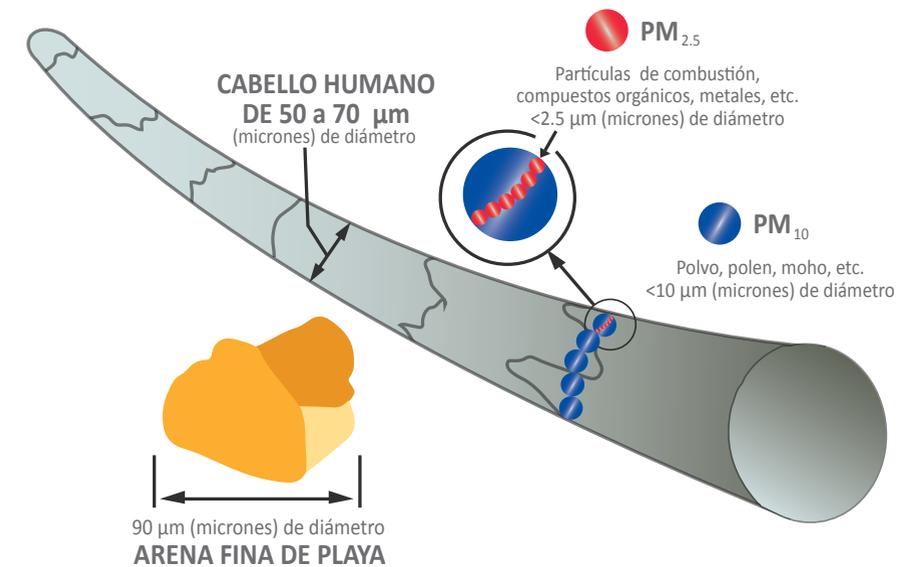
- **Monóxido de carbono (CO)**. Es un gas incoloro, inodoro, insípido y altamente

**Cuadro 3-1**  
Tipos de contaminantes atmosféricos según su origen

Contaminantes primarios	Material particulado	PM <sub>2.5</sub> PM <sub>10</sub>	
	Contaminantes gaseosos	Contaminantes gaseosos	Compuestos de azufre Compuestos de nitrógeno Compuestos de carbono Compuestos halogenados y derivados Compuestos orgánicos volátiles
Contaminantes secundarios		Oxidantes fotoquímicos	Ozono troposférico Aldehídos Nitratos de peroxiacilo Peróxido de hidrógeno

Fuente: Red de control y vigilancia de la calidad del aire de Cantabria<sup>5</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 3-2**  
Tamaño referencial del material particulado



Fuente y elaboración: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos<sup>6</sup>.



Personas usando una máscara contra la contaminación del aire en las calles (Tailandia). Foto: Shutterstock.

peratura ambiente fáciles de inhalar. Además de los hidrocarburos, están también los alcoholes, glicoles, cetonas, ésteres, éteres y aldehídos. Se pueden encontrar tanto en fase sólida (compuesto por más de 16 átomos de carbono), líquida (de cinco a 16 átomos de carbono) y gaseosa (de uno a cuatro átomos de carbono). Sus emisiones provienen de diversas fuentes antropogénicas, como el transporte de VMCI, la minería, industrias de disolventes y de fuentes naturales, como la vegetación.

#### e) Oxidantes fotoquímicos

Son aquellos contaminantes secundarios que resultan de la reacción entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. Esta ocurre en un ambiente de luz solar, es por ello que reciben el nombre de “fotoquímicos”. El ozono troposférico es el oxidante fotoquímico más característico.

- **Ozono troposférico (O<sub>3</sub>).** El ozono, un gas incoloro, pertenece a la composición de la atmósfera, sin embargo, en bajas alturas (conocido como ozono troposférico) tiene características que lo hacen un contaminante oxidante, corrosivo, tóxico y altamente reactivo para generar compuestos secundarios. Es un contaminante secundario debido a que se forma a partir de la reacción entre compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en presencia de luz solar a altas temperaturas (ver **ilustración 3-3**). Tiene, sobre todo, origen antropogénico, ya que la principal fuente de los NO<sub>x</sub> y COV son los VMCI.

#### f) Compuestos halogenados

Son compuestos que contienen cloro (Cl), flúor (F) e hidrógeno (H) en el caso de sus derivados. Entre ellos destacan el cloruro de hidrógeno (HCl), el ácido fluorhídrico (HF) y los clorofluorocarburos (CFC), entre otros. Su origen se debe tanto a fuentes naturales como

las erupciones volcánicas, así como a fuentes antropogénicas, como los VMCI, las fábricas e incineraciones.

### 3.2.2. Contaminación sonora

El sonido es un fenómeno físico que consiste en la propagación de vibraciones mecánicas en medios elásticos como el aire, provocando así una sensación auditiva. El ruido se define como un sonido desagradable cuya intensidad y frecuencia, generalmente, producen molestias al oído. La intensidad de los ruidos se mide en decibeles (dB). El umbral de audición de las personas varía de 0 dB hasta los 120 dB. La contaminación se manifiesta cuando existen niveles de ruido en el ambiente que ocasionan molestia o afectan a la salud y bienestar de las personas (ver **cuadro 3-2**). Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2016), el tránsito vehicular es la principal causa de ruido y contaminación sonora en la ciudad.

El material particulado es el conjunto de partículas que se encuentran en la atmósfera en estado líquido o sólido.

La principal vía de ingreso del material particulado en el organismo es mediante el sistema respiratorio.

### 3.3. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD Y EL CLIMA

#### 3.3.1. Material particulado

##### Efectos en la salud

La principal vía de ingreso del material particulado en el organismo es mediante el sistema

respiratorio. El nivel de exposición del cuerpo humano a este material depende del tamaño de las partículas y del tipo de respiración que se ejerza (oral o nasal). Mientras más pequeñas sean las partículas, mayor será la capacidad de penetración en el árbol respiratorio. En la **ilustración 3-4** se muestran las regiones del sistema respiratorio humano en donde pueden penetrar cada tipo de partícula. En el caso

tóxico. Se le considera estable pues su tiempo medio de vida es de dos a cuatro meses. En cuanto a su origen natural, se debe a la producción y degradación de la clorofila; mientras que su origen antropogénico ocurre por la combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, carbón, petróleo, tabaco o madera. Por este motivo, se afirma que los grandes agentes emisores de este gas son los vehículos a motor y los procesos industriales.

calor. Entre los principales factores antropogénicos que aumentan las concentraciones de CO<sub>2</sub> se encuentra la combustión a partir de combustibles fósiles que se realiza mediante procesos industriales y el transporte de VMCI.

- **Metano (CH<sub>4</sub>).** Es un gas incoloro e insoluble en agua cuyo tiempo de vida medio es de cinco a 10 años. Es el hidrocarburo más abundante de la atmósfera. Su origen de forma natural proviene de la descomposición anaeróbica de las plantas y la digestión de animales herbívoros. Su origen antropogénico se debe, principalmente, al transporte por VMCI, la ganadería, las refinerías de petróleo y la evaporación de disolventes orgánicos. Su importancia recae en la propiedad que tiene de retener el calor en la atmósfera.

#### d) Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Son hidrocarburos o derivados que debido a su alta presión pueden emitir vapores a tem-

Ilustración 3-3  
Formación del ozono troposférico (O<sub>3</sub>)



Fuente: Comisión para la Cooperación Ambiental. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Cuadro 3-2  
Ejemplos sobre la relación entre el tipo de ambiente y el nivel de decibeles (dB)

Nivel (dB)	Ejemplo
10	Estudio de grabación
20	Habitación silenciosa
40	Biblioteca, conversación susurrada
50	Conversación normal
60	Lavadora, aspiradora
70	Conversación en voz alta
80	Calle ruidosa
90	Tren en marcha
100	Ambiente de discoteca
120	Disparo, megáfono, claxon
130	Avión despegando
140	Explosión
180	Despegue de un cohete

Fuente: OEFA (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

de las  $PM_{2.5}$ , su tamaño hace que se puedan depositar hasta en los alvéolos pulmonares, teniendo así mayor impacto en la salud. A su vez, en comparación a las de mayor tamaño, estas partículas llevan consigo elementos más tóxicos, como metales pesados y compuestos orgánicos.

Según Linares y Díaz (2008), a corto plazo, el material particulado puede dejar como efecto en el sistema respiratorio una disminución en la función pulmonar o interferencias en mecanismos de defensa pulmonar. A largo plazo, puede afec-

tar al ser humano mediante un menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio y, en casos más extremos, generar un mayor riesgo de cáncer en edad adulta. También puede afectar a otros sistemas, como el cardiovascular, provocando una disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca ante situaciones de estrés. Es por eso importante que se realice en cada país un monitoreo del material particulado. En esa línea, el **cuadro 3-3** presenta el número de pueblos y ciudades que cuentan con sitios para este monitoreo, por nivel de ingreso en América Latina y El Caribe.

Según Riojas-Rodríguez, Da Silva, Texcalac-Sangrador y Moreno-Banda (2016), en América Latina y El Caribe, solo 24 de las 43 ciudades que cuentan con un millón o más de habitantes, realizan mediciones de  $PM_{10}$  y solo 16 de  $PM_{2.5}$  (ver **cuadro 3-4**).

El material particulado en forma de deposición seca o húmeda contribuye al fenómeno de la lluvia ácida. A su vez, tiene la capacidad de absorber las radiaciones electromagnéticas y provocar el efecto invernadero.

## RECUADRO 3-2

### Lluvia ácida

La lluvia ácida o deposición ácida es un fenómeno natural que se produce a partir de la transformación de los óxidos de azufre y nitrógeno en ácido sulfúrico y ácido nítrico, respectivamente. Estos compuestos, al combinarse con el vapor de agua, forman precipitaciones de carácter ácido. El pH es una medida que nos permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Su valor está comprendido entre 0 y 14, donde a valores cercanos a 0, la sustancia será más ácida y, a valores cercanos a 14, más alcalina. La gran consecuencia de la lluvia ácida es la disminución del pH de la lluvia a valores inferiores a 5.6.

Este fenómeno afecta en múltiples aspectos a la sociedad, como la salud de las personas, la vida marina, los bosques y las edificaciones. En lo que respecta a salud, las personas pueden inhalar partículas liberadas por la lluvia ácida, que al ingresar al organismo pueden generar enfermedades respiratorias o afecciones cardiovasculares. A su vez, también tiene consecuencias en los índices de mortalidad de las especies marinas, al aumentar el nivel de acidez de los lagos y mares. Por otro lado, puede afectar a los bosques y plantas, dado que el agua que se precipita puede absorber muchos nutrientes que impiden su desarrollo (ver **ilustración 3-5**). Finalmente, la lluvia ácida también causa la corrosión de metales y el deterioro de la pintura, plásticos, piedra y cemento. Esto impacta en las construcciones, monumentos y esculturas.

### 3.3.2. Contaminantes gaseosos

- a) **Compuestos de azufre**
- Óxidos de azufre ( $SO_x$ )

*Efectos en la salud*

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>9</sup>, cuando los óxidos de azufre se transforman en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y son inhalados por las personas, pueden afectar el sistema respiratorio (especialmente los bronquios), producir daño pulmonar, ocasionar paros cardíacos e irritación ocular. Asimismo, la inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa y agravamiento del asma.

*Efectos en el clima*

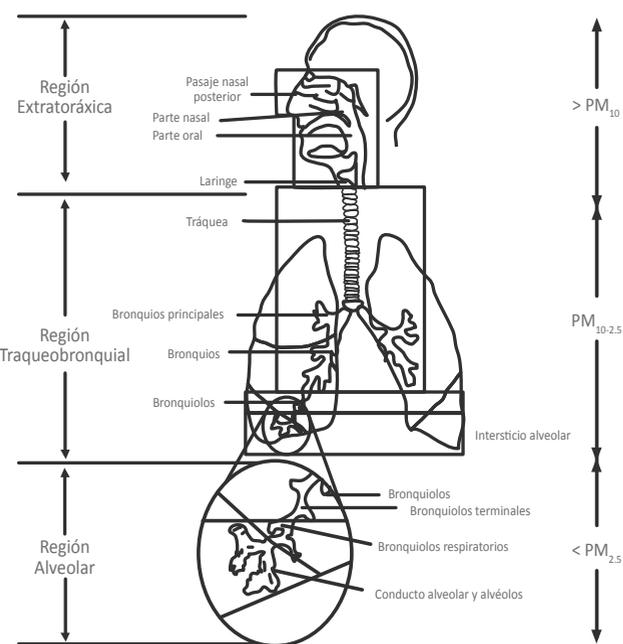
En combinación con el agua, los óxidos de azufre se convierten en ácido sulfúrico, el principal componente de la lluvia ácida junto con el ácido nítrico.

- b) **Compuestos de nitrógeno**
- Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )

*Efectos en la salud*

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1998), los óxidos de nitrógeno pueden reaccionar con los compuestos orgánicos volátiles en presencia de calor y originar ozono troposférico, lo cual ocasiona enfermedades pulmonares en las personas, daños al tejido pulmonar y una reducción de la función pulmonar. Por otro lado, también pueden reaccionar con la humedad, el amoníaco y otros compuestos para formar ácido nítrico, el cual puede traer efectos en la respiración y el sistema respiratorio y, en casos más extremos, muerte prematura.

**Ilustración 3-4**  
Grado de penetración del material particulado en el sistema respiratorio



Fuente y elaboración: Viana (2003).

**Cuadro 3-3**  
Número de pueblos y ciudades con sitios de monitoreo de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  (2016)

América Latina y El Caribe	Número de poblaciones y ciudades	Número de países con información	Número total de países por región
Países de ingreso medio y bajo	102	13	24
Países de ingreso alto	524	6	11

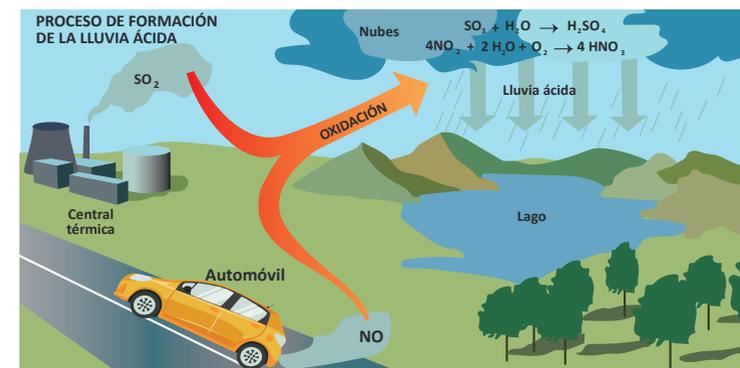
Fuente: OMS (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 3-4**  
Número de ciudades en América Latina y El Caribe que realizan monitoreo de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$

Ciudades por tamaño de la población	Número de ciudades	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$
100 000 – 500 000	463	66	35
500 000 – 1 000 000	58	14	6
1 000 000 – 5 000 000	35	16	9
5 000 000 – 10 000 000	5	5	5
10 000 000 – en adelante	3	3	2
Total	564	104	57

Fuente: Riojas-Rodríguez et al. (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 3-5**  
Formación de la lluvia ácida



Fuente y elaboración: El Blog Verde<sup>8</sup>.

## RECUADRO 3-3

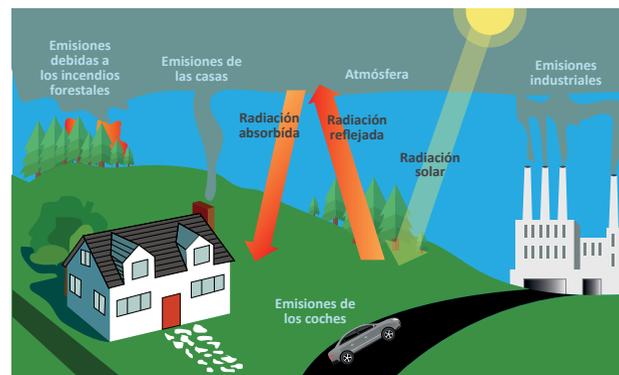
### El efecto invernadero

El efecto invernadero es el fenómeno mediante el cual ciertos gases absorben parte de las radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Esto se debe a que las frecuencias de estos gases son similares a la frecuencia vibracional molecular del gas (la que ocurre entre los átomos de un compuesto). La absorción de parte de estos gases provoca que se emitan radiaciones de onda más larga en la atmósfera: una parte se libera al espacio y otra se mantiene en la superficie terrestre. Esta radiación adicional provoca que la Tierra contenga más energía en la superficie y el efecto es necesario ya que, sin ello, la temperatura global sería mucho menor y nuestro planeta resultaría inhabitable. Sin embargo, los GEI han ido aumentando en las últimas décadas, principalmente por fuentes antropogénicas, como los VMCI, la deforestación, la ganadería, la producción industrial y el desecho de residuos.

Los GEI pueden ser directos o indirectos. Los directos provocan el efecto invernadero tal y como se muestra en la **ilustración 3-6**. En este grupo podemos encontrar al dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), el óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los compuestos halogenados. Los GEI indirectos son aquellos que se pueden transformar en GEI directos en la atmósfera. En este grupo se ubican los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el monóxido de carbono (CO).

Entre las principales consecuencias del efecto invernadero se encuentra el aumento progresivo de la temperatura global de la Tierra en las últimas décadas (calentamiento global), el deshielo de los glaciares que aumenta el nivel del mar, la reducción de especies animales (osos polares), la mayor intensidad de los huracanes (se forman a partir de la temperatura cálida del mar), entre otros.

#### Ilustración 3-6 Contribución de emisiones urbanas al efecto invernadero



Fuente y elaboración: Ambientologosfera<sup>10</sup>.

#### Efectos en el clima

Los óxidos de nitrógeno, como los de azufre, pueden reaccionar con otras sustancias en la atmósfera para formar el fenómeno de la lluvia ácida. Debido a que estos gases, en especial el óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), tienen la propiedad de retener las radiaciones, su contribución al efecto invernadero es significativa, trayendo consigo un aumento gradual de la temperatura de la Tierra.

#### c) Compuestos de carbono

##### • Monóxido de carbono (CO)

#### Efectos en la salud

Según Puerto y García (1986), debido a su estructura molecular, este compuesto presenta afinidad con la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre. Es por ello que, fruto de la adhesión del CO en la sangre, se forma carboxihemoglobina (COHb), que tiene la propiedad de disminuir la capacidad de la misma para transportar oxígeno y, en consecuencia, puede provocar daños cardiovasculares y efectos neuroconductuales. En concentraciones altas, el CO puede generar alteraciones en el número de glóbulos rojos y en el tamaño del corazón.

#### Efectos en el clima

Este compuesto por sí mismo no afecta directamente al clima, sin embargo, en elevadas cantidades puede contribuir a la formación de gases de efecto invernadero (GEI), como el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ).

##### • Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

#### Efectos en la salud

A corto plazo, en altas concentraciones puede provocar problemas respiratorios, falta de con-

centración, dolores de cabeza, somnolencia y mareos. A largo plazo, puede causar asfixia por desplazamiento del oxígeno y una disminución de la concentración en mayor magnitud.

#### Efectos en el clima

El  $\text{CO}_2$  es el gas más importante para la formación del efecto invernadero y el calentamiento global debido a su gran capacidad para retener las radiaciones y al aumento de las emisiones en las últimas décadas.

##### • Metano ( $\text{CH}_4$ )

#### Efectos en la salud

Inhalar este gas puede causar irritaciones en la mucosa nasal, bucal y ocular. Luego, puede llegar a los pulmones y provocar enfermedades respiratorias. Al igual que el  $\text{CO}_2$ , puede despla-

zar al oxígeno y causar asfixia cuando se trata de grandes cantidades.

#### Efectos en el clima

Es uno de los gases más importantes en la formación del efecto invernadero, luego del dióxido de carbono, debido a su capacidad de oxidación en la tropósfera y su propiedad de retener el calor en la atmósfera.

#### d) Compuestos orgánicos volátiles (COV)

#### Efectos en la salud

Según Mercado (1997), a corto plazo, estos compuestos pueden provocar irritación en la nariz y en los ojos. Al contacto con la piel, se puede generar una dermatitis por contacto y quemaduras químicas. A su vez, también pueden causar daños en el sistema nervioso

central, como dolor de cabeza y mareos; y en el sistema digestivo, provocando náuseas, vómito y diarrea. A largo plazo, pueden generar mayor probabilidad de sufrir leucemia y otros tipos de cáncer.

#### Efectos en el clima

Estos compuestos participan indirectamente como GEI, debido a que, junto a los óxidos de nitrógeno, contribuyen en la formación de ozono troposférico.

#### e) Oxidantes fotoquímicos

##### • Ozono troposférico ( $\text{O}_3$ )

#### Efectos en la salud

El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos de consideración en la salud

## RECUADRO 3-4

### El smog fotoquímico

Este término proviene de palabras inglesas como *smoke*, que significa humo, y *fog*, que significa niebla. Es un fenómeno característico de zonas urbanas con radiaciones solares. Tiene su origen en la formación de oxidantes fotoquímicos, como el ozono, mediante la reacción entre compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

El ozono reacciona con otros contaminantes en presencia de radiaciones ultravioleta, para dar lugar a sustancias como nitratos de peroxiacilo (PAN), peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), aldehídos, entre otros. Estos reciben el nombre de contaminantes fotoquímicos debido al ambiente de radiación solar en el que ocurren. Producto de ellos, se forma un aire de color marrón rojizo, cuyos componentes pueden tener efectos negativos en la salud y el ambiente.

Entre los principales efectos que tiene el *smog* fotoquímico en la salud están: la irritación de los ojos, infecciones en el sistema respiratorio y reducción de la función pulmonar. Asimismo, se produce una disminución de la visibilidad debido al humo tóxico.



Tráfico vehicular en un escenario de alta contaminación (China). Foto: Shutterstock.

humana debido a su elevada toxicidad. Puede causar problemas en el sistema respiratorio, como irritación en la garganta y dolores en el pecho. También reducir la función pulmonar, es decir, presentar dificultades al inhalar y exhalar. En altas concentraciones, puede agravar los ataques de asma en los pacientes que padecen esta condición.

#### *Efectos en el clima*

Es uno de los gases más importantes en el efecto invernadero junto al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>). Además, debido a su formación en un ambiente de radiación solar, se puede generar *smog* fotoquímico.



*Smog* y contaminación atmosférica (Serbia). Foto: Shutterstock.

**La contaminación sonora provoca múltiples efectos en la salud, tales como el deterioro auditivo, disminución del rendimiento cognitivo, insomnio y estrés, entre otros.**

#### **f) Compuestos halogenados**

##### *Efectos en la salud*

Dado que la mayoría de los compuestos halogenados presenta elevada toxicidad, puede provocar irritación ocular, reducción de la función pulmonar, síntomas gastrointestinales, acné y disfunciones hepáticas. Puede tener efectos cancerígenos en muy elevadas concentraciones.

##### *Efectos en el clima*

Los compuestos halogenados contribuyen con el efecto invernadero al ser considerados como GEI directos.

#### **3.3.3. Contaminación sonora**

Según el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (Osman, 2016), la contaminación sonora no provoca efectos sobre el clima; sin embargo, existen múltiples efectos en la salud dependiendo del nivel de ruido. Entre los principales se encuentra el deterioro auditivo, es decir, una deficiencia en una de las partes del oído que puede ir acompañada de anomalías como el tinnitus o ruidos percibidos sin la existencia de una fuente externa.

También puede perturbar el sueño, lo que acarrea cambios de humor, disminución del rendimiento cognitivo e insomnio. Asimismo, puede alterar la homeostasis (capacidad para mantener un estado interno estable) de algunos sistemas, como el cardiovascular, endocrino e inmune, para atender al estímulo causado por el ruido. Esta alteración puede conducir a las personas a situaciones de estrés.



Embotellamiento y contaminación severa (China). Foto: Shutterstock.



## BENEFICIOS Y RETOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD

---

## 04 | BENEFICIOS DE LA ELECTROMOVILIDAD

Los vehículos eléctricos ofrecen beneficios al usuario por el menor costo total de propiedad y mayor eficiencia y conveniencia; y a la sociedad, en su conjunto, por la menor emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.



La reducción de la emisión de gases de efecto invernadero es uno de los beneficios de la electromovilidad. Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 4

## BENEFICIOS DE LA ELECTROMOVILIDAD

Desde el punto de vista de las políticas públicas, una política debe implementarse cuando la intervención del Estado se encuentre justificada y los beneficios superen los costos de su implementación. En el presente capítulo se realiza un listado de los principales beneficios asociados a la electromovilidad. Como veremos, estos incluyen ganancias para el ambiente y mayor eficiencia y conveniencia para los usuarios.

En los últimos años se está produciendo un despliegue importante del uso de vehículos eléctricos en distintos países, debido a las ventajas que ofrecen para los usuarios y la sociedad en su conjunto. Sin duda, el principal motivo detrás de su promoción está relacionado a los beneficios en el ambiente (es decir, menores emisiones de gases de efecto invernadero, GEI, y una mejor calidad del aire). Sin embargo, tal como se verá en este capítulo, otros beneficios incluyen el menor costo total de propiedad y la mayor eficiencia y conveniencia. Asimismo, se rescata el potencial que tienen los vehículos eléctricos de proveer servicios a una casa o inclusive al sistema eléctrico, debido a que sus baterías permiten usarlos como fuentes de suministro.

### 4.1. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

La transición hacia una industria automotriz

cada vez menos dependiente de los combustibles fósiles tiene como uno de sus principales beneficios el impacto positivo en el ambiente. Para entenderlo mejor, es importante recordar la diferencia, abordada en el capítulo anterior, entre GEI y los contaminantes del aire local. Los primeros tienen un alcance global y están relacionados a la menor emisión de  $\text{CO}_2$ , entre otros gases, lo cual contribuye a mitigar el cambio climático. Los segundos tienen un efecto a nivel local y su reducción incide directamente en la salud de las personas debido a una mejor calidad del aire.

#### 4.1.1. Disminución de emisiones de $\text{CO}_2$

Si bien, como se ha mencionado, la transición tecnológica permitiría una reducción de los GEI en general, en la presente sección nos centraremos en el  $\text{CO}_2$ ,

por ser uno de los más significativos. El  $\text{CO}_2$  se emite, principalmente, por el consumo de leña y de los combustibles fósiles, desde los menos contaminantes, como el gas natural, hasta el más contaminante, como el carbón. En la actualidad predomina el uso de los combustibles fósiles, sobre todo, en el sector transporte. El  $\text{CO}_2$  es entonces uno de los más importantes GEI asociados a actividades humanas y el segundo gas más relevante en el calentamiento global, después del vapor de agua (Benavides y León, 2007). Así, los vehículos eléctricos se conciben como una alternativa de solución de suma importancia para mitigar el calentamiento global, en contraposición a los vehículos con motor de combustión interna, que producen emisiones directas al ambiente mediante el tubo de escape, la evaporación del sistema de combustible del vehículo y durante el proceso de abastecimiento de combustible.

## RECUADRO 4-1

### Análisis Well-to-Wheel<sup>1</sup>

El análisis *Well-to-Wheel* (WTW) es una evaluación de impacto ambiental que permite estimar la emisión de GEI y la eficiencia energética, entre otras características. Esta metodología surge producto de la introducción de vehículos eléctricos, como complemento al análisis *Tank-to-Wheel* (TTW), que se realizaba para estudiar los impactos ambientales y energéticos durante el uso del vehículo. Sin embargo, su alcance era acotado y no incorporaba el análisis de las fuentes de energía. Precisamente, la metodología que hace dicho análisis es el *Well-to-Tank* (WTT). A la combinación de ambos enfoques se le denomina WTW (ver **ilustración 4-1**).

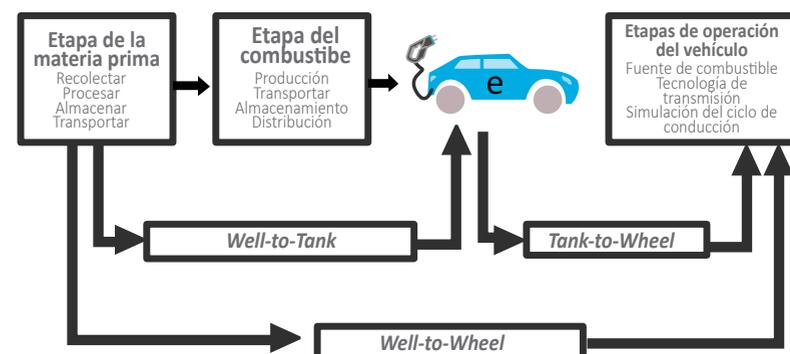
El análisis WTT estima la energía consumida y las emisiones de GEI que se producen al momento de extraer, transportar, refinar y distribuir el recurso desde su fuente primaria hasta el tanque del vehículo. Se considera todos los procesos que convierten al recurso natural (petróleo crudo, carbón, gas natural, biomasa, eólica, nuclear, solar, entre otros) en un combustible, ya sea gasolina, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural vehicular (GNV) o electricidad. En el caso de la gasolina, las emisiones se

producen al extraer el petróleo, refinarlo, distribuirlo a las estaciones y quemarlo en los vehículos. En el caso de la electricidad, la mayoría de las plantas de generación produce emisiones, y existen otras emisiones adicionales asociadas con la extracción, el procesamiento (plantas térmicas) y la distribución de las fuentes de energía primaria que utilizan para la producción de electricidad.

El enfoque TTW es un análisis del ciclo de combustible en términos del diseño del vehículo, sistema de propulsión y efectos del combustible en el ciclo de conducción del vehículo. En términos sencillos, representa la energía consumida y las emisiones de GEI producidas para mover el vehículo. Para evaluar esto se realizan simulaciones de la economía y el rendimiento del combustible de manera realista, teniendo en cuenta el comportamiento y las características del sistema de control para una variedad de vehículos y tipos de combustible.

El análisis de WTW combina tanto el WTT como el TTW y representa la energía primaria total consumida por el vehículo por cada kWh de energía entregada al volante.

**Ilustración 4-1**  
El enfoque combinado que forma el WTW



Fuente: Foley, Smyth, Murphy y O'Gallachóir (2011). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

No obstante, para evaluar el grado en el cual el vehículo eléctrico contribuye a la sostenibilidad ambiental, un aspecto a tener en cuenta es el tipo de recursos que son utilizados para la generación de electricidad. Según Gómez-Gélvez, Mojica, Kaul e Isla (2016), los beneficios derivados de la reducción de GEI dependen del tipo de recurso utilizado para la producción de electricidad. En el caso de un sistema eléctrico con generación basada en carbón, las emisiones de GEI asociadas al vehículo eléctrico, aunque en promedio menores, son similares a aquellas generadas por un vehículo convencional que opera con diésel o gasolina. En el otro extremo, los vehículos eléctricos que operan en un sistema cuya generación se basa en recursos renovables, podrían reducir la cantidad total de emisiones a cero. Esto nos permite identificar la necesidad de acompañar la electrificación de transporte de una adecuada promoción de

las energías renovables, pues de otra forma solo estaríamos trasladando la contaminación de las ciudades a las zonas de generación de energía eléctrica. El análisis mediante el cual se evalúan las emisiones (WTW) se explica en el **recuadro 4-1**.

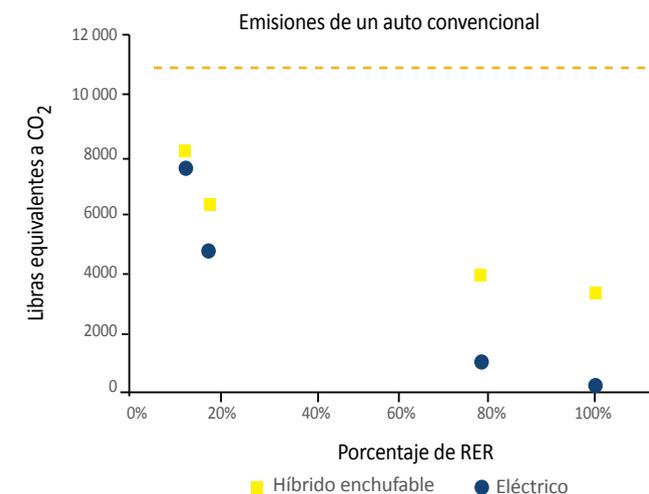
Por ejemplo, en base a la información de Estados Unidos, en el **gráfico 4-1** se presenta una relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y la participación que tienen las energías renovables en la generación de electricidad en algunos de los estados de ese país. Así, se visualiza que en aquellos estados con recursos energéticos renovables (RER) predominantes (hidro, eólicas, solares, geotermia, biomasa, entre otros), existe una mayor disminución en la emisión de CO<sub>2</sub> en el uso de los autos eléctricos. El mismo caso se observa con los híbridos enchufables. Incluso en estados con



El parque automotor convencional presente en muchas ciudades es una de las fuentes de contaminación atmosférica. Foto: Shutterstock.

100% de participación de RER, las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen a cero. En contraste, en aquellos estados con poca penetración de energías renovables, la reducción es mínima.

**Gráfico 4-1**  
Emisiones de CO<sub>2</sub> y participación de RER en generación por estado en Estados Unidos



Fuente: U.S. Department of Energy<sup>2</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Si la energía requerida en los autos eléctricos proviene de recursos renovables, se logra una mayor ganancia en la reducción de CO<sub>2</sub>. Además, si estos recursos abastecen a un sistema de generación distribuida, presentan la ventaja adicional de ser producidos en forma descentralizada, y así conectarse directamente con los puntos de carga de los autos eléctricos. Esto hace que se reduzca la congestión en las líneas de transmisión y, además, bajen las pérdidas de energía asociadas al transporte de electricidad.

Otro punto importante a considerar es que la contaminación, debido a las emisiones locales de automóviles de combustión interna, también continuará disminuyendo a futuro, puesto que se están imponiendo estándares de emisiones cada vez más estrictos, con lo cual surgen otras opciones de combustible menos contaminantes, como el gasohol o el gas natural. A pesar de ello, el auto eléctrico continúa siendo la opción más

amigable en términos ambientales. En efecto, como se observa en el **gráfico 4-2**, si bien el uso de combustibles limpios permite una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, en el caso de los autos eléctricos la contaminación se reduce a casi cero.

#### 4.1.2. Disminución de la contaminación local

Como comentamos en el **capítulo 3**, existe un grupo de contaminantes cuyo tiempo de suspensión en el aire varía según su tamaño, pero que resulta perjudicial para la salud de las personas. Este material particulado tiene como principal fuente las emisiones de los vehículos de motor de combustión interna que operan con combustibles fósiles. La salud pública se ve severamente afectada por el tráfico y la contaminación, sobre todo en ciudades donde predominan una flota de transporte antigua y un sistema ineficiente de transporte público.

Como puede verse en el **gráfico 4-3**, en el Perú, según estimaciones hechas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se calcula que para 2016 la concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub> promedio fue de 36 µg/m<sup>3</sup>, es decir 3.6 veces más alta que el nivel de seguridad considerado por dicho organismo. Vale la pena señalar que dicho nivel alcanza en promedio los 48 µg/m<sup>3</sup> en Lima y 26 µg/m<sup>3</sup> en el resto del país, y que es el más alto con respecto a los promedios nacionales presentados para este grupo de 10 países latinoamericanos (Hinicio, 2017).

El estado actual de la calidad del aire en nuestro país será abordado luego, sin embargo resulta útil pensar en este beneficio como la ganancia en reducción de morbilidad y mortalidad prematura causadas por la mala calidad del aire<sup>3</sup>. Asimismo, bajarían los costos asociados a enfermedades respiratorias y cardiovasculares producto de la contaminación aérea. Por ejemplo, en un estudio realizado

por Aber (2016) para la ciudad de Nueva York, se encontró que el ahorro anual sería cercano a USD 100 000 por cada bus diésel sustituido por un equivalente eléctrico.

#### 4.2. MENOR COSTO TOTAL DE PROPIEDAD

El precio siempre ha sido una preocupación importante para el despliegue de la electromovilidad en todo el mundo, debido al alto costo de fabricación de la batería, lo cual incrementa su costo de venta al público. En el **gráfico 4-4** se evidencia el diferencial de precios de un vehículo eléctrico con respecto a uno de combustión interna<sup>4</sup>. Para hacer la comparación, se separa los autos de lujo de las marcas de gama media<sup>5</sup>. En esta categoría, los autos eléctricos son 47% más caros en promedio. No obstante, la diferencia de precios de venta es menor en los vehículos de gama alta, por ejemplo, el Tesla Modelo S es solo 21% más caro que su contraparte Mercedes

Benz. Esto indica que, en términos relativos, un usuario enfrentaría menores restricciones económicas para adquirir un auto eléctrico en la categoría de autos de lujo.

No obstante, no sería correcto comparar dichos vehículos tan solo por los precios de venta. Se debería incorporar los costos futuros en los que se incurrirá, es decir, considerar mantenimiento y combustible, entre otros. Para los autos eléctricos, estos son mucho más bajos que para los convencionales debido a que, por su estructura práctica y facilidad de manejo, no ameritan mayor mantenimiento. Además, considerando un precio competitivo de la electricidad en comparación con el equivalente de combustibles fósiles, los usuarios se beneficiarán de una disminución

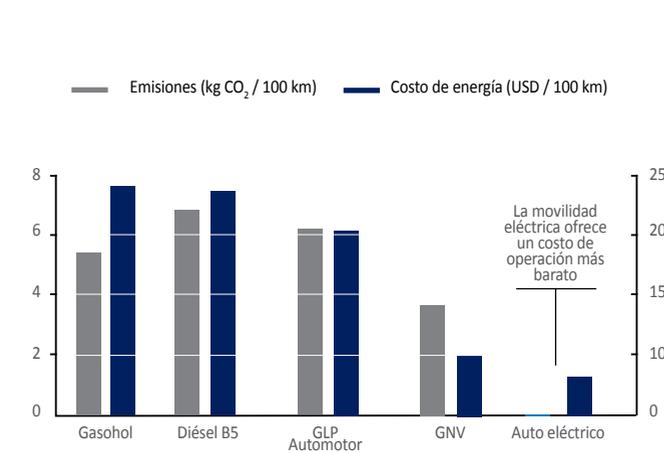
significativa en el costo operativo de recargar los vehículos.

Por lo tanto, si la comparación se realiza agregando los costos de operación y mantenimiento del usuario durante la vida útil del vehículo, la diferencia de precio se reduce significativamente. De este modo, los menores costos operativos de los vehículos eléctricos pueden compensar la alta inversión que se requiere al comprar el auto. Para realizar la evaluación de costos se emplea el indicador de Costo Total de Propiedad (CTP), que es la aplicación del concepto financiero de Valor Actual Neto (VAN) a los flujos de egresos de inversión y operación y mantenimiento para un periodo determinado, tal como se explica en el **recuadro 4-2**.



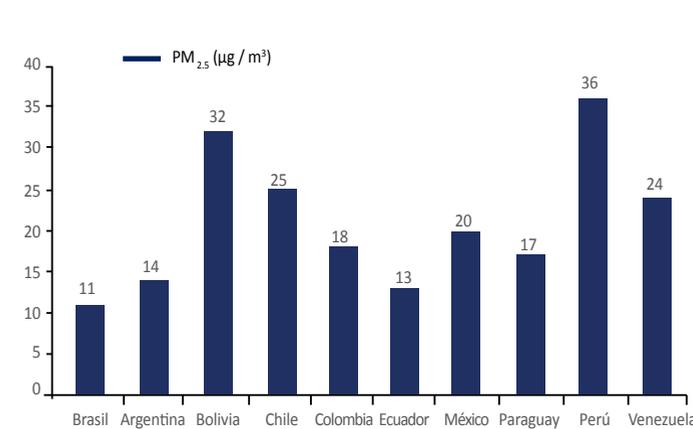
Mecánico comprobando el nivel de batería de un automóvil mediante un voltímetro. Foto: Shutterstock.

**Gráfico 4-2**  
Costos y emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible



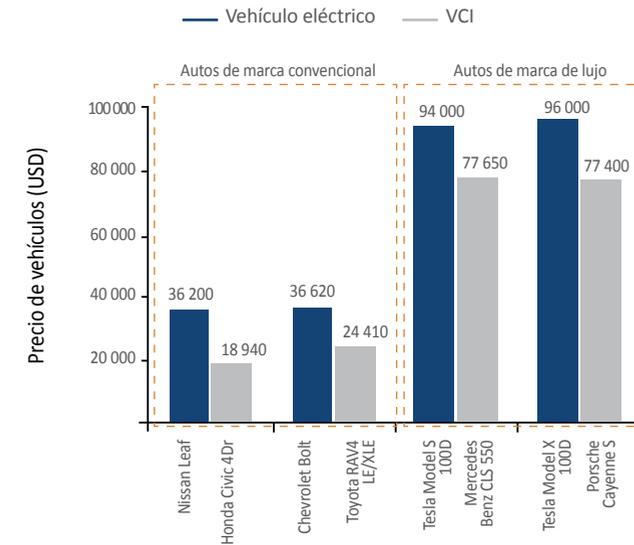
Fuente y elaboración: Semana Económica<sup>6</sup>.

**Gráfico 4-3**  
Material particulado 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) promedio en zonas urbanas<sup>7</sup>



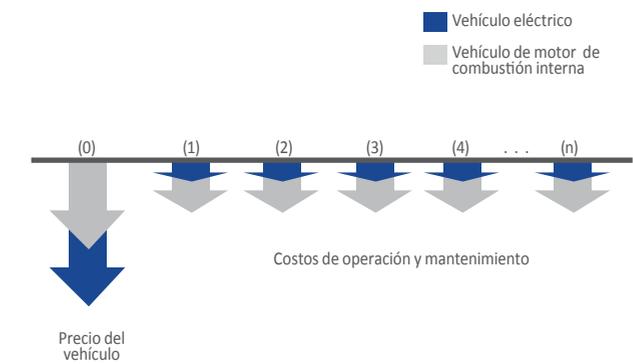
Fuente: Hinicio (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 4-4**  
Precio de un auto eléctrico vs. uno convencional



Fuente: U.S. Department of Energy. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 4-2**  
Comparación del Costo Total de Propiedad entre vehículos



Fuente y elaboración: GPAE-Osinergmin.

## RECUADRO 4-2

# Metodología del Costo Total de Propiedad

El VAN es un indicador financiero usualmente empleado para determinar si un proyecto es viable o rentable. En él se evalúan los flujos de los futuros ingresos y egresos, y se descuenta la inversión inicial. Calcular el costo total de propiedad (CTP) implica aplicar el VAN a las decisiones que toma el individuo al momento de adquirir un auto eléctrico, donde los futuros egresos corresponden a los costos de operación y mantenimiento, y la inversión es equivalente al precio del vehículo. Para calcular el VAN se suma la inversión total y el valor presente de los costos futuros de operación y mantenimiento.

Para mostrar el cálculo del VAN y compararlo entre los dos tipos de autos, supongamos que  $I_{VE}$  y  $I_{VMCI}$  son las inversiones realizadas por un vehículo eléctrico y convencional, respectivamente. Como se ha venido mencionando, en la actualidad, el precio de un vehículo eléctrico es mayor ( $I_{VE} > I_{VMCI}$ ). Por otra parte, sean  $OyM_{VE}$  y  $OyM_{VMCI}$  los costos de operación y mantenimiento incurridos anualmente durante la vida útil de los vehículos. En contraste con lo que ocurre con la inversión, en este caso, los costos de operación de un vehículo convencional son mayores ( $OyM_{VE} < OyM_{VMCI}$ ). Si asumimos que ambos vehículos tienen la misma vida útil (igual a  $n$ ), el VAN de cada auto se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$VAN_{VE} = I_{VE} + \frac{OyM_{VE}}{(1+r)} + \frac{OyM_{VE}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{OyM_{VE}}{(1+r)^n}$$

$$VAN_{VMCI} = I_{VMCI} + \frac{OyM_{VMCI}}{(1+r)} + \frac{OyM_{VMCI}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{OyM_{VMCI}}{(1+r)^n}$$



Revisión técnica de un vehículo eléctrico. Foto: Shutterstock.

Dónde  $r$  es la tasa de descuento o tasa de interés y representa el valor del dinero en el tiempo. La tasa de descuento permite traer los costos futuros a valor presente. Como último supuesto, asumimos que las valoraciones de ambos vehículos presentan una misma tasa de descuento. Así, la comparación del VAN de ambos vehículos se reduce a las siguientes expresiones:

$$VAN_{VE} \text{ vs. } VAN_{VMCI}$$

$$I_{VE} + OyM_{VE} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \text{ vs. } I_{VMCI} + OyM_{VMCI} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i}$$

El CTP de un vehículo eléctrico será menor siempre que los menores costos de operación y mantenimiento, traídos a valor presente, permitan compensar la diferencia de precios que presentan en la actualidad los dos tipos de autos (ver **ilustración 4-2**). De este modo, la metodología del VAN permite evaluar si un vehículo eléctrico es más barato que un auto convencional.

Si bien, el costo de los vehículos eléctricos es hoy bastante más alto, en los siguientes años podría ser aproximadamente el mismo que uno de combustión interna. Esto se debe a que se espera que los costos de fabricación de los vehículos eléctricos disminuyan, sobre todo como resultado de las innovaciones tecnológicas en la producción de baterías.

Un caso particular es el de los autobuses y algunos camiones que, al considerar el costo total de propiedad, de acuerdo con la metodología previamente expuesta, pueden competir con los camiones y autobuses tradicionales de diésel. Cabe mencionar que este grupo de autos es utilizado con fines comerciales, por lo cual, es más probable que

el comprador base su decisión en el análisis del CTP (que implica una evaluación del costo del dinero en el tiempo).

### 4.3. MAYOR EFICIENCIA

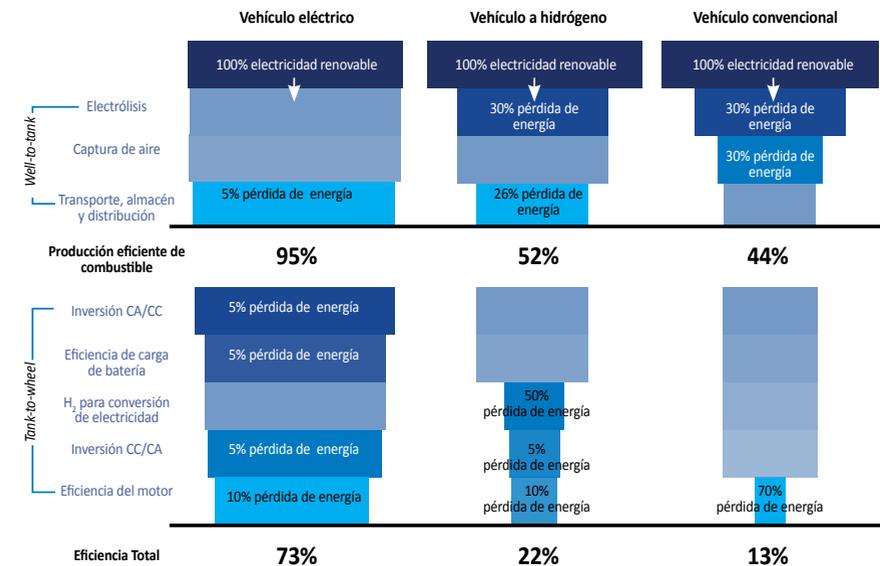
Otra de las ventajas de los vehículos eléctricos es su mayor eficiencia energética, debido a que el motor eléctrico aprovecha la energía de los frenados, que normalmente se perdería mediante la disipación del calor y la fricción, mejorando de manera notable la eficiencia de los vehículos tradicionales. Este proceso es llamado frenado regenerativo. Además, la eficiencia es aún mayor si se utilizan recursos renovables como fuente de la generación distribuida, puesto que tienen pérdidas mínimas de energía.

**El frenado regenerativo de los vehículos eléctricos permite aprovechar la energía que normalmente se perdería.**

Para cuantificar la dimensión en las ganancias en eficiencia, se realiza el análisis WTW, presentado en la sección anterior. En la **ilustración 4-3** se muestra un ejemplo para Inglaterra, donde se resalta que la eficiencia en el tramo WTT va a depender de cuánta energía renovable se utilice. Se observa que, si solo se usa energías renovables, las pérdidas se reducen a 5%; mientras que en un auto eléctrico las pérdidas alcanzan 67% (Transport & Environment, 2017). Los resultados serían mejores si los puntos de carga estuvieran conectados directamente a fuentes de recursos renovables. Del mismo modo, en el segmento TTW, las pérdidas de energía en el motor de un auto convencional son mucho mayores. Esto está relacionado directamente con la eficiencia del motor.

Otra forma de comparar la eficiencia de un vehículo de gasolina y uno eléctrico es evaluando cuánto pueden recorrer con una misma cantidad de energía. Para esto, se emplea un indicador de consumo energético estandarizado denominado millas por galón equivalente (MPGe), que es la distancia en millas recorridas por unidad de energía consumida por el vehículo. Las conversiones se basan en estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), que para los

**Ilustración 4-3**  
Eficiencia de autos eléctricos vs. autos convencionales



Fuente: Transport & Environment (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

automóviles eléctricos utiliza el factor de 33.7 kilovatios-hora (121 megajoule) de electricidad como equivalente a un galón de gasolina<sup>7</sup>. Como se observa en el **gráfico 4-5**, existe una amplia diferencia en el rendimiento del recurso energético, siendo la eficiencia en el caso de los vehículos eléctricos hasta cinco veces mayor.

Otros elementos que favorecen a los autos eléctricos son los procesos modernos, mediante los cuales se extraen los recursos fósiles. En la actualidad, para lograrlo se debe inyectar agua caliente o gases, lo cual implica que haya mucha energía involucrada en la extracción del hidrocarburo. Un ejemplo es el *shale oil*, que además presenta altos costos y retornos de inversión bajos. Por el contrario, en el caso de los autos eléctricos, como se ha mencionado anteriormente, el proceso de transformación de la energía solar y eólica a

energía eléctrica es una actividad sostenible con el ambiente, pues presenta la ventaja de poseer costos de operación relativamente bajos.

#### 4.4. MAYOR CONVENIENCIA

La conveniencia hace referencia a la comodidad y practicidad que presenta manejar un auto eléctrico. El principal aspecto está relacionado a la reducción del ruido, que se debe al propio diseño del motor, aunque dicha reducción está asociada, sobre todo, a la velocidad de conducción. Por lo tanto, un mayor uso de vehículos eléctricos en rangos de baja velocidad representa una medida efectiva para disminuir el ruido del tráfico. Según Gómez-Gélvez *et al.* (2016), los costos externos del ruido debido a problemas de salud o en términos de gastos médicos, así como las caídas en el valor de los bienes inmuebles se estiman en 8200 millones de euros en toda Europa; y son causados,

sobre todo, por las emisiones de ruido en áreas edificadas y, especialmente, durante las horas nocturnas.

Sin embargo, como se ha mencionado, también se evidencia un aumento en la frecuencia de accidentes con otros participantes del tráfico, debido a que el ruido advierte que un vehículo se aproxima. En consecuencia, existe cierta controversia acerca de si los automóviles eléctricos deben ser equipados con ruidos artificiales (Peters *et al.*, 2012). Al respecto, la Unión Europea ha desarrollado una normativa que establece que, a partir de 2021, los autos eléctricos deben emitir un ruido a bajas velocidades, con lo cual el sonido será parecido al de un motor convencional y con una frecuencia entre 56 y 75 decibeles (dB), y solo se activará a velocidades inferiores a los 20 km/h. Asimismo, el avisador cambiará de frecuencia hasta los 1600 Hz para que las personas mayores también puedan escucharlo.

Otros beneficios relacionados con la conveniencia son la facilidad en el manejo del vehículo, el mantenimiento mínimo comparado con el de un auto de combustión interna, y el mayor espacio interno disponible, a causa de la menor cantidad de dispositivos requeridos en los vehículos eléctricos. Asimismo, el vehículo eléctrico resulta conveniente, ya que puede ser cargado en casa o mientras está estacionado, motivo por el cual el conductor no necesita detener sus actividades si se le termina el combustible.

#### 4.5. INTEGRACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A LA RED ELÉCTRICA

Hasta el momento hemos señalado la relevancia de los vehículos eléctricos en

la promoción de un transporte limpio y sostenible que redunde en el bienestar de los ciudadanos. Sin embargo, los vehículos eléctricos también tienen el potencial de ofrecer beneficios a la red eléctrica. Aunque el desarrollo en este aspecto es incipiente, se espera un dinamismo cercano por su capacidad para solucionar problemáticas asociadas a la expansión de los RER, tales como la intermitencia en la disponibilidad del recurso y la necesidad de almacenamiento de energía. Es decir, los vehículos eléctricos contribuirían a darle flexibilidad al sistema eléctrico debido a que tienen la capacidad de retroalimentar a la red con la energía no empleada, lo cual complementa la producción irregular de electricidad de los RER.



Las baterías de los vehículos eléctricos pueden servir como sistemas de almacenamiento de energía. Foto: Shutterstock.

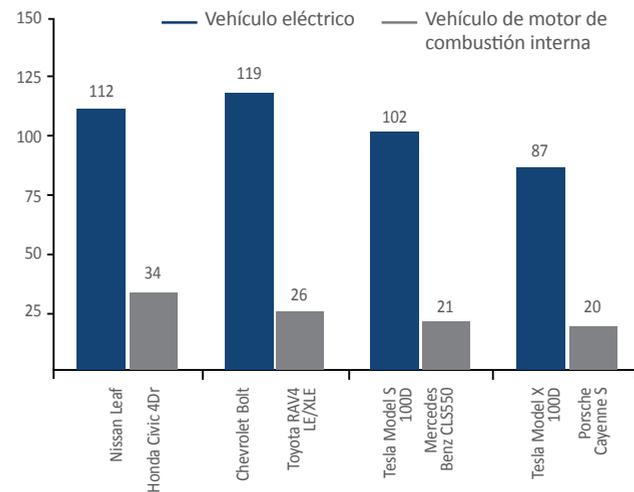
De esta forma, con el fin de optimizar la generación de energía a partir de los RER, especialmente considerando la intermitencia asociada con su producción, es importante combinar la inclusión de sistemas de

almacenamientos flexibles, que permitan establecer un balance eficiente entre la producción de energía, el almacenamiento y el consumo.

De este modo, los vehículos eléctricos podrían usarse como recursos de energía descentralizados (similar a la generación distribuida), dada su demanda de electricidad controlable (mediante carga inteligente), capacidades para el almacenamiento de energía descentralizado (baterías) y potencial como fuente de energía (World Economic Forum, 2018). Un factor importante que complementa esta integración son las *smart grids*, mediante las cuales el flujo de energía ocurre en ambas direcciones, mejorando así la capacidad de control para promover una participación directa del consumidor en la gestión de la energía (ver **ilustración 4-4**). Esto va a cambiar la forma en la que nos transportamos, usamos y producimos electricidad, puesto que los autos eléctricos se convierten prácticamente en "centrales eléctricas portátiles".

Un tema importante también es que la integración de los autos eléctricos a la red eléctrica, mediante las *smart grids*, permite introducir nuevas oportunidades de generación de ingresos para los propietarios de vehículos, debido a que debería haber una contraprestación

**Gráfico 4-5**  
Rendimiento evaluado por MPG de autos eléctricos y convencionales



Fuente: U.S. Department of Energy. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 4-4**  
Integración de autos eléctricos mediante smart grids



Los vehículos eléctricos forman parte de una red inteligente

Fuente: Electronic Engineering Times<sup>9</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

por la reinyección de la energía. Esto contribuirá a la reducción de los costos asociados a la adquisición de los autos eléctricos. Sin embargo, para que se concrete, es importante contar con una red totalmente integrada y definir el marco regulatorio aplicable. La interacción de los autos eléctricos con el sistema eléctrico, puede ser

dividida en cuatro niveles: *Vehicle-to-Grid* (V2G), *Vehicle-to-Home* (V2H), *Vehicle-to-Building* (V2B) y *Vehicle-to-Load* (V2L).

#### Vehicle-to-Grid (V2G)

Mediante esta tecnología se reinyecta parte de la energía almacenada en la batería del vehículo a la red. Esto representa un beneficio, ya que el vehículo eléctrico se utiliza como un sistema de almacenamiento para dar estabilidad a la red. Dado que están la mayor parte del tiempo estacionados, sus baterías pueden permitir que la electricidad fluya entre estos y la red. Según Folkson (2014), cuando haya un índice de penetración razonable de autos eléctricos (20 a 40%) y, dado que cada vehículo puede almacenar o generar energía eléctrica de 10 a 56 kWh, el concepto

V2G tendrá un impacto significativo en la operación del sistema de energía. Para que esto se concrete es importante que se defina un agente que cumpla el rol de “agregador”, el responsable de recopilar información de varios autos eléctricos y de comunicarse con la red eléctrica. Basado en la disposición de los conductores de vehículos eléctricos y la capacidad de su batería, el “agregador” controla los vehículos eléctricos a fin de lograr una carga y descarga inteligente (ver **ilustración 4-5**) (Folkson, 2014).

De este modo, en conjunto, los vehículos eléctricos pueden configurarse como una flota colectiva de baterías para usarse en horas punta (enviar energía a la red cuando la demanda es alta) y en horas fuera de punta (cargar por la noche cuando la demanda es baja). Esto contribuye a darle más flexibilidad al sistema eléctrico, de tal modo que la capacidad de generación de energía se iguale con la máxima demanda (ver **ilustración 4-6**). Además, los procesos de carga y descarga correspondientes son mucho más rápidos que los de apagado y puesta en marcha de los generadores.

Un aspecto negativo de esta tecnología es el doble uso que se le da a las baterías, lo cual acorta su vida útil para la operación vehicular normal. Además, según Folkson (2014), la eficiencia de carga de la red a la batería es de 70–80%, mientras que la eficiencia de descarga de la batería a la red es de 80–90%, y la eficiencia general de carga y descarga para la operación V2G es de aproximadamente 60–70%.

#### Vehicle-to-Home (V2H) y Vehicle-to-Building (V2B)

La tecnología V2H permite suministrar energía eléctrica al hogar desde la batería del auto eléctrico. Esto funciona como una fuente de respaldo ante cortes de suministro en el

sistema eléctrico. Asimismo, para hogares que no estén conectados a la red de distribución, el sistema V2H opera como un suministro de energía doméstica autosostenible.

En esa misma línea, mediante la tecnología V2B, los vehículos eléctricos pueden conectarse con un edificio para vender servicios, como el suministro de electricidad o la regulación de su tasa de carga. Mediante la conectividad con los edificios, los vehículos eléctricos pueden indicar sus niveles de energía y los tipos de servicios que pueden brindar, lo que permite un mejor flujo de información. Asimismo, según Zhang y Li (2017), la tecnología V2B es una posible solución para reducir el costo de la energía en períodos de máxima demanda, donde el precio de la electricidad presenta picos muy grandes. De este modo, ofrece flexibilidad a nivel comunitario y gestión inteligente de edificios.

#### Vehicle-to-Load (V2L)

Como se ha venido mencionando, la batería del auto eléctrico opera como fuente alternativa de suministro. De esta forma, la tecnología V2L funciona como una fuente de suministro en lugares remotos, donde las necesidades energéticas se dan en períodos cortos de tiempo o en situaciones extremas de catástrofe, ante la indisponibilidad de la red eléctrica.

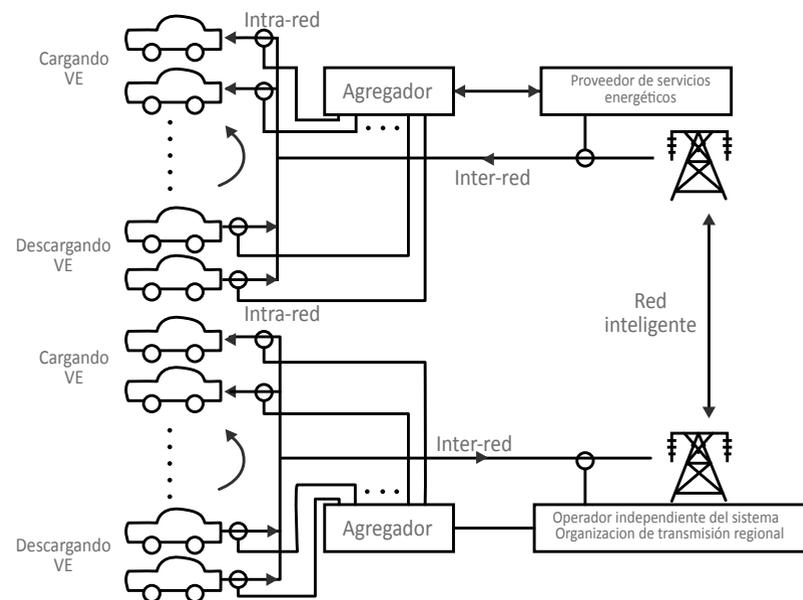
El siguiente capítulo está dedicado a exponer los retos de la electromovilidad, como la llamada “ansiedad de rango”, los altos costos de inversión y las preocupaciones ambientales por la cantidad de baterías utilizadas. Actualmente, las soluciones desarrolladas involucran metas que implican mayores esfuerzos tecnológicos y la participación del gobierno.



La tecnología V2H permite suministrar energía eléctrica al hogar desde la batería del auto eléctrico. Foto: Shutterstock.

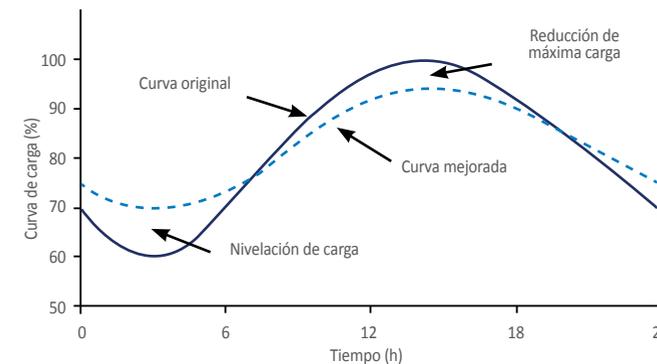
**La integración de los vehículos eléctricos a la red permite introducir nuevas oportunidades de generación de ingreso a los propietarios.**

**Ilustración 4-5**  
Operación del sistema V2G



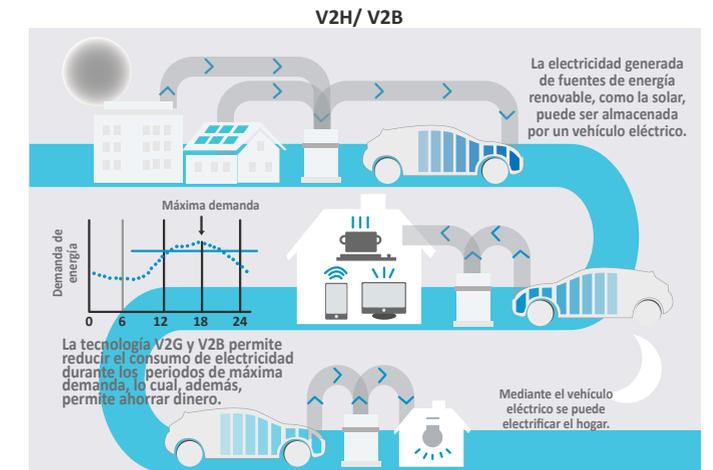
Fuente: Folkson (2014). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 4-6**  
Diagrama de carga con la tecnología V2G



Fuente: Folkson (2014). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 4-7**  
Esquema V2H / V2B



Fuente: Nissan®. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 05 | RETOS DE LA ELECTROMOVILIDAD

La introducción de los vehículos eléctricos también impone retos asociados, sobre todo, a la forma en la cual se comportan los usuarios y el elevado costo de la tecnología. Se espera que, en los siguientes años, existan los avances tecnológicos y de política necesarios para afrontarlos.



Un Nissan Leaf siendo cargado en una de las electrolíneas de Nissan (Japón). Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 5

## RETOS DE LA ELECTROMOVILIDAD

En el capítulo anterior se revisaron al detalle los distintos beneficios derivados del uso de los vehículos eléctricos; sin embargo, también es importante mencionar los retos que impiden hoy su masificación. Los principales son la llamada “ansiedad de rango”, los altos costos de inversión y las preocupaciones ambientales por la disposición de las baterías utilizadas. Las soluciones para enfrentarlos pasan por un mayor desarrollo tecnológico y una activa participación del gobierno.

En la actualidad existen diferentes barreras que dificultan la expansión de los vehículos eléctricos. Estas pueden ser culturales (la percepción con respecto a la tecnología, incluyendo la llamada “ansiedad de rango”), o económicas (el elevado costo de inversión). Es importante identificar ambos tipos de barreras, ya que existen algunas que se irán reduciendo con el paso del tiempo, por ejemplo, mediante el desarrollo de tecnologías que permitan disminuir la ansiedad de rango, baterías más económicas y de mayor rendimiento, instaladores de carga rápidos, entre otros. Del mismo modo, otro grupo de barreras se solucionará mediante intervenciones gubernamentales. El Estado debe procurar encontrar la forma eficiente de proveer instaladores de carga públicos que complementen a los privados, sin caer en una problemática asociada a la sobreprovisión de instaladores.

Asimismo, puede implementar un esquema de subsidios que disminuya la barrera del alto costo de inversión.

### 5.1. ANSIEDAD DE RANGO

La ansiedad de rango es una de las principales barreras para la adopción de un vehículo eléctrico y constituye uno de los mayores retos a enfrentar. Esta se define como el miedo a quedar varado o no llegar al destino debido a un agotamiento de la batería. Como consecuencia, el usuario se ve en la necesidad de planificar cada viaje, evaluando aspectos como dónde detenerse para cargar el vehículo y cuánto esperar para que se cargue la batería. El tiempo para la carga completa usualmente va desde los 30 minutos hasta algunas horas (DelftX, 2019a). En cambio, en un auto de combustión interna, el problema de la ansiedad de rango es limitado debido a su alcance,

a la mayor disponibilidad de estaciones de servicio y, además, a la rapidez con la que se carga el tanque.

El alcance de los vehículos eléctricos va desde los 240 hasta los 540 km, mientras que, en los autos convencionales, por lo general, el rango no baja de los 600 km. En el **gráfico 5-1** se observan las diferencias del rango tomando como referencia los mismos modelos de autos, a fin de que sean comparables. Se pueden ver diferencias sustanciales en el alcance, incluso en el caso particular del Nissan Leaf y el Honda Civic: el segundo casi triplica el rango del primero.

El problema de la ansiedad de rango se reduce si no se realizan viajes largos; es decir, si se transita dentro de una misma ciudad y se recorren distancias breves. En caso se



Estación Tesla Supercharger con 40 electrolineras, todas con energía solar (California). Foto: Shutterstock.

requiera viajar largas distancias, el usuario deberá detenerse por un tiempo prolongado para cargar la batería. Existen diferentes soluciones para enfrentar la ansiedad de rango, la principal es la provisión de infraestructura de estaciones de carga. Otras pasan por desarrollos tecnológicos que permitan una mayor capacidad de almacenamiento de la batería eléctrica o que se pueda cargar el auto mientras esté en uso.

### 5.1.1. Solución principal: infraestructura de carga

Una forma inmediata de disminuir la ansiedad de rango es contar con una infraestructura de carga en varios puntos de la ciudad. La escasa disponibilidad de cargadores y la distancia que se puede recorrer (rango) es vista por los usuarios como una de las principales barreras para comprar un auto eléctrico, tal como se muestra en una encuesta a los conductores del Reino Unido (ver **gráfico 5-2**). Asimismo, existen nuevas tecnologías de carga rápida que bajan el tiempo de espera en la recarga: un cargador público normal de vehículos eléctricos ofrece aproximadamente 32 km de distancia de conducción por cada hora de carga; mientras que uno rápido puede inyectar 120 km de energía eléctrica en 30 minutos<sup>2</sup>. En la actualidad se vienen desarrollando cargadores ultrarrápidos que, incluso, pueden superar los tiempos de carga vigentes. Esto contribuye a disminuir la ansiedad de rango, por lo que adquirir un vehículo eléctrico resultará más atractivo para los consumidores.

Hay tres ubicaciones donde pueden instalarse las estaciones de carga: zonas residenciales, lugares de trabajo y estaciones públicas. Hoy, las más usadas y las que más rápido han crecido son las de carga regular en el hogar y en los centros laborales (cargadores privados). En contraposición, las estaciones públicas no

se han desarrollado como se esperaría (ver **gráfico 5-3**).

Para desarrollar una infraestructura de carga, es necesario entender cómo los conductores recargan sus vehículos. Los vehículos de motor de combustión interna, por lo general, se reabastecen de combustible cuando el tanque de gasolina está casi vacío y es usual que se llene al máximo. Esto se debe a que el único lugar donde se pueden reabastecer es en una estación de servicio. Con los vehículos eléctricos, los conductores recargan la batería, a menudo al 80%, en caso se utilice para viajes diarios o cortos que estén dentro del alcance de la batería o al 100%, si se va a realizar un trayecto largo.

Este comportamiento de carga conduce a una distribución generalizada de los puntos de carga para un vehículo eléctrico, con cada toma de corriente estándar como una posible ubicación de recarga. Los cargadores públicos, según su diseño, configuran un completo ecosistema de carga de vehículos eléctricos.

La curva de carga del ecosistema de vehículos eléctricos ilustra el número relativo de cargadores, según el tipo y los tiempos. Por ejemplo, hay un alto número de puntos lentos, mientras que se requieren relativamente pocos cargadores ultrarrápidos de corriente continua para lograr un ecosistema de vehículos eléctricos completo (ver **ilustración 5-1**).

Una interrogante es si se debe implementar primero la red de carga o esperar un crecimiento de la demanda de autos eléctricos. Se podría pensar que instalar más puntos de carga llevará a los usuarios a adquirir autos eléctricos. Sin embargo, una sobreestimación de esta opción tendría como consecuencia estaciones vacías sin utilizar. Según Gómez-Gélvez, Mojica, Kaul e Isla (2016), se requiere un número relativamente bajo de estaciones para proporcionar cobertura. Sin embargo,

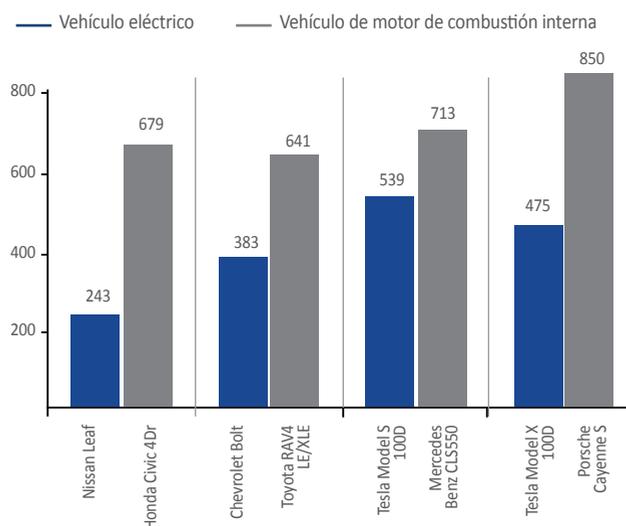
según la experiencia internacional, el desarrollo de la infraestructura y la penetración de vehículos eléctricos suelen suceder de manera casi simultánea, salvo que los gobiernos inviertan fuertemente en el desarrollo de infraestructura. En la actualidad, las partes interesadas de los sectores público y privado implementan modelos de políticas, infraestructura y negocios basados, en gran medida, en los patrones actuales de movilidad y propiedad de vehículos.

### 5.1.2. Otras soluciones

#### Desarrollo de baterías

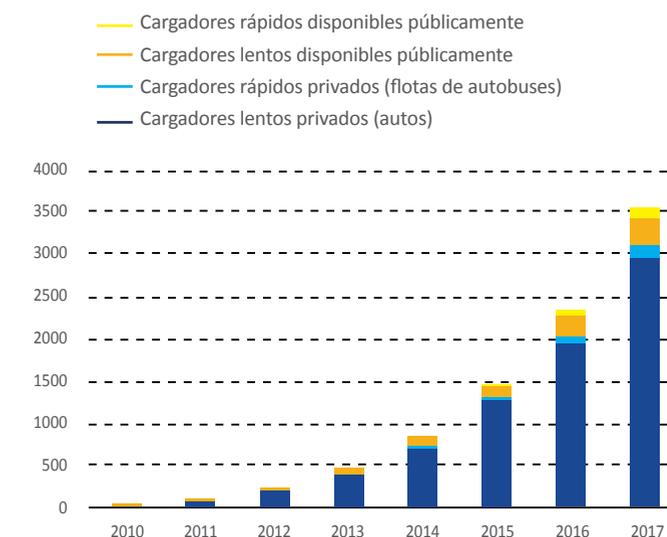
El rango de conducción está limitado por el tamaño de la batería, entonces una opción factible es usar baterías más grandes. Sin embargo, son pesadas, caras, restan espacio al

**Gráfico 5-1**  
Ansiedad de rango: auto eléctrico vs. auto convencional (en km)



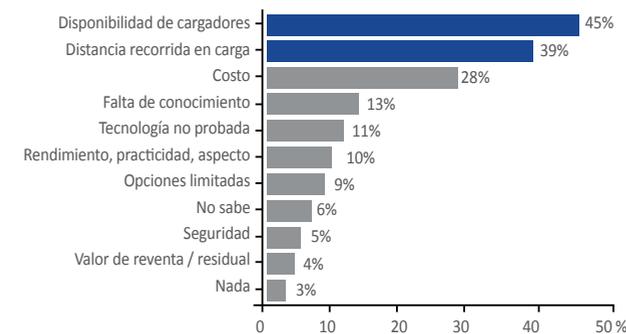
Fuente: U.S. Department of Energy<sup>1</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 5-3**  
Evolución de puntos de carga a nivel mundial<sup>3</sup>



Fuente: International Energy Agency (IEA, 2018a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 5-2**  
Razones para no comprar un auto eléctrico



Fuente: World Economic Forum (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

interior del vehículo y su tiempo de recarga resulta más largo, por lo cual esta solución resulta poco práctica. Además, baterías más grandes elevarían el precio de venta del vehículo, lo cual es una barrera para su difusión.

Ante esta situación, se vienen propiciando tecnologías relacionadas al desarrollo de baterías de ión-litio, las que se emplean en los autos eléctricos. Actualmente, se trabaja en las de cuarta generación, que al parecer son capaces de aumentar considerablemente las densidades de energía y alcanzar el rango de los vehículos convencionales. Sin embargo, los expertos no están considerando su lanzamiento al mercado hasta mucho después de 2020.

Finalmente, otra opción más práctica es el intercambio de baterías. Es decir, en lugar de cargar la batería, se reemplaza por otra totalmente cargada, aunque para que se im-

plemente a nivel generalizado esta solución, todas las baterías deben seguir un estándar internacional. Asimismo, existen consideraciones con respecto a la calidad de las baterías: van perdiendo su capacidad con el paso de los años, lo que se convierte en un aspecto a solucionar.

#### Carga en la carretera

Otro desarrollo tecnológico es la carga en la carretera, lo cual quiere decir que la batería se puede cargar mientras el vehículo está en conducción. Este tipo de cargadores inalámbricos usualmente se instalan a lo largo de las principales carreteras a fin de permitir la conducción de largas distancias. El concepto de carga en la carretera puede ser rentable en términos económicos. En la actualidad, mercados como los de China, la Unión Europea (UE) y Estados Unidos han aumentado sus

ambiciones en las instalaciones de carga rápida en las carreteras (ver gráfico 5-4).

#### Automatización

Los avances tecnológicos también cambiarán el uso del vehículo. Por ejemplo, con el desarrollo de vehículos automáticos, no será necesario que el conductor lo cargue, sino que el mismo automóvil se dirigirá al lugar de carga más cercano y se autoabastecerá. Así, la conducción automática contribuye a disminuir las preocupaciones sobre la ansiedad de rango.

#### Cambios culturales

Por otra parte, el problema de ansiedad de rango también puede solucionarse con el cambio de hábitos de los usuarios. Sin embargo, para que la mentalidad del conductor se adecúe al uso de las nuevas tecnologías debe

## RECUADRO 5-1 El caso Better Place<sup>4</sup>

Better Place fue una empresa que combinaba puntos de recarga (electrolineras) con estaciones automatizadas capaces de realizar el cambio de baterías eléctricas. Estas últimas sustituían una batería agotada por una totalmente cargada en cinco minutos y sin necesidad de que los pasajeros se bajen del vehículo.

Aunque el objetivo de la empresa no era la fabricación de autos eléctricos, necesitaba un modelo compatible con los módulos de cambio de baterías. Por eso, mediante una alianza con Renault-Nissan, este último se comprometió a fabricar 100 000 autos Renault Fluence Z.E., una variante del Renault Fluence. Básicamente, el motor de combustión interna de 1.6 litros fue reemplazado por uno eléctrico que le daba una autonomía de 160 km (Green Car Congress, 2010).

Al tratarse de vehículos eléctricos, Israel apuntaba a ser el país ideal para iniciar el proyecto de Better Place debido a que buscaba reducir su dependencia del petróleo, el cual era proporcionado por países con los que mantiene una relación tensa. El dinero de los inversionistas no tardó en llegar: Better Place recaudó aproximadamente USD 812 millones (El Telégrafo, 2013). Sin embargo, tal suma de dinero y el exceso de confianza llevaron a la empresa a tomar decisiones económicas y administrativas erradas. Por ejemplo, los gerentes con experiencia en la industria automotriz fue uno de los últimos grupos en ser contratados. La estructura organizacional fue tan compleja, que se tuvo que contratar a un equipo externo especialista en administración para que ordenara la corporación.

En enero de 2012, se inició la puesta en marcha del negocio. Sin embargo, Better Place vendió solo 100 autos en sus primeros dos meses, sobre todo a empleados. A pesar de que los clientes parecían estar satisfechos, las ventas no aumentaban por temor a apostarle a una nueva tecnología. Uno de los eventos negativos inesperados fue que la compañía no contó con mucho apoyo por parte de Israel. Pese a que el expresidente Shimon Peres estaba a favor de los vehículos eléctricos, no les otorgaba subsidios.

Asimismo, Better Place supuso que, en el futuro, otros fabricantes de automóviles producirían vehículos compatibles con su tecnología de intercambio de baterías. No obstante, el modelo Fluence Z.E. fue el único, un Sedán muy grande para unos, pero muy pequeño para otros. Todo esto provocó que la compañía no siguiera funcionando a niveles rentables y se declarara en bancarrota en mayo de 2013.



Estación automatizada de Better Place especializada en el cambio de baterías. Foto: Shutterstock.

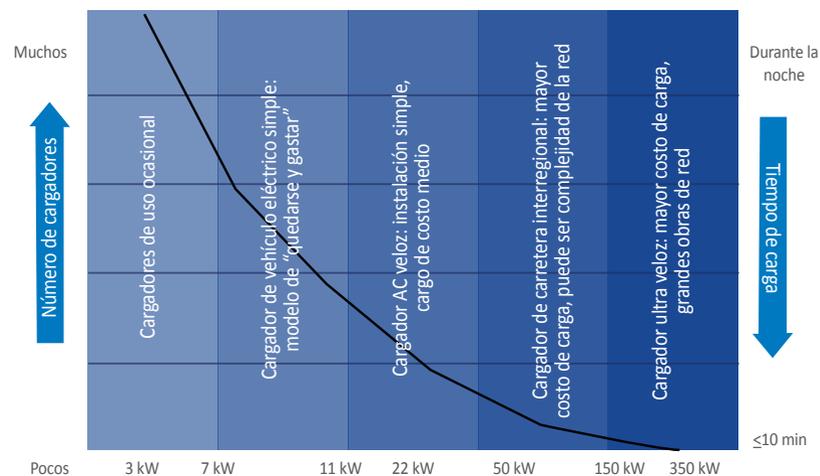
percibir un beneficio mayor por el uso del auto eléctrico. Un caso similar se dio con el desarrollo de la telefonía móvil, las personas internalizaron que tienen que cargarlo dos o tres veces al día, debido a que el uso del celular genera utilidad y satisfacción. Por lo tanto, una solución pasa por la idea de adoptar nuevas rutinas. Sin embargo, esto no implica dejar de lado las alternativas mencionadas, puesto que el cambio en nuestro comportamiento puede ser una solución que conlleve más tiempo.

En conclusión, existen diferentes alternativas para superar el problema de la ansiedad de rango, siendo la principal el desarrollo de una infraestructura de carga. Asimismo, están surgiendo soluciones tecnológicas importantes, como mejores baterías y la carga en la carretera, las cuales podrían ayudar a superar este impase.

## 5.2. ALTO COSTO DE INVERSIÓN

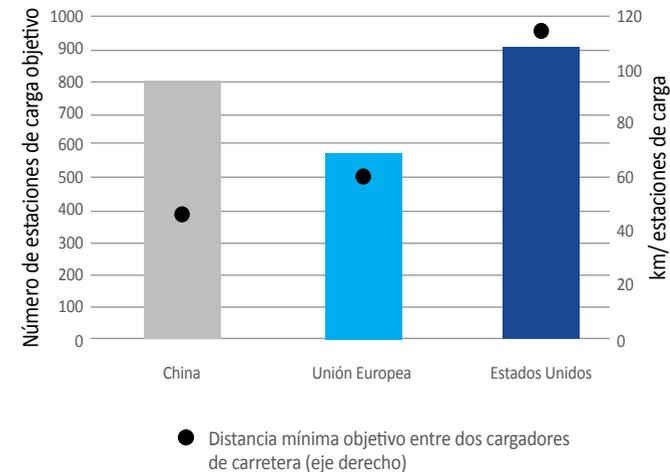
En el capítulo anterior se mencionó que el Costo Total de Propiedad (CTP), definido como el valor presente de los costos totales asociados a la adquisición y operación de un vehículo eléctrico, podría llegar a ser menor que el de un vehículo convencional. Sin embargo, la evidencia internacional ha demostrado que los consumidores valoran los costos iniciales mucho más que los de operación (Element Energy, 2013). En términos financieros, esto se traduce en que tienen una alta tasa de descuento; es decir, que valoran mucho más el dinero ahora que en el futuro. En políticas públicas se describe, a menudo, como un comportamiento “miope” o “cortoplacista” del consumidor. Este reto en la implementación de la electromovilidad se solucionará a mediano y largo plazo con innovaciones tecnológicas, aunque puede ser directamente a

Ilustración 5-1  
Curva de carga de las estaciones de carga



Fuente: Economic Development Queensland (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Gráfico 5-4  
Número de estaciones de carga objetivo en China, UE y Estados Unidos



Fuente: IEA (2018a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

corto plazo, mediante subsidios gubernamentales, con el fin de promover la penetración de esta tecnología.

Según Fries *et al.* (2017), el mayor porcentaje dentro de la estructura de costo de un vehículo eléctrico es la batería, que representa hasta un 50%. Por otra parte, dentro de los vehículos convencionales, los costos en equipos y costos en el tren motriz representan el mayor porcentaje del total (ver **gráficos 5-5 y 5-6**). Cabe resaltar que dichos costos de transmisión son más bajos en los vehículos eléctricos por el menor número de piezas.

El desarrollo de la batería permitirá que se reduzcan sus costos de producción y mejorará la densidad de energía, aumentando las características de rendimiento, la vida útil y la seguridad. Con respecto a los precios, hace cinco años era USD 1000 por 1 kilovatio por hora de batería, mientras que

en la actualidad es USD 200 (DelftX, 2019a). Para que continúe reduciéndose, se necesita lograr economías de escala en la producción, con nuevos desarrollos tecnológicos y la expansión del vehículo eléctrico. Esto también dependerá de las previsiones de la demanda mundial de litio y cobre, insumos esenciales para la fabricación de la batería. Asimismo, mientras no se desarrolle el reciclaje de baterías o se exploren nuevos yacimientos, los precios podrían aumentar notablemente en los próximos años debido a la fuerte demanda mundial y a la concentración en unos pocos países proveedores.

Por el lado del gobierno existen iniciativas que buscan otorgar un subsidio económico para fomentar la compra de autos eléctricos bajo la justificación de que permiten reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y contribuyen a una ciudad más limpia. Los detalles de estos aspectos serán discutidos en el **capítulo 7**.

### 5.3. LIMITACIONES AMBIENTALES

Un aspecto no tan favorecedor a tomar en cuenta es que la fabricación de vehículos eléctricos causa mayor contaminación ambiental que la de automóviles convencionales. Para elaborar baterías de iones de litio se necesitan muchos materiales (litio, cobre, platino, neodimio y otras tierras raras) y energía. Además, la extracción de estos recursos está asociada a una fuerte contaminación ambiental y en el proceso de fabricación se forman subproductos.

Para que la introducción de autos eléctricos sea una alternativa sostenible, es importante evaluar si la menor contaminación es suficiente para compensar la emisión de gases en la fabricación de baterías y sus otros componentes. Existen estudios que evalúan tales efectos. En el **gráfico 5-7** se presentan

los resultados de uno llevado a cabo por Nealer, Reichmuth y Anair (2015), para Estados Unidos, el cual estima las emisiones de CO<sub>2</sub> en la fabricación y operación en toda la vida útil de dos autos eléctricos y dos convencionales. Se puede identificar así que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la operación del auto eléctrico compensa ampliamente el incremento de las emisiones producto de la fabricación de las baterías y los autos eléctricos. El beneficio se incrementa cuanto mayor es la capacidad de la batería.

En esa misma línea, según Saúl López<sup>5</sup>, experto en movilidad eléctrica, las emisiones causadas en la fabricación se empiezan a compensar en cuanto el auto se pone en movimiento. Según lo señalado por el experto, "(...) al utilizar una fuente de energía más limpia que la gasolina/gasóleo, los eléctricos compensan sus emisiones de la

fabricación en unos 18 meses de conducción - los modelos con batería más pequeña pueden compensar las emisiones adicionales en tan solo 6 meses (...)".

Por otra parte, Gómez-Gélvez *et al.* (2016) señalan que se requieren importantes medidas de tratamiento relacionadas a la reutilización y reciclaje de las baterías. Estas pueden reutilizarse como sistemas de almacenamiento de electricidad para los hogares. Sin embargo en la actualidad, el reciclaje de baterías de iones de litio no es rentable, ya que cuesta más reciclar que extraer el recurso. Del mismo modo, Peters *et al.* (2012) afirman que el reciclaje es esencial, al igual que el establecimiento de modelos para la extracción de materias primas para contrarrestar los impactos negativos en las emisiones de GEI, la calidad ambiental y los estándares sociales en los países donde se realiza la extracción.

Existen barreras adicionales que dificultan la adopción de vehículos eléctricos: la falta de conciencia social y conocimiento de las nuevas tecnologías, así como las necesidades de electricidad adicional.

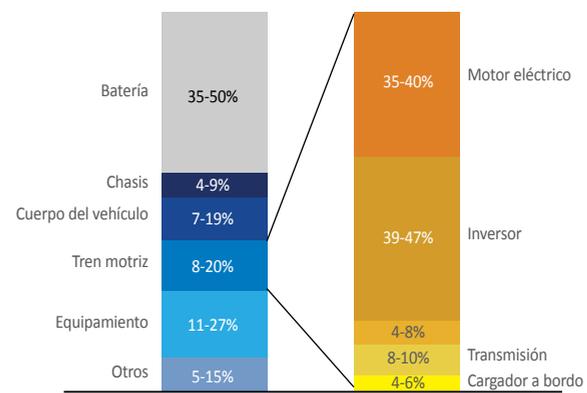
Sin duda, la reducción del impacto ambiental de las baterías de litio representa un reto que ya se viene afrontando a menor escala, debido a que la mayoría de dispositivos tecnológicos (celulares, *tablets*, *laptops*) las utilizan.

### 5.4. OTROS RETOS

Existen dos barreras adicionales que dificultan la adopción de vehículos eléctricos. La primera es la falta de conciencia social y conocimiento de las nuevas tecnologías (Gómez-Gélvez *et al.*, 2016), lo que conlleva a que los consumidores potenciales desconozcan sus beneficios o incluso puedan desconfiar de la tecnología. Para superar esta barrera deben existir iniciativas gubernamentales que brinden la información necesaria con el fin de concientizar a los usuarios sobre los beneficios que supone emplear autos eléctricos.

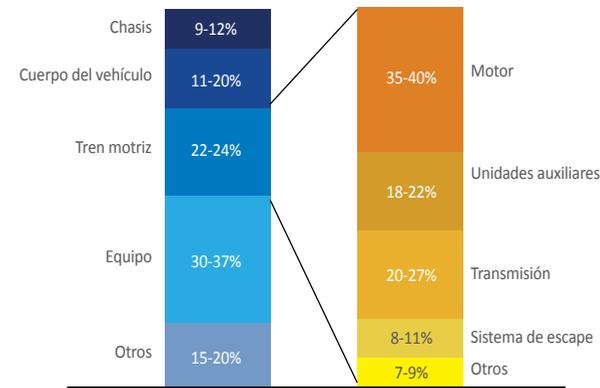
Otro reto se asocia a cómo atender las necesidades de electricidad adicional causadas por la introducción de autos eléctricos. Esto puede requerir la expansión de los sistemas eléctricos actuales. No obstante, dado que el consumo de electricidad varía a lo largo del día, por lo general, hay un exceso de capacidad durante los periodos de poca actividad (tarde en la noche y temprano en la mañana). Se podría entonces incentivar a los usuarios,

**Gráfico 5-5**  
Estructura de costos de un auto eléctrico



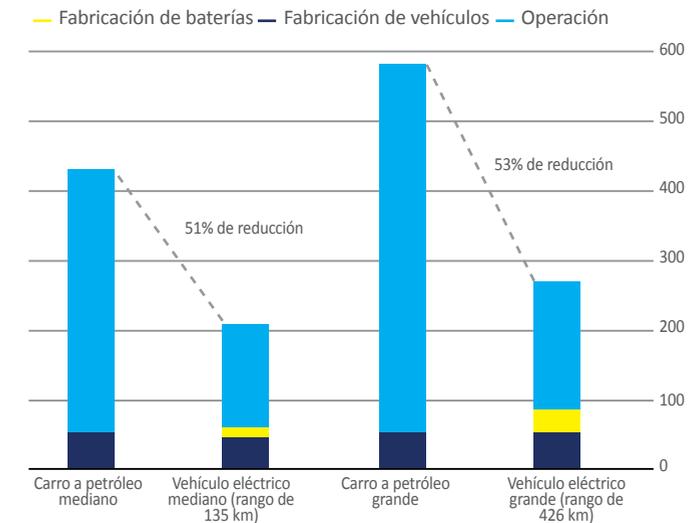
Fuente: Fries *et al.* (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 5-6**  
Estructura de costos de un auto convencional



Fuente: Fries *et al.* (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 5-7**  
Emisiones en el ciclo de vida de un auto: eléctrico vs. convencional



Fuente: Nealer *et al.* (2015). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

mediante tarifas diferenciadas, a que carguen los vehículos en las horas de poca actividad, con lo cual se reduciría la presión por instalar nuevas plantas asociadas a la demanda de autos eléctricos. Asimismo, la instalación de generación distribuida puede contribuir a disminuir la necesidad de nuevas plantas de generación.

Por ejemplo, un estudio en los Países Bajos encontró que, si la carga fuera de las horas pico

se introduce con éxito, incluso un cambio del 100% a la conducción eléctrica no requeriría capacidad de generación adicional (Gómez-Gélvez *et al.*, 2016). Finalmente, como se vio en el capítulo anterior, existen diferentes tecnologías mediante las cuales los autos eléctricos pueden usarse como fuentes de suministro, ya sea para proveer al hogar o a sistemas eléctricos aislados. De este modo, el auto eléctrico, en lugar de ser visto como una carga adicional, puede

ser concebido como un recurso de generación descentralizada similar a la distribuida, lo cual contribuye a dar confiabilidad al sistema eléctrico.

En el **capítulo 6** se estudiarán las políticas para la promoción de la movilidad, el rol que cumple el Estado y la necesidad de mitigar los problemas existentes y garantizar la confiabilidad en el sistema, entre otros.



La falta de conciencia social y conocimiento de las nuevas tecnologías es uno de los retos que debe afrontar la electromovilidad. Foto: Shutterstock.

## RECUADRO 5-2

### El desempeño de los vehículos eléctricos en climas fríos



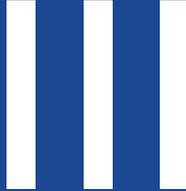
El intenso frío que se vive en algunas regiones de venta de los vehículos eléctricos se ha presentado como uno de sus principales rivales. Foto: Shutterstock.

En climas fríos, todos los autos, independientemente de la tecnología que usan, presentan problemas. Sin embargo, el impacto resulta mayor en los vehículos eléctricos, específicamente debido a la batería. En el caso de los vehículos con motor de combustión interna, las temperaturas frías pueden ocasionar que funcionen de forma

irregular o incluso que no inicien. Pero en los eléctricos, como los Tesla Model 3, que tienen un rango máximo de apenas 499 km aproximadamente<sup>6</sup>, una pérdida significativa en su alcance resulta problemática. Esto se debe a que no cuenta con un sistema que caliente la batería, utilizando el calor residual para tratar de compensar. Además, este tipo de clima crea la necesidad de un mayor uso del calefactor e iluminación. Todo ello genera un importante incremento del consumo de la batería y, así, una disminución de la autonomía.

El Tesla Model 3 no es un caso aislado, este problema lo comparten el Chevrolet Bolt EV, el Jaguar I-Pace y el Nissan Leaf Plus<sup>7</sup>. La Asociación Americana del Automóvil (AAA) puso a prueba las versiones de 2018 del BMW i3s, Chevrolet Bolt y Nissan Leaf; y a las versiones de 2017 del Tesla Model S 75D y el Volkswagen e-Golf. El test se realizó a temperaturas de  $-6.7^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ , arrojando los siguientes resultados: “a  $-6.7$  grados Celsius, el rango promedio cayó 12% cuando no se usó el calentador interno y 41% cuando se usó. A 35 grados Celsius, el alcance bajó 4% sin aire acondicionado y 17% con aire acondicionado”<sup>8</sup>.

Por el momento, entre la cartera de soluciones, la idea más ambiciosa está en plena fase de desarrollo: el electrolito sólido, que se anuncia como el material de la nueva generación de baterías más seguro, económico, energéticamente denso y menos proclive a la pérdida de eficiencia por bajas temperaturas. Una de las primeras compañías en apostar por su desarrollo es Tesla, que adquirió Maxwell Technologies, una empresa que se especializa en la fabricación de soluciones relacionadas con el almacenamiento de energía y la entrega de energía para automóviles.



**POLÍTICA PÚBLICA  
Y EXPERIENCIAS EN  
ELECTROMOVILIDAD**

---

## 06 | POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD

El Estado debe tener un rol activo en la promoción de la electromovilidad, tanto para el transporte público como para el privado. Esta participación tiene sustento en la medida que los vehículos eléctricos representan una alternativa de solución a distintos problemas relacionados con la salud pública, la contaminación, el aumento de gases de efecto invernadero, la seguridad energética y el transporte.



En San Isidro (Lima), Engie patrocinó el primer bus de transporte público que recorre el distrito. Foto: Minem.

# CAPÍTULO 6

## POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD

A nivel mundial, las políticas que se han venido impulsando para la promoción de autos eléctricos se pueden agrupar en los siguientes tipos de instrumentos: económicos y no económicos. El primer grupo tiene como fin disminuir el precio de compra del vehículo eléctrico, mientras que el segundo busca dar facilidades al conductor cuando hace uso del auto eléctrico.

### 6.1. ROL DEL ESTADO

En toda sociedad moderna, la participación del Estado se encuentra justificada solo en aquellos casos donde el mercado, operando sin ninguna restricción, produce resultados ineficientes que restringen el bienestar de la sociedad. Se denominan fallas de mercado. La teoría económica identifica varias, entre las que figuran la competencia imperfecta, la información asimétrica, los bienes públicos y las externalidades (ver recuadro 6-1).

La participación del Estado se justifica sobre la base de estas consideraciones teóricas: desde la aprobación de normas aplicables a negocios en mercados relativamente competitivos hasta la creación de organismos reguladores para los servicios públicos. En el caso particular del transporte, como hemos visto en los capítulos anteriores, existen diversos problemas de contaminación y emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a la predominancia de un estándar

tecnológico basado en vehículos de motor de combustión interna a combustibles fósiles. Este programa se agrava cuando se considera que en muchos países en desarrollo los combustibles más contaminantes terminan siendo los más baratos. Es decir, los precios del mercado no están reflejando el costo que imponen a la sociedad en su conjunto. Como se ha mencionado en el capítulo 4, una de las razones que sustentan la transición a los vehículos eléctricos es su menor impacto ambiental, en términos de mayor reducción de GEI y mejor calidad del aire.

En resumen, podemos afirmar que la predominancia de la tecnología de autos con motor de combustión interna ha impuesto sobre la sociedad en su conjunto y sobre el planeta, costos en salud e impacto ambiental que no son asumidos por los usuarios. Así, la principal justificación para la participación del Estado es la de remediar las externalidades impuestas, buscando una solución a la



**En toda sociedad moderna, la participación del Estado se encuentra justificada solo en aquellos casos donde el mercado, operando sin ninguna restricción, produce resultados ineficientes que restringen el bienestar de la sociedad.**



## RECUADRO 6-1

### Rol del Estado y fallas de mercado

Tal como se advertía desde hace algunas décadas, según el Informe del Banco Mundial (1997), el rol tradicional del Estado como proveedor de bienes públicos que promueve el desarrollo económico y social ha ido cambiando. Un factor importante que ha facilitado el repensar ha sido el avance tecnológico, que ha permitido la creación de nuevas posibilidades de competencia en sectores donde usualmente predominaban estructuras de mercado monopólicas, como las telecomunicaciones y la generación eléctrica.

Sin embargo, en muchos casos, la intervención del Estado continúa siendo necesaria, a fin de garantizar resultados óptimos para la sociedad, haciendo los mercados más competitivos. A continuación, se presenta una breve definición de las fallas de mercado estudiadas por la teoría económica.

- **Monopolio natural.** Existe un monopolio natural si los costos unitarios de producción son menores cuando una empresa abastece a todo el mercado y, por tanto, se justifica que solamente esta exista. Para evitar que estos monopolios ejerzan su poder de mercado, incrementando el precio o disminuyendo la calidad, el Estado interviene regulando estos atributos.
- **Información asimétrica.** Ocurre cuando los productores o consumidores tienen información relevante sobre algún atributo del bien a comercializar, lo cual afecta las decisiones de producción, compra o venta. En una situación de información asimétrica, las transacciones de mercado pueden generar asignaciones no óptimas.
- **Bienes públicos.** De acuerdo con la definición del Banco Mundial (1997), tienen la característica de ser no concurrentes (el consumo no reduce la oferta disponible para otros) y de uso colectivo (si los puede consumir uno, los pueden consumir todos). Dichas características también son llamadas no exclusión y no rivalidad, respectivamente, y disminuyen los incentivos privados para proveer el bien debido a que se hace difícil cobrar por el servicio. Por tanto, el Estado debe intervenir para garantizar el suministro.
- **Externalidades.** La externalidad se presenta cuando las acciones de un agente perjudican o benefician a otros sin que estos paguen o reciban una contraprestación. Puede ser positiva o negativa. Dentro del primer caso, encontramos, por ejemplo, los programas de educación o salud; mientras que en el segundo está la contaminación generada por los autos de combustión interna. El gobierno puede imponer impuestos o subsidios para reducir las externalidades negativas.

contaminación y la emisión de GEI por parte del parque automotor. Como parte de esta labor, el Estado también debe preparar el sistema eléctrico para las nuevas necesidades. Es improbable que el sector privado asuma esta planificación.

#### 6.1.1. Mitigar los problemas de contaminación

El principal problema a nivel local asociado a la contaminación local es el de la menor calidad del aire, lo cual se traduce en el deterioro de la salud de la población. De hecho, la calidad del aire es hoy un desafío serio en muchas ciudades. Eso es más evidente donde existe gran densidad poblacional, como Beijing y Delhi; pero incluso en casos donde la contaminación del aire no se percibe a simple vista, representa un peligro claro y presente para la salud pública. El común denominador que causa tales problemas es la mayor congestión vehicular que crece junto con el incremento de la población. Ante tal problemática, existe una tendencia en distintos países del mundo para encontrar una solución mediante la transición a los vehículos eléctricos. Si bien las sociedades son hoy cada vez más conscientes de los problemas asociados a la contaminación, se necesita una política pública para hacer frente a tal dificultad.

Otro problema asociado a la contaminación es el cambio climático. A nivel mundial, ya hay avances para combatirlo. En diciembre de 2015, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se suscribió el acuerdo de París, en el cual se logró el compromiso de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales.

En tal contexto, la amenaza del calentamiento global es otra razón por la cual los gobiernos

La implementación de políticas de promoción de la electromovilidad tiene por objetivo mitigar los problemas de contaminación y garantizar la confiabilidad del sistema.



Un hombre manejando una bicicleta en medio del smog (China). Foto: Shutterstock.

están interesados en promocionar los vehículos eléctricos. En efecto, en el marco del acuerdo climático de París, muchos países también firmaron la Declaración de París sobre la movilidad eléctrica. Se espera que para 2030, al menos el 20% de su industria automotriz esté compuesta por autos con batería eléctrica. Asimismo, estas políticas deben ir acompañadas de la promoción de energías renovables, a fin de garantizar que el transporte eléctrico sea además ambientalmente sostenible. En conclusión, la participación del Estado en la promoción de la electromovilidad se justifica con el fin de disminuir las externalidades asociadas, sobre todo, al uso de vehículos de combustión interna, tales como la menor calidad del aire y la emisión de GEI.

#### 6.1.2. Garantizar la confiabilidad del sistema

Además de la problemática vinculada

a la sostenibilidad ambiental, el Estado también debe velar por la seguridad del suministro de energía a largo plazo. Dado que se busca ampliar la producción mediante energías renovables, deben considerarse las dificultades de intermitencia asociadas a estas fuentes. Por ejemplo, la generación de energía hidroeléctrica está sujeta a fluctuaciones estacionales, mientras que la generación de energía solar y eólica presenta fluctuaciones durante el día. En tal sentido, un sistema eléctrico con fuerte presencia de RER requiere una gran cantidad de capacidad de reserva flexible para cubrir los periodos en los que el sol y el viento no tienen presencia.

Por otra parte, la carga adicional derivada del uso de vehículos eléctricos podría poner en peligro la confiabilidad del sistema o problemas de congestión en la red de distribución. Por ejemplo, el consumo de electricidad en un hogar podría duplicarse si el automóvil convencional es reemplazado por uno eléctrico, en caso el vehículo sea cargado

en el hogar. A nivel del sistema, si todos los conductores se conectan en las horas de máxima demanda, se agregaría al sistema una carga importante.

Sin embargo, como se ha explicado en el capítulo 4, los vehículos eléctricos también representan una solución. Así, la capacidad de almacenamiento de la batería eléctrica permite que operen como una fuente de suministro mediante las tecnologías mencionadas en el referido capítulo. Las baterías pueden suministrar energía a la red en momentos en los cuales las fuentes de energía renovable son insuficientes; esto permite que las variaciones en el suministro de electricidad asociadas a RER se combinen con la flexibilidad de consumo de electricidad.

Para que esto se concrete, el Estado debe definir el rol que tendrán los diversos agentes que van a ir surgiendo o redefinir su marco institucional para determinar las nuevas responsabilidades que tendrá, por ejemplo,

el organismo regulador. Esto requiere el esfuerzo conjunto de la autoridad del sistema eléctrico y del sistema de transporte, dado que ambas actividades se brindarán de forma conjunta. Más aún, si se desea implementar un transporte masivo de electricidad, se necesitará una infraestructura de transporte y energía que opere simultáneamente.

En definitiva, los vehículos eléctricos ofrecen soluciones a distintos problemas relacionados a la salud pública, la contaminación y aumento de

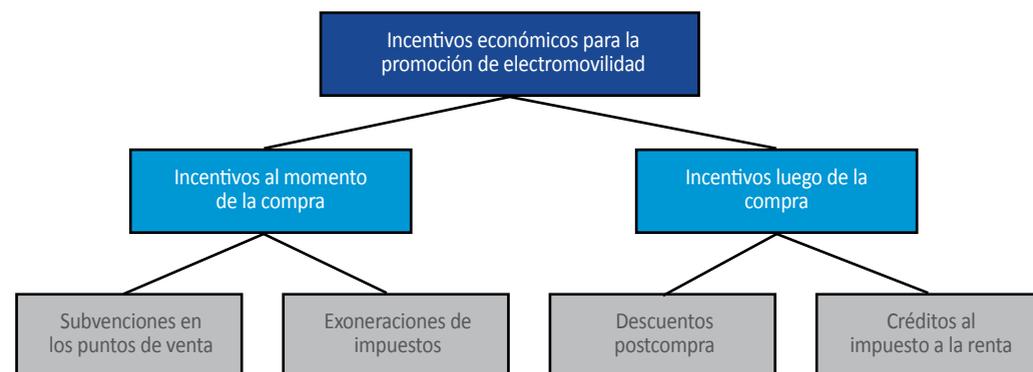
GEI, la seguridad energética y el transporte. Sin embargo, se requiere la participación de distintos niveles de gobierno. En el **cuadro 6-1** se presenta un resumen de las políticas y los objetivos correspondientes que se mencionaron, y se indican algunos de los objetivos de política específicos que deben alcanzarse. Para que se logren las metas, se debe implementar una variedad de políticas e instrumentos que se complementen entre sí, los cuales abordaremos en la siguiente sección.

**Cuadro 6-1**  
Objetivos de política por sector

Ámbito de la política	Objetivo de políticas	Medidas específicas
Salud pública y ambiente	Calidad del aire	Limitar la emisión de partículas, NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub> .
Cambio climático	Limitar el calentamiento global	Reducir los GEI, en particular el CO <sub>2</sub> .
Energía	Seguridad energética y asequibilidad	Recursos energéticos renovables, eficiencia energética y descarbonización.
Transporte	Movilidad/accesibilidad	Reducir la congestión y asegurar un sistema de transporte eficiente y descarbonatado.

Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 6-1**  
Tipos de incentivos económicos



Fuente: Hardman et al. (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 6.2. INSTRUMENTOS Y POLÍTICAS

### 6.2.1. Instrumentos para la promoción de autos eléctricos

Existe una amplia variedad de instrumentos que se han venido implementando en diversos países y que podemos dividir en económicos y no económicos. Los primeros implican una contraprestación o descuento monetario al momento o luego de la compra del vehículo, mientras que los segundos están relacionados a las facilidades que recibe un usuario cuando hace uso del auto eléctrico.

#### a) Instrumentos económicos

Como se ha mencionado en el **capítulo 5**, una de las barreras más importantes para adquirir un vehículo eléctrico es el alto precio de compra. Durante la decisión de compra se valora más el precio que se paga en comparación a los ahorros futuros que podrían generarse ante un menor costo de operación y mantenimiento. Según Hardman, Chandan, Tal y Turrentine (2017), los incentivos a la compra de vehículos pueden ser agrupados en cuatro (ver **ilustración 6-1**).

#### Subvención en los puntos de venta

Las subvenciones a la compra de los vehículos eléctricos son una de las medidas que más se ha implementado, puesto que reduce directamente el precio al momento de la compra del vehículo.

#### Exonerar los impuestos de compra y valor agregado del vehículo eléctrico

Mediante este esquema se permite al usuario pagar un menor impuesto al valor

agregado (o incluso eliminarlo) o impuesto a la compra de los vehículos eléctricos en comparación a los autos convencionales. Para ello, los impuestos de compra para vehículos eléctricos pueden calcularse en base a sus niveles de emisión de CO<sub>2</sub>, lo cual proporciona desincentivos directos para comprar vehículos de combustión interna ya que se hacen relativamente más caros. Algunos esquemas utilizan los ingresos adicionales generados por la recaudación de autos con alta emisión de CO<sub>2</sub> para reducir el precio de compra de los vehículos eléctricos al proporcionar un reembolso adicional. Al igual que las subvenciones, estos incentivos se aplican al momento de la compra del vehículo.

Gómez-Gélvez, Mojica, Kaul e Isla (2016) señalan que este enfoque es ventajoso porque permite que los incentivos económicos para los vehículos eléctricos se mantengan durante un periodo de tiempo más largo. No obstante, según Hjorthol (2013), las exoneraciones de impuestos pueden catalogarse como

socialmente regresivas<sup>1</sup>, puesto que los compradores iniciales de vehículos eléctricos, por lo general, son usuarios de mayores ingresos.

#### Descuentos post-compra

Los descuentos posteriores a la compra son incentivos económicos que se otorgan a los consumidores después de que han comprado el vehículo. A diferencia de los anteriores esquemas, en este se busca reducir los costos de uso del vehículo eléctrico. Según Gómez-Gélvez et al. (2016), esto se puede lograr mediante una variedad de opciones, como reducciones en los impuestos anuales de propiedad o circulación, peajes, tarifas de estacionamiento, seguros, subsidios a la electricidad, entre otros. En el caso de la reducción del peaje, su aplicación puede ser efectiva en áreas como túneles o puentes, que permiten reducir significativamente el tiempo de viaje. No obstante, este enfoque puede ser menos efectivo que los incentivos

que reducen el precio de compra debido a que los consumidores tienen una mayor valoración por los costos de compra que por los anuales.

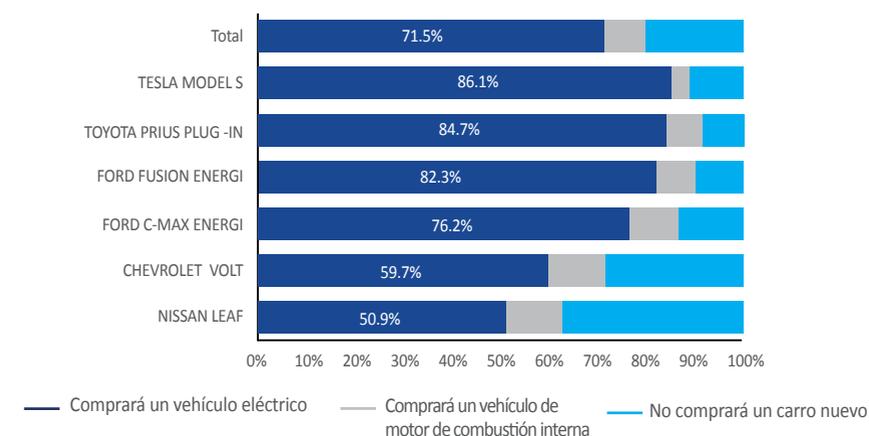
#### Créditos al impuesto a la renta

Estos incentivos permiten reducir el pago del impuesto a la renta al final del año fiscal. Este esquema solo es empleado en Estados Unidos, donde se otorga un crédito de USD 7500 a los usuarios que compren un vehículo eléctrico, lo cual significa que al final del año fiscal dichos usuarios pueden pagar USD 7500 menos en impuestos. Al igual que el anterior enfoque, los créditos al impuesto a la renta podrían ser menos efectivos pues los incentivos no están orientados al precio de compra.

En este punto, es preciso tener claro el objetivo de la política de promoción. Definitivamente, el Estado estará interesado en favorecer a los consumidores de pocos ingresos que deseen comprar un vehículo nuevo o renovar uno obsoleto. En tal sentido, los incentivos no deberían permitir adquirir vehículos eléctricos demasiado caros. Según un estudio llevado a cabo por Tal y Nicholas (2016) para Estados Unidos, en donde predomina el esquema de créditos al impuesto a la renta, los usuarios con mayores niveles de ingresos tendrían una mayor disposición a adquirir los vehículos eléctricos, aún si no existiesen los incentivos. En efecto, como se muestra en el **gráfico 6-1**, la mayoría de las personas que compraron un Tesla Model S (modelo de gama alta) comprarían el vehículo incluso sin el incentivo. Dicho porcentaje se reduce significativamente para el modelo Nissan Leaf, que no pertenece a esa gama.

En el **cuadro 6-2** se presenta el rango de los incentivos en los países donde existe una mayor penetración de autos eléctricos. Se observa que va de los USD 3850 (en Canadá) hasta los USD 22 000 (en Países Bajos). Además, es

**Gráfico 6-1**  
Encuesta sobre elección de VE sin crédito gubernamental en los Estados Unidos



Fuente: Tal y Nicholas (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



La subvención en los puntos de venta es un instrumento para la promoción de autos eléctricos. Foto: Shutterstock.

importante notar que la mayoría de estos países ofrece más de un incentivo económico. En los siguientes capítulos se darán más detalles sobre las políticas de promoción.

Por otra parte, es importante tener en consideración que en algún momento los

vehículos eléctricos tendrán que operar sin subsidios. Sin embargo, los incentivos se deberían eliminar de manera gradual y no de forma instantánea, puesto que una acción demasiado temprana podría significar un colapso del mercado (Gómez-Gélvez *et al.*, 2016).

Finalmente, para una mayor efectividad de los incentivos económicos, el Estado debe impulsar, en paralelo, campañas de sensibilización en donde se resalten los atributos de los carros eléctricos y se brinde información de los incentivos económicos. La **ilustración 6-2** resume las principales recomendaciones de políticas asociadas a la promoción de autos eléctricos mediante el uso de instrumentos económicos. No obstante, los incentivos económicos no son suficientes para impulsar la demanda de autos eléctricos y se deben combinar con otros no económicos.

#### b) Instrumentos no económicos

Otro conjunto importante de medidas son los instrumentos no económicos. Su objetivo es brindar una serie de facilidades y beneficios cuando el usuario utiliza el vehículo eléctrico. En la **ilustración 6-3** se presentan los principales incentivos no económicos y algunos ejemplos en particular.

**Cuadro 6-2**  
Incentivos económicos para la promoción de vehículos eléctricos

País	Subvención en los puntos de venta	Exoneración de impuestos	Descuento postcompra	Créditos al impuesto a la renta	Valor de los incentivos (en USD)
Canadá	x				3850 – 6850
China	x	x			9800
Francia	x	x			1000 – 7000
Alemania	x				5500
Japón	x	x			7800
Países Bajos		x			1110 – 22 000
Noruega		x	x		11 000 – 20 000*
Reino Unido	x				5800
Estados Unidos			x	x	7500 – 10 000**

Notas. El valor de los incentivos no considera otros incentivos que están disponibles cuando se usa el vehículo eléctrico como el estacionamiento gratis o exoneraciones de impuestos anuales.

\* Ahorro basado en el 25% del impuesto a la exoneración al impuesto al valor agregado y de compra.

\*\* Basado en el crédito fiscal federal de USD 7500 y USD 2500 que está disponible en California.

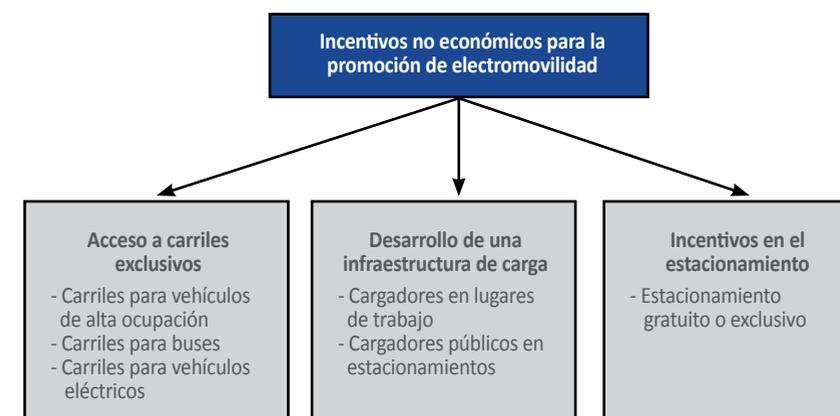
Fuente: Hardman *et al.* (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 6-2**  
Recomendaciones de políticas para la promoción de autos eléctricos mediante el uso de instrumentos económicos



Fuentes: Hardman *et al.* (2017), Gómez-Gélvez *et al.* (2016) y DelftX (2019b). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 6-3**  
Incentivos no económicos



Fuentes: Hardman *et al.* (2017), Gómez-Gélvez *et al.* (2016) y DelftX (2019b). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

#### Acceso a carriles exclusivos

Este esquema permite que los vehículos eléctricos circulen en carriles exclusivos que son destinados para el tránsito de Vehículos de Alta Ocupación (VAO) o autobuses, incluso se puede crear un carril exclusivo en donde solo circulen los vehículos eléctricos. En los carriles para VAO entran vehículos con dos o más ocupantes; sin embargo, bajo este esquema, los autos eléctricos también podrán ingresar sin importar el número de ocupantes. Asimismo, algunos países otorgan a los autos eléctricos acceso ilimitado a carriles de tránsito rápido (para acceder se tiene que realizar un pago).

Esta medida puede ser efectiva en ciudades con alta congestión y tráfico, puesto que proporciona un fuerte incentivo en usuarios que desean evitarlos. Sin embargo, se recomienda que se adopte de manera temporal, en una fase inicial de la promoción de la electromovilidad, debido a que estos carriles también pueden congestionarse si el número de vehículos eléctricos crece. Del mismo modo, el acceso de los vehículos eléctricos a los carriles exclusivos de autobuses puede reducir la calidad del transporte público, resultado que no es consistente con un sistema que busca movilidad pública.

#### Desarrollo de infraestructura de carga

Un mayor número de estaciones de carga puede alentar a los consumidores a adoptar vehículos eléctricos, puesto que si no hay infraestructura, será difícil que los usuarios los compren. En tal sentido, el Estado debe intervenir para facilitar su existencia. Lo ideal es que los centros de carga estén ubicados en lugares donde el vehículo pasa la mayor parte del tiempo estacionado, como la casa, el trabajo o en espacios públicos. Esto porque los tiempos de recarga continúan siendo mayores que aquellos de los autos de combustión interna. Según DelftX (2019b), la creación de

## RECUADRO 6-2

### Carriles para vehículos de alta ocupación

El tráfico lento, uno de los principales problemas de las ciudades actuales, tiene como una de sus soluciones la creación de carriles para uso exclusivo de vehículos de alta ocupación (VAO). Generalmente ocurre en horas de mayor tránsito, aunque también se puede aplicar en todo momento, dependerá de las políticas y jurisdicciones de cada país. Estos se pueden clasificar en: autos privados y taxis que lleven un número mínimo de ocupantes (dos o más), vehículos verdes (eléctricos o híbridos), autos de un solo pasajero mediante un pago de tarifa variable, motocicletas con dos pasajeros, autobuses para transporte público y vehículos de emergencia, como ambulancias.

Cabe resaltar que dichos carriles VAO se aplican, generalmente, para aumentar la ocupación promedio de los vehículos y reducir la congestión del tránsito y contaminación ambiental. Así, en 2017, Manila, capital de Filipinas, puso en marcha el uso de carriles VAO para autos con dos o más pasajeros, los cuales circulan por el quinto carril, como se aprecia en la **ilustración 6-4**.



Fuente: AutoDeal<sup>2</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

En Estados Unidos, tras la firma del presidente G. Bush en el proyecto Ley Federal de Transporte 2005, diversos estados pudieron emitir calcomanías para vehículos híbridos, las cuales ayudaron a identificarlos y darles acceso a carriles VAO<sup>3</sup>. Asimismo, en 2017, Nueva Zelanda abrió carriles VAO para vehículos eléctricos que transporten dos o más personas, con la finalidad de alentar la absorción de vehículos eléctricos<sup>4</sup>.

una red de infraestructura de carga pública se puede dar mediante tres formas:

- o **Provisión directa del Estado.** El Estado opera su propia red cuando no hay un interés privado en invertir en la infraestructura. Sin embargo, esto es bastante costoso y usualmente se da en una etapa inicial de la implementación.
- o **Otorgamiento de una concesión.** Le otorga a una empresa privada el derecho a operar una red dentro de un área determinada por un periodo limitado. Los gobiernos podrían proporcionar incentivos financieros adicionales para reducir el riesgo para la empresa.
- o **Libre entrada de las empresas.** Se permite que las empresas entren libremente al mercado. Un riesgo de este esquema es que se cobre precios de recarga altos.

Adicionalmente, el Estado puede dictar reglas para garantizar que el acceso y el pago de la recarga se estandaricen a fin de evitar confusiones en los consumidores. De este modo, las opciones de pago se pueden configurar para prevenir que los conductores de vehículos eléctricos se conecten a las estaciones por un tiempo prolongado, lo que podría provocar congestión. Asimismo, según Gómez-Gélvez *et al.* (2016), los gobiernos pueden promover aún más la inversión privada en la infraestructura de carga pública al proporcionar claridad sobre cómo se regularían los posibles servicios de carga de las compañías que no son de servicios públicos, como hoteles, minoristas y centros comerciales. Con respecto a la red de carga rápida, el Estado puede promover financieramente su desarrollo. Sin embargo, el alto costo de estas estaciones y el interés de sectores privados, como los fabricantes de automóviles y las empresas de servicios públicos

de electricidad en su implementación, sugiere que la inversión privada desempeñará un papel importante.

#### Incentivos en el estacionamiento

Estos incentivos incluyen espacios de estacionamiento gratuito, reservado o preferencial para vehículos eléctricos. La combinación de este esquema con la infraestructura de carga pública puede motivar de manera interesante a los usuarios. Son ideales en ciudades donde existen pocos espacios dedicados al parqueo; sin embargo, la asignación de muchos lugares exclusivos para vehículos eléctricos puede generar malestar en el resto de usuarios. Por lo general, se puede exigir un número o porcentaje mínimo de parqueos exclusivos para autos eléctricos.

Además, también existen otros incentivos asociados con la obtención de la placa del vehículo. En Shanghái, los consumidores que deseen obtener una matrícula de vehículo

Los incentivos no económicos incluyen acceso a carriles exclusivos, infraestructura de recarga y estacionamientos.

La magnitud del impacto de los incentivos no económicos en la venta de vehículos eléctricos varía entre países.

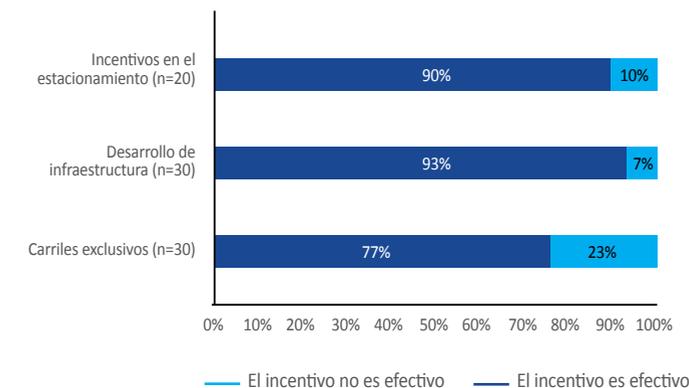
tienen que participar en una subasta. Por lo general, solo el 5% obtiene una. Los que desean comprar un vehículo eléctrico reciben gratis la placa sin la necesidad de ingresar a la subasta. Además, se puede restringir el uso de automóviles durante ciertos días de la semana y en horas pico según el número de matrícula. Sin embargo, según Gómez-Gélvez *et al.* (2016), esta medida ha aumentado la propensión de algunos hogares a comprar un segundo automóvil (por lo general, uno antiguo con altos niveles de emisiones) para evitar la restricción.

Hardman (2019) analiza varios estudios que evalúan la efectividad de incentivos no económicos. En general, encuentra que tienen un impacto positivo en las ventas de vehículos eléctricos (ver **gráfico 6-2**), aunque la magnitud del efecto varía en cada país y en sus regiones. Sin embargo, enfatiza que no es posible clasificar la importancia de los incentivos debido a la falta de consenso en la literatura de todas las regiones analizadas.

Del mismo modo, Hardman (2019) señala que el impacto de la política de carriles exclusivos en las ventas de vehículos eléctricos depende del nivel de congestión en la región en la que se implementan; es decir, los carriles exclusivos ofrecen mayores beneficios en regiones con mayor congestión. Con respecto a la infraestructura de carga, el autor encontró que las necesidades de infraestructura dependen de los patrones de viaje y de si los propietarios de vehículos pueden cargarlos en casa, entre otros factores. En relación a los incentivos de estacionamiento, su efectividad es mayor en regiones donde el estacionamiento es costoso o escaso, lo que puede significar que sea aplicable, sobre todo, en áreas urbanas.

Los incentivos no económicos son más efectivos cuando se combinan entre sí y además se aplican junto con otros económicos. Asimismo, el Estado debe ser transparente sobre su duración, pues la

**Gráfico 6-2**  
Hallazgos de los estudios que evalúan la efectividad de los instrumentos no económicos



Nota. "n" es el número de estudios.  
Fuente: Hardman (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

incertidumbre podría restarles efectividad. Hardman (2019) señala que el desafío para el Estado es determinar qué intervenciones son las adecuadas para cada país, por eso se debe evaluar su viabilidad y efectividad. Además, también recomienda identificar regiones con características similares a las suyas para comprender el impacto de los incentivos. Finalmente, agrega que se debe evaluar los tipos vehículos que serán incentivados. Si el objetivo del Estado es aumentar la cantidad de kilómetros recorridos por vehículos eléctricos, se tiene que direccionar los incentivos a vehículos con mayores rangos de conducción.

### 6.2.2. Políticas orientadas a garantizar el suministro

La organización del sector eléctrico ha ido cambiando con el transcurso de los años. Usualmente era operado por un monopolio vertical administrado por el Estado. Sin

embargo, en la década de los noventa, en nuestro país, se impulsaron reformas que procuraban darle una mayor competencia al sector mediante la desintegración vertical, sin comprometer la confiabilidad del suministro de electricidad. Existen distintos modelos de organización, que “suponen un conjunto de reglas, instituciones e instrumentos que varían dependiendo de la complejidad de la organización adoptada y del fomento de la competencia” (Dammert, García y Molinelli, 2008). La **ilustración 6-5** presenta el modelo de competencia mayorista.

Sin embargo, la complejidad de la red y de la organización del sistema van a ir aumentando, debido a que los usuarios finales se están convirtiendo en productores, como consecuencia de la generación distribuida. Además, como se mencionó, los vehículos eléctricos tienen el potencial de proporcionar una gama de servicios innovadores a la infraestructura eléctrica.

Los vehículos eléctricos representan una solución a la variabilidad de las fuentes de energía renovables, pero también podrían poner en peligro la estabilidad de la red. Como se sabe, el consumo de energía presenta un comportamiento difícil de predecir, y el sistema interconectado a los vehículos eléctricos debe tener la capacidad de responder a esta incertidumbre. Hay que tener en cuenta que es también incierta la forma en la que se comportará el sistema con la introducción de la nueva tecnología: si todos los conductores se conectan en horas de máxima demanda, se podría presentar una congestión importante en la red de distribución.

Esta congestión podría evitarse mediante la expansión de la capacidad de la red, sin embargo, la solución es muy costosa. Lo ideal sería controlar la recarga de la batería según la disponibilidad de la capacidad de red y de la energía barata. Para ello, en primer lugar, se deben implementar redes inteligentes capaces de dimensionar el consumo de la energía y los pagos correspondientes. Además, se podría ofrecer una retribución económica al propietario del automóvil para que coopere con un esquema de carga controlada, de manera que compense la pérdida de su soberanía y comodidad.

En estos esquemas resulta necesario definir algunos temas: ¿cómo lograr que los incentivos de los dueños de los vehículos se alineen a fin de asumir un rol activo en la provisión del servicio eléctrico? ¿Quién será el agente encargado de coordinar la flexibilidad? En este último caso, se podría pensar en el operador del sistema eléctrico o en el distribuidor local de energía. Sin embargo, lo ideal es que la responsabilidad recaiga en un nuevo agente intermedio, denominado agregador, puesto que tanto el operador del sistema como el distribuidor tienen otros objetivos. Por una

parte, el operador busca reducir el costo de la red, mientras que el distribuidor busca maximizar su beneficio. El rol del agregador será definir los criterios de optimización de la carga controlada.

Del mismo modo, se necesita definir en quién recaerá el rol del proveedor de la infraestructura de carga. Se pensaría que en el operador de red o en los proveedores de energía. El Estado tiene que preparar y ajustar el marco regulatorio e institucional para definir estos nuevos roles, ante la inminente entrada de nuevas tecnologías. Además, debe tenerse en cuenta que implicarán nuevas interacciones entre los sistemas de infraestructura de transporte y energía, por lo cual tienen que aplicarse enfoques transversales de coordinación con otros sectores y niveles de gobierno.

### 6.2.3. Medidas complementarias para la sostenibilidad ambiental

Como hemos mencionado, la promoción de la electromovilidad se encuentra

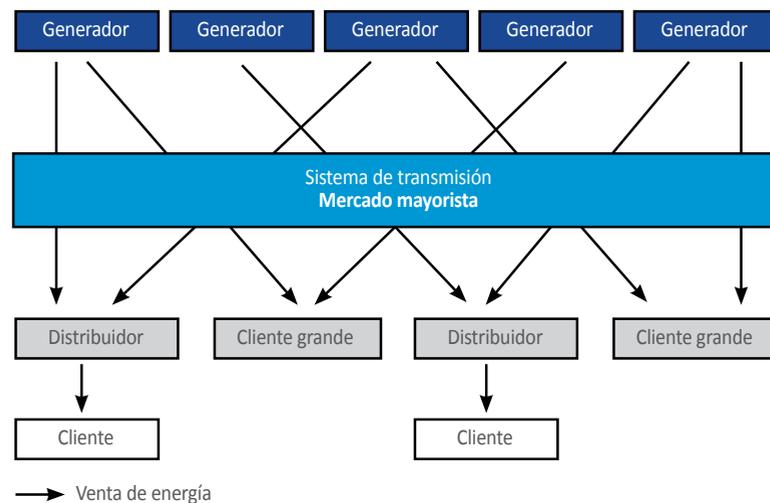
enmarcada en una política más amplia que busca generar un transporte sostenible y limpio, a fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. En paralelo a estas, se debe buscar converger a sistemas de tránsito masivo, es decir, trenes, metros y flotas de autobuses con emisiones bajas o nulas. Esto último involucra reemplazar las flotas de autobuses tradicionales por aquellas que utilizan electricidad. Asimismo, se debe estimular activamente a los ciudadanos a caminar y andar en bicicleta, proporcionando una red de ciclovías y asignando más espacio público a los peatones. Todo esto debe ir de la mano con la imposición de nuevos estándares a la calidad del aire y emisión de CO<sub>2</sub>. Así, en muchas ciudades del mundo se han establecido zonas ambientales donde se prohíbe el acceso a los automóviles más contaminantes. En el siguiente capítulo exploraremos el estado de la electromovilidad en el mundo y las condiciones en las que se viene desarrollando.

## RECUADRO 6-3 El rol de los agregadores y los tipos de contrato

Con la entrada de los autos eléctricos, los agregadores podrían operar en el mercado cumpliendo con la función de intercambiar la energía que va desde el vehículo a los sistemas eléctricos mediante la tecnología *vehicle-to-grid* (V2G). Sin embargo, para ello se necesita definir los contratos que van a regir con esta nueva tecnología. Por lo general, en DelftX (2019b) se definen tres tipos de contratos: basado en precios, volumen y control. Además, el agregador también tiene que tomar decisiones sobre la operación de vehículos individuales, teniendo en cuenta las diferentes necesidades y preferencias de los conductores y las características técnicas de los vehículos. Estos aspectos deben definirse explícitamente en el contrato. En los contratos basados en precio, el conductor define el mínimo que desea recibir por V2G, aquí el costo funciona como una señal para la activación del V2G<sup>5</sup>.

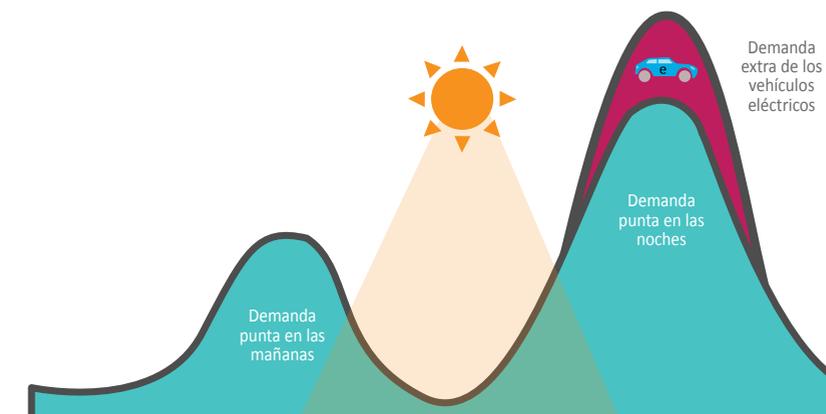
Los contratos basados en el volumen implican el compromiso de un volumen de energía predefinido dentro de un cierto intervalo de tiempo. Esto significa que los conductores pueden limitar la cantidad de energía que están dispuestos a proporcionar (es decir, el volumen máximo). Estos contratos pueden ser atractivos para conductores que tienen un horario muy predecible y se pueden conectar regularmente, por ejemplo, en el estacionamiento del trabajo o en el hogar. Finalmente, en los contratos basados en el control, el conductor lo cede al agregador. La disponibilidad se define por intervalo de tiempo, que puede ser confirmado previamente o informado indicando la hora de salida.

**Ilustración 6-5**  
Modelo de competencia mayorista



Fuente: Dammert et al. (2008). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 6-6**  
Curva de carga con los autos eléctricos



Fuente: DelftX (2019a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



# 07 | ESTADO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL MUNDO

El presente capítulo proporcionará una perspectiva general sobre las condiciones en las que se desarrollan la movilidad eléctrica y el mercado de vehículos eléctricos.



Consumidores en una feria de venta de automóviles eléctricos (China). Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 7

## ESTADO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL MUNDO

La lucha contra el cambio climático y la búsqueda de opciones que permitan reducir los niveles de contaminación en las ciudades se han convertido en la prioridad de más países en el mundo. Antes de analizar las políticas públicas llevadas a cabo en cada Estado, vale la pena dar un vistazo general a la situación actual de la electromovilidad, utilizando algunas variables clave. Como veremos, si bien la participación de mercado de vehículos eléctricos en la industria automotriz aún es reducida, se ha registrado un notable crecimiento durante los últimos años, impulsado por las propias políticas de los países.

Para el presente capítulo se han seleccionado cuatro variables clave que nos permiten tener una referencia clara del estado de la electromovilidad en distintas regiones del mundo. La primera es la venta de vehículos eléctricos (VE) por región. Esta es una variable de flujo<sup>1</sup> que mide el dinamismo de la electromovilidad, ya que refleja cuántas unidades se han vendido durante un año. Luego tenemos dos variables de *stock*: el número de vehículos eléctricos y el número de estaciones de carga, que permiten identificar qué tan avanzados se encuentran los países con respecto a la electrificación del transporte y a la disponibilidad de infraestructura de recarga. Finalmente, la cuarta corresponde a los tipos de carga existentes por región (compatibilidad entre niveles de carga y conectores).

### 7.1. VENTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

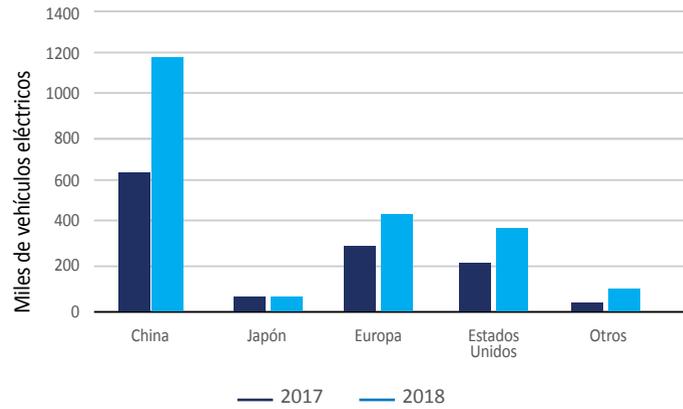
La distribución de vehículos eléctricos superó los dos millones de unidades durante 2018, lo que significó un incremento de 64% con respecto al año anterior (EV Data Center<sup>2</sup>). Dentro de los tipos de vehículos vendidos se encuentran no solo los vehículos eléctricos a batería (VEB) y los vehículos eléctricos híbridos enchufables (VEHE), sino también los camiones y vehículos comerciales livianos, cuyos principales destinos fueron Estados Unidos, Europa y China. Conforme se evidencia en el **gráfico 7-1**, los principales destinos de VE registran aumentos en el número de unidades vendidas, con excepción de Japón, donde se reporta una leve caída del 5.4%.

En el caso de China, con base en datos recopilados del portal *web* de EV Data Center, se presentó la demanda más alta registrada durante los últimos años, superando el millón de vehículos (1.182 millones) e incrementando el volumen de ventas del país asiático en 78%. Corresponde señalar que China, a la fecha, demanda el 56% de VE producidos a nivel global.

#### 7.1.1. América

**a) Estados Unidos.** Según el portal oficial de EV Data Center, durante 2018 se vendieron aproximadamente 360 800 vehículos eléctricos, con lo cual se alcanzó una tasa de crecimiento de 81%, el nivel más alto de los últimos cinco años. Asimismo, de todas las ventas registradas,

**Gráfico 7-1**  
Ventas anuales según destino (2017-2018)



Fuente: EV Data Center. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

La distribución de vehículos eléctricos superó los dos millones de unidades durante 2018, un 64% más que el año anterior.

**Ilustración 7-1**  
Características del Tesla Model 3



Fuentes: Vexels<sup>3</sup> y Shutterstock. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

los VEB representaron el 66%, mientras que los VEHE solo el 34%. En cuanto al modelo más vendido, destaca el Model 3 de Tesla (ver **ilustración 7-1**), que logró colocar cerca de 146 000 unidades en el mercado estadounidense y 119 000 en el canadiense.

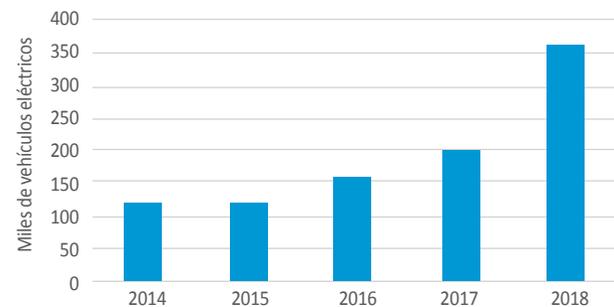
El **gráfico 7-2** presenta la evolución anual de las ventas reportadas en Estados Unidos y permite evaluar su crecimiento, el cual ha sido sostenido durante el último quinquenio, con excepción de 2015, año en el que se registró una baja del 3.4%.

**b) Canadá.** La penetración de VE en este país presenta incrementos anuales moderados con respecto a los observados en el resto del mundo. Sin embargo, entre los años 2015 y 2016, las ventas pasaron de 5235 vehículos a 6933, lo cual implica un aumento de las unidades vendidas de más del 32%. Entre los modelos de vehículos eléctricos más demandados durante 2015 se encuentran el Tesla Model S, el Nissan Leaf y el Chevrolet Volt, que en suma representaron el 72% de todos los vehículos distribuidos en Canadá (ver **gráfico 7-3**).

### 7.1.2. Europa

**a) Noruega.** De acuerdo con información difundida por EV Data Center mediante su portal oficial, a pesar de ser un país con poca población, Noruega es considerado el mercado de vehículos eléctricos más grande de Europa y el tercero más importante en el mundo, siendo solo superado por China y Estados Unidos. Asimismo, es el principal destino de VEB y VEHE, además de ser el país con el mayor porcentaje de

**Gráfico 7-2**  
Volumen de ventas anuales en Estados Unidos (2014-2018)



Fuente: EV Data Center<sup>4</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

vehículos eléctricos con respecto al total de automóviles del mercado, ubicándose en el número uno del ranking mundial con un 24% de participación durante 2016 y 32% (estimado) en 2017.

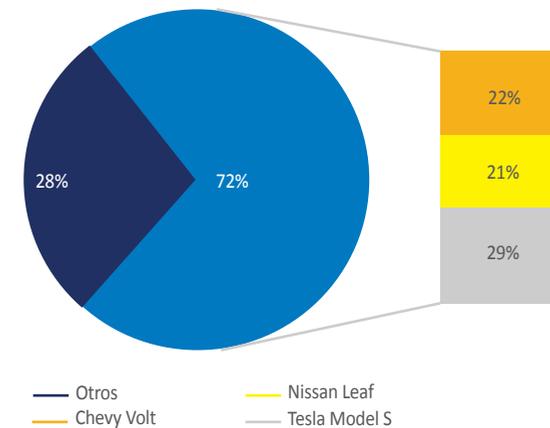
El nivel de participación de mercado del segmento de vehículos eléctricos en la industria automotriz que registró el país nórdico durante la primera mitad de 2017 superó en ocho puntos porcentuales la proporción de vehículos eléctricos de Hong Kong (ver **gráfico 7-4**), consolidándose como líder del segmento de este tipo de automóviles.

Por otro lado, conforme se muestra en el **gráfico 7-5**, la cantidad de vehículos eléctricos enchufables vendidos en Noruega pasó de aproximadamente 9000 unidades en 2013 a cerca de 62 000 en 2017, lo cual supone un incremento acumulado de 588.9%.



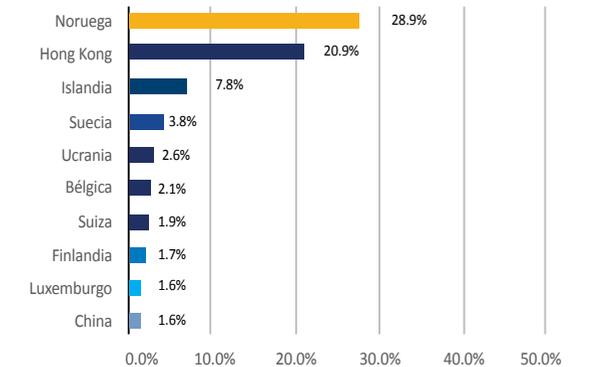
En 2015, el Tesla Model S fue uno de los modelos más vendidos en Canadá. Foto: Shutterstock.

**Gráfico 7-3**  
Modelos más vendidos en Canadá (2015)



Fuente: EV Data Center<sup>5</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 7-4**  
Proporción de vehículos eléctricos enchufables



Nota. Datos correspondientes al primer semestre de 2017.

Fuente: EV Data Center<sup>6</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.



Estación de carga de automóviles eléctricos en las calles de Amsterdam. Foto: Shutterstock.

En tanto, el crecimiento anual registrado durante los periodos 2015-2016 y 2016-2017 se mantuvo constante y alcanzó, aproximadamente, el 35%.

**b) Países Bajos.** Desde octubre de 2015, las ventas de vehículos eléctricos enchufables han aumentado de forma significativa. En efecto, se habrían comercializado 43 300 unidades a lo largo de todo 2015 (15 900 en el último mes del año). Al mismo tiempo, de acuerdo con EV Data Center<sup>7</sup>, el modelo más vendido en diciembre fue el Outlander VEHE de Mitsubishi, seguido por el Golf GTE y el Passat GTE –ambos fabricados por Volkswagen–, los que en suma superaron las ocho mil unidades, es decir, aproximadamente el 50% de los vehículos distribuidos en diciembre.

**c) Alemania.** Si bien Noruega es, indiscutiblemente, el destino que demanda la mayor cantidad de vehículos eléctricos enchufables de toda Europa, en Alemania

la demanda ha crecido a mayor velocidad, pues pasó de requerir 18 300 unidades durante los tres primeros trimestres de 2016 a 39 100 vehículos a lo largo de los tres primeros trimestres de 2017. Solo hasta setiembre de 2017, el crecimiento registrado por este país alcanzó el 106%, lo cual le ha permitido posicionarse como el cuarto mercado de vehículos eléctricos más importante a nivel mundial, luego de China, Estados Unidos y Noruega. Por último, según la información difundida por EV Data Base mediante su *web* oficial, los Países Bajos son el único país europeo que reportó una reducción del número de vehículos eléctricos vendidos durante el periodo de análisis, aproximadamente de 20% (ver **gráfico 7-6**).

**d) Suiza.** A partir del primer trimestre de 2015, Suiza ha registrado incrementos significativos del nivel de ventas de vehículos eléctricos enchufables, principalmente en el segmento de VEH. Cabe indicar que, durante

2014, se vendieron 2270, comercializándose 66% más en comparación a 2013, mientras que el porcentaje de unidades vendidas con respecto al total global viene incrementándose de manera moderada y sostenida. Hasta 2014, la participación de VE en el segmento de vehículos livianos fue de 0.7%. En tanto, durante el primer trimestre de 2015, esta proporción aumentó al 1.1%. Por otro lado, según información de EV Data Center<sup>10</sup>, el modelo más vendido en febrero de 2015 fue el Golf GTE de Volkswagen, seguido por el Zoe de Renault y el Model S de Tesla.

### 7.1.3. Asia

**a) China.** Según las proyecciones de EV Data Center, China continuará incrementando el volumen de ventas de vehículos eléctricos enchufables durante 2019. Es preciso indicar que, en el marco del programa gubernamental de subsidios denominado China's New Energy

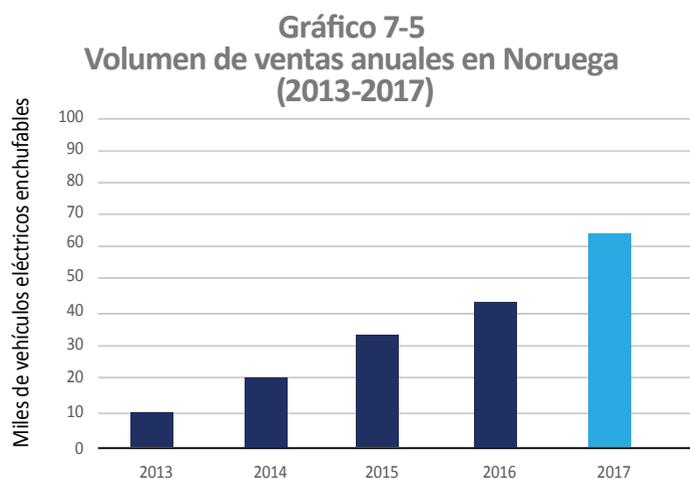
Vehicle (NEV) Program, se designó como NEV a todo vehículo eléctrico enchufable de fabricación nacional. En dicha categoría se encuentran los VEB y VEHE, tanto livianos como comerciales, pesados y buses (Banco Mundial, 2011). En línea con lo anterior, esperan llegar al 6.7% de participación del segmento de NEV en la industria, luego de estimar 1.88 millones de unidades vendidas para 2019 (ver **gráfico 7-7**).

Adicionalmente, conviene indicar que el 80% de los vehículos comerciales vendidos en 2018 –tanto medianos como pesados– corresponde a buses eléctricos, los cuales son utilizados en áreas metropolitanas. De esta forma, puede evidenciarse la importancia de la electromovilidad en el transporte público.

**b) Japón.** A diferencia de China, existe muy poca demanda de VE comerciales, ya que la oferta japonesa se enfoca más en VE enchufables livianos. La gama de automóviles

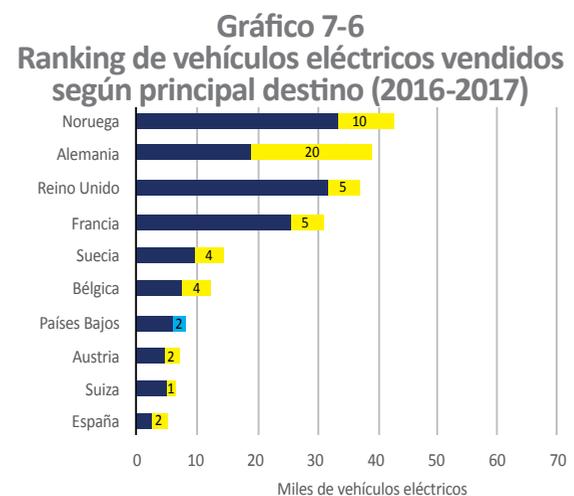
disponibles es producida principalmente por Mitsubishi, Nissan y Toyota. El segmento de vehículos eléctricos enchufables livianos cuenta con dos opciones: VEB y VEHE, con respecto a las cuales el público japonés tiene preferencias definidas. En el caso de VEB, el modelo más vendido es el Nissan Leaf, mientras que el VEHE más demandado es el Outlander VEHE fabricado por Mitsubishi. La preferencia por ambos modelos es tal que, en setiembre de 2015, el volumen de ventas de dichos ejemplares llegó a representar el 86% del total de unidades comercializadas (ver **gráfico 7-8**).

**c) Corea del Sur.** El mercado surcoreano de vehículos eléctricos se caracteriza, básicamente, por representar una proporción bastante reducida de las ventas de vehículos eléctricos a nivel mundial, y por demandar únicamente VEB (ver **gráfico 7-9**). En efecto, al menos hasta 2014, todos los vehículos comercializados en Corea del Sur



Nota. Dato de 2017 proyectado.

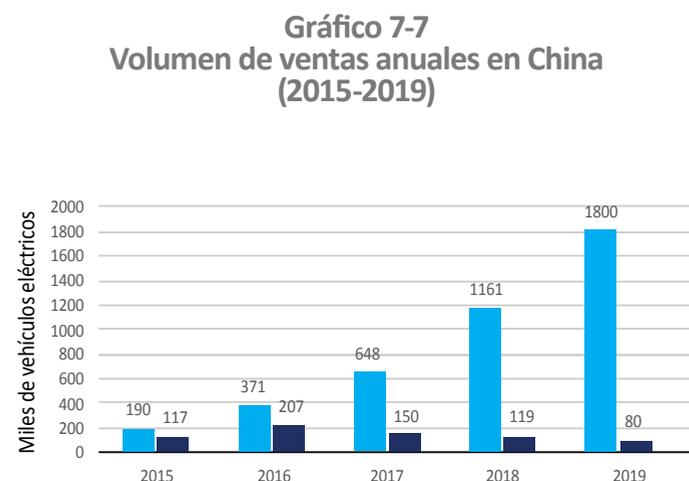
Fuente: EV Data Center<sup>8</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.



— Vehículos eléctricos demandados (2016)  
— Incremento de vehículos eléctricos demandados (2017)  
— Reducción de vehículos eléctricos demandados (2017)

Nota. Datos correspondientes a los tres primeros trimestres de 2016 y 2017.

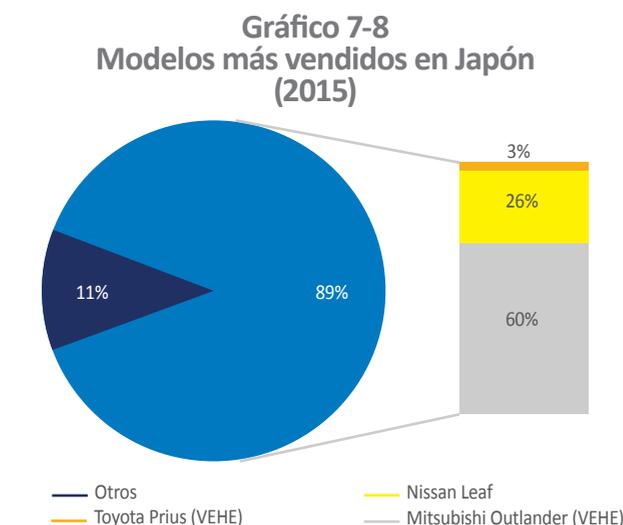
Fuente: EV Data Center<sup>9</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.



— Vehículos eléctricos comerciales medianos y pesados  
— Vehículos eléctricos enchufables livianos

Nota. Dato de 2019 proyectado.

Fuente: EV Data Center<sup>11</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.



— Otros  
— Nissan Leaf  
— Toyota Prius (VEHE)  
— Mitsubishi Outlander (VEHE)

Nota. Datos correspondientes al mes de setiembre de 2015.

Fuente: EV Data Center<sup>12</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.



En Londres, el uso de autos híbridos Toyota es muy extendido. Foto: Shutterstock.

pertenecían al segmento de VEB. Asimismo, las perspectivas de crecimiento del mercado de vehículos eléctricos son favorables, entre otras razones, debido al ingreso de Hyundai –el mayor fabricante surcoreano de automóviles– al segmento de VEHE en 2015, con el lanzamiento del Sonata VEHE.

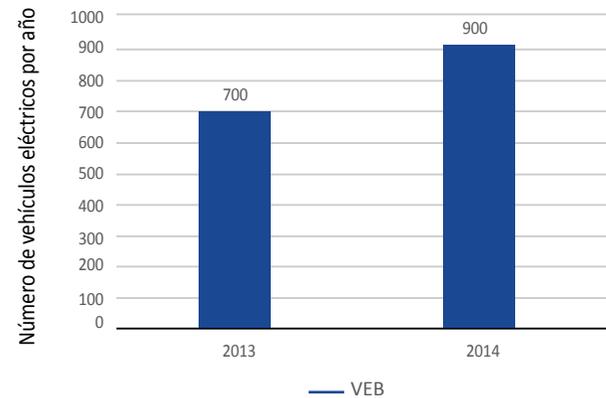
## 7.2. NÚMERO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIVIANOS

El incremento exponencial del volumen de ventas a nivel mundial ha generado el aumento acelerado del número de vehículos eléctricos en circulación. Según Galarza y López (2016), desde 2015, existen más de 1.26 millones de unidades en el mercado. Solo en 2018, las ventas superaron la barrera de los dos millones de vehículos, con lo cual la cantidad de unidades en circulación seguirá creciendo de manera sostenida. De acuerdo con la **ilustración 7-2**, a 2016, Estados Unidos contaba con la flota más numerosa de

vehículos eléctricos livianos en circulación –400 000 unidades de 1.26 millones a nivel mundial–, seguido por China y Japón, que desde entonces ya superaban ampliamente la barrera de los 100 000 vehículos.

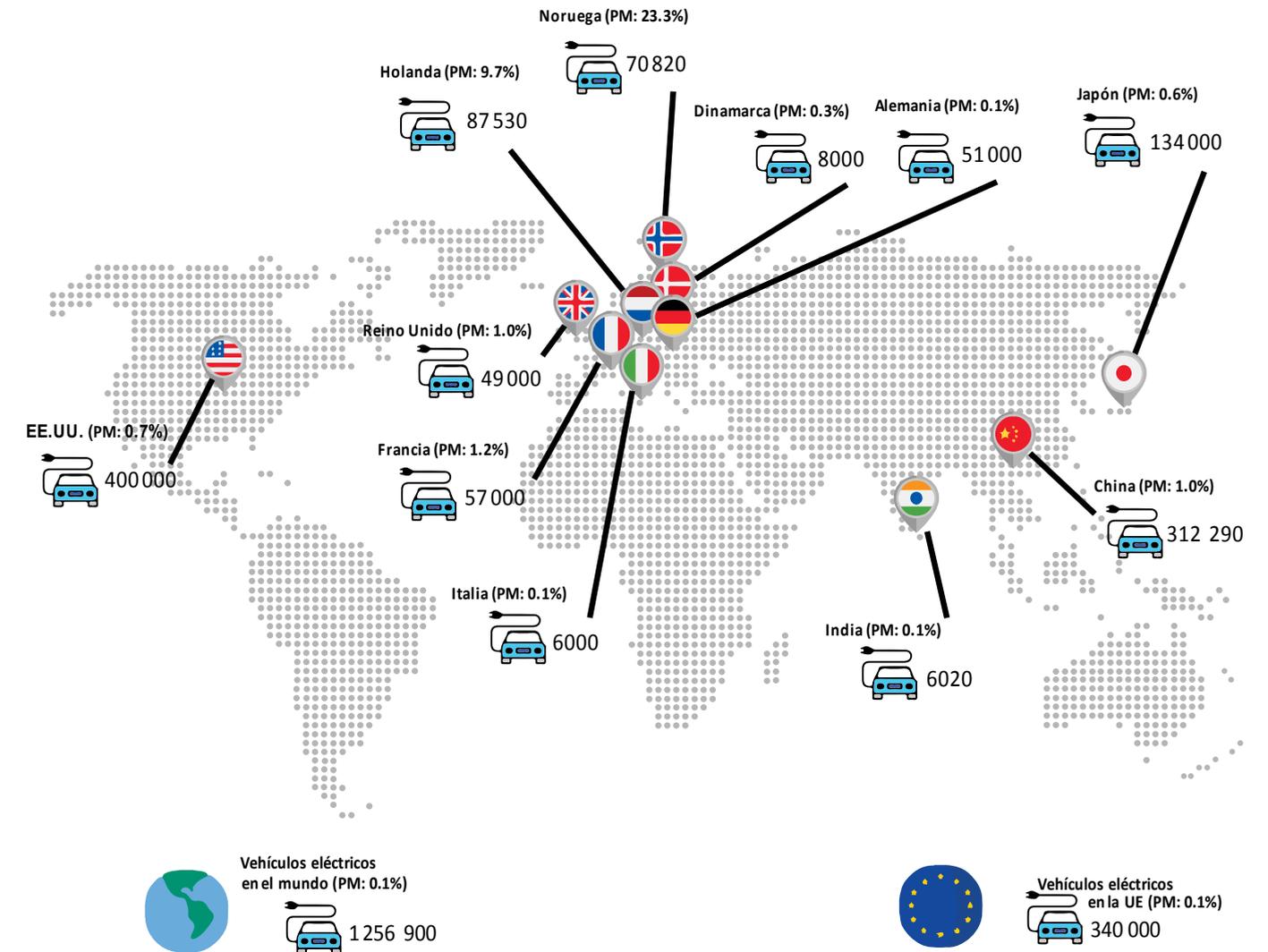
Al respecto, es preciso indicar que, si bien la participación de China en el mercado de vehículos livianos es menor a la de Estados Unidos y Japón, es ampliamente superior en el segmento de buses eléctricos, cuyo *stock* no ha sido incluido ni analizado en el presente acápite. Como resultado de su estrategia basada en la promoción del uso de buses eléctricos para el transporte público, China es el principal fabricante y distribuidor a nivel mundial. En el segmento de vehículos livianos, Noruega y Holanda son los líderes de Europa con flotas que superan los 70 000 automóviles y cuentan con la mayor participación de mercado de vehículos eléctricos, 23.3% y 9.7% del total de automóviles comercializados en cada país, respectivamente.

**Gráfico 7-9**  
Volumen de ventas anuales en Corea del Sur (2013-2014)



Fuente: EV Data Center<sup>13</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 7-2**  
Participación de mercado y stock global de vehículos eléctricos livianos (2016)



Nota. PM: Participación de mercado a nivel nacional.

Fuente: Galarza y López (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin

### 7.3. NÚMERO DE ESTACIONES DE CARGA

La falta de infraestructura de carga suele ser considerada una de las principales limitaciones que enfrenta el mercado de vehículos eléctricos. Es por ello que muchos países europeos en los que circula este tipo de automóviles se han propuesto implementar estaciones públicas de carga que faciliten el acceso a la energía de los usuarios con este tipo de vehículos.

Según los datos expuestos en la **ilustración 7-3**, a 2016, ya existían 189 509 estaciones

de carga rápida en el mundo. En China, donde el despliegue de infraestructura es una política de gobierno, el número llegó a 58 758.

El caso del país asiático es relevante dado que, según Galarza y López (2016), lidera el segmento de buses urbanos en el mercado de vehículos pesados y se proyecta a contar con 200 000 buses activos para 2020, cuya demanda requerirá más de 4000 estaciones de carga. Aunque Estados Unidos tiene un *stock* superior de vehículos eléctricos, cuenta con menos estaciones de carga en comparación con China.



Estación de recarga de vehículos eléctricos con energía solar en un estacionamiento público (California). Foto: Shutterstock.

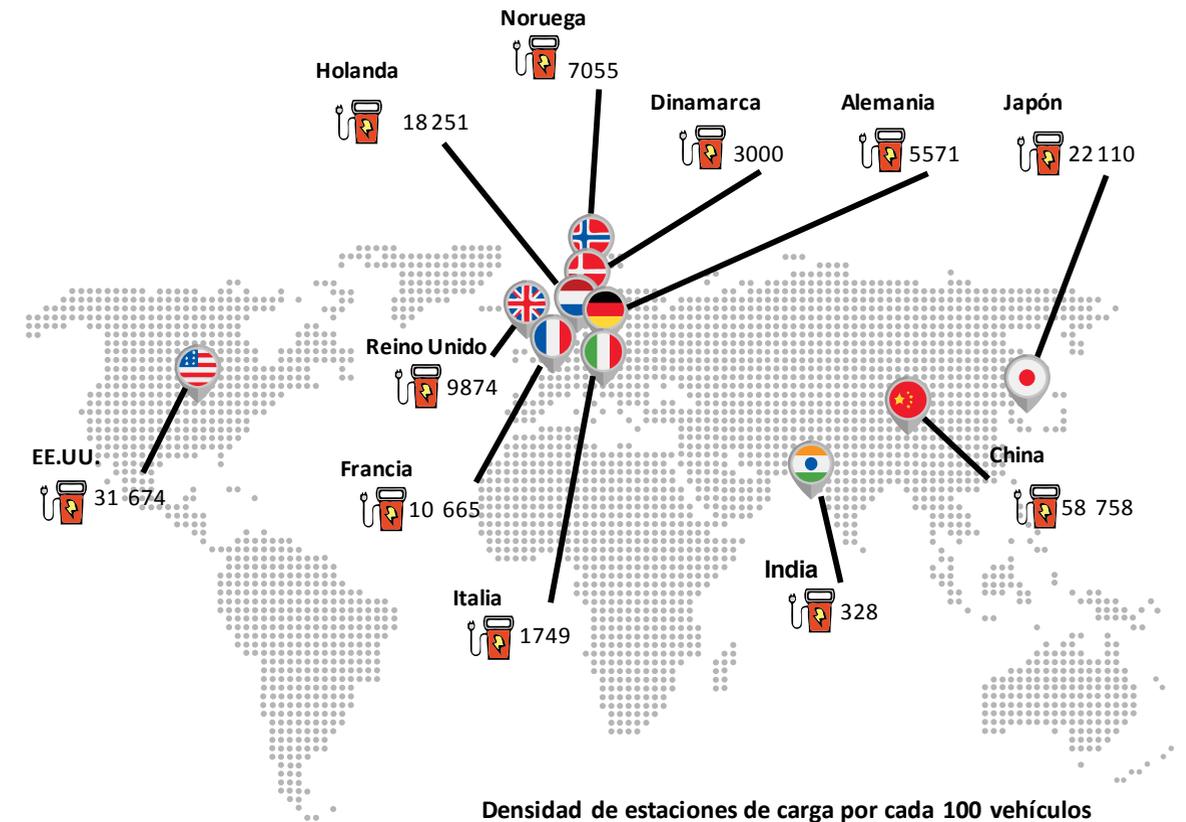
Al mismo tiempo, existen 7.9 estaciones de carga por cada cien vehículos en Estados Unidos, mientras que China cuenta con 18.8 estaciones. En tanto, solamente Italia (29.2) y Dinamarca (37.5) superan la densidad de estaciones de carga promedio de la Unión Europea (UE) y la cifra registrada a nivel mundial (15.1).

### 7.4. PROTOCOLOS DISPONIBLES EN EL MUNDO SEGÚN TIPO DE CARGA

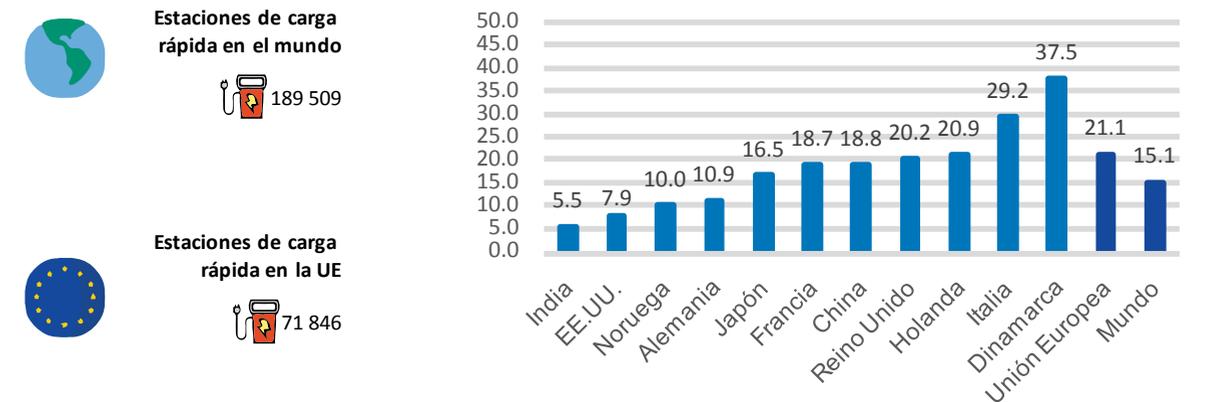
De acuerdo con lo mencionado en el **capítulo 2**, la infraestructura de recarga disponible en la actualidad posee diferentes tipos de carga y conectores, y puede clasificarse en tres niveles según la tecnología empleada. De igual manera, otro de los componentes de dicha infraestructura es el protocolo o estándar de carga utilizado, el cual es un conjunto de sistemas que permite establecer la comunicación entre el conector y el vehículo para llevar a cabo la recarga.

Como se presenta en la **ilustración 7-4**, dado que cada nivel de tecnología de carga exige distintas capacidades de potencia eléctrica, se utilizan protocolos diferentes. Mientras que para el nivel 3 se encuentra disponible el protocolo CHAdeMO en casi todos los países del mundo que cuentan con vehículos eléctricos (China emplea GB/T 20234 DC), el resto de niveles no dispone de protocolos comunes, restringiendo el ingreso de vehículos que no comparten las mismas características a nuevos mercados. En el siguiente capítulo se revisarán 10 experiencias de electromovilidad en el mundo, de las cuales se obtuvo un interesante aprendizaje con oportunidades para corregir y seguir mejorando.

**Ilustración 7-3**  
Stock global de estaciones de carga rápida (2016)



**Densidad de estaciones de carga por cada 100 vehículos (2016)**



Fuente: Galarza y López (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

### Ilustración 7-4 Protocolos disponibles en el mundo según tipo de carga (2018)

<p><b>Protocolos disponibles en Australia</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo 1</p> <p><b>Nivel 2:</b> IEC 62196-2 Tipo 2</p> <p><b>Nivel 3:</b> IEC 62196-3 Tesla y CHAdeMO (IEC 62196-3 Tipo 4)</p>	<p><b>Protocolos disponibles en China</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo 1</p> <p><b>Nivel 2:</b> GB/T 20234 AC</p> <p><b>Nivel 3:</b> GB/T 20234 DC</p>
<p><b>Protocolos disponibles en Corea del Sur</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo A/C</p> <p><b>Nivel 2:</b> IEC 62196-2 Tipo 2</p> <p><b>Nivel 3:</b> CCS Combo 1 (IEC 62196-3) Tesla y CHAdeMO (IEC 62196-3 Tipo 4)</p>	<p><b>Protocolos disponibles en India</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo C/D/M</p> <p><b>Nivel 2:</b> IEC 60309 enchufe industrial IEC 62196-2 Tipo2</p> <p><b>Nivel 3:</b> IEC 62196-2 Tipo 2 GB/T 20234 DC (&lt; 20 kW) CCS Combo 2 (IEC 62196-3) (≥ 20 kW) y CHAdeMO</p>
<p><b>Protocolos disponibles en Japón</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo B</p> <p><b>Nivel 2:</b> SAE J1772 Tipo 1 Tesla</p> <p><b>Nivel 3:</b> IEC 62196-3 Tesla y CHAdeMO (IEC 62196-3 Tipo 4)</p>	<p><b>Protocolos disponibles en Canadá y Estados Unidos</b>  </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo B; SAE J1772 Tipo 1</p> <p><b>Nivel 2:</b> SAE J1772 Tesla</p> <p><b>Nivel 3:</b> SAE J3068 CCS Combo 1 (SAE J1772 e IEC 62196-3) Tesla y CHAdeMO (IEC 62196-3 Tipo 4)</p>
<p><b>Protocolos disponibles en Europa</b> </p> <p><b>Nivel 1:</b> Tipo C/F/G</p> <p><b>Nivel 2:</b> IEC 62196-2 Tipo 2</p> <p><b>Nivel 3:</b> IEC 62196-2 Tipo 2 CCS Combo 2 (IEC 62196-3) Tesla y CHAdeMO (IEC 62196-3 Tipo 4)</p>	

Fuente: International Energy Agency (2018a). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



Vehículo en una estación de carga (Alemania). Foto: Shutterstock.



# 08 | EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN ELECTROMOVILIDAD

El presente capítulo está destinado a revisar 10 experiencias de electromovilidad en el mundo, con el objetivo de identificar las políticas implementadas y posteriormente obtener lecciones aprendidas para el caso peruano.



Puesta a prueba de un vehículo autónomo en La Défense (Francia). Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 8

## EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN ELECTROMOVILIDAD

La experiencia de la introducción de la electromovilidad no ha sido homogénea en el mundo. Por ello, hemos seleccionado una muestra de 10 países que han implementado medidas, desde el sector público y privado, para promoverla. Revisar estas experiencias permite ubicar los factores que han determinado el éxito de las políticas para la expansión de vehículos eléctricos privados y la puesta en marcha de flotas de buses eléctricos para el transporte público. En particular, los países desarrollados cuentan con vasta experiencia que incluye la introducción de subsidios a la compra de vehículos eléctricos, el desarrollo de estaciones de recarga y otros instrumentos no económicos. En los países en desarrollo, aunque la experiencia es incipiente, resalta el importante esfuerzo por electrificar el transporte público.

Como veremos más adelante, a la fecha, la implementación de medidas referidas a electromovilidad en el Perú es todavía bastante incipiente. Básicamente, consta de estudios de diagnóstico, pilotos a pequeña escala y proyectos financiados por agencias internacionales de cooperación. Sin embargo, en muchos países, la electromovilidad ha recorrido un tramo importante, por lo cual resulta de suma utilidad revisar dichas experiencias. Esto permitirá extraer lecciones aprendidas sobre qué políticas se han introducido y cuál ha sido su efecto en la electrificación del transporte.

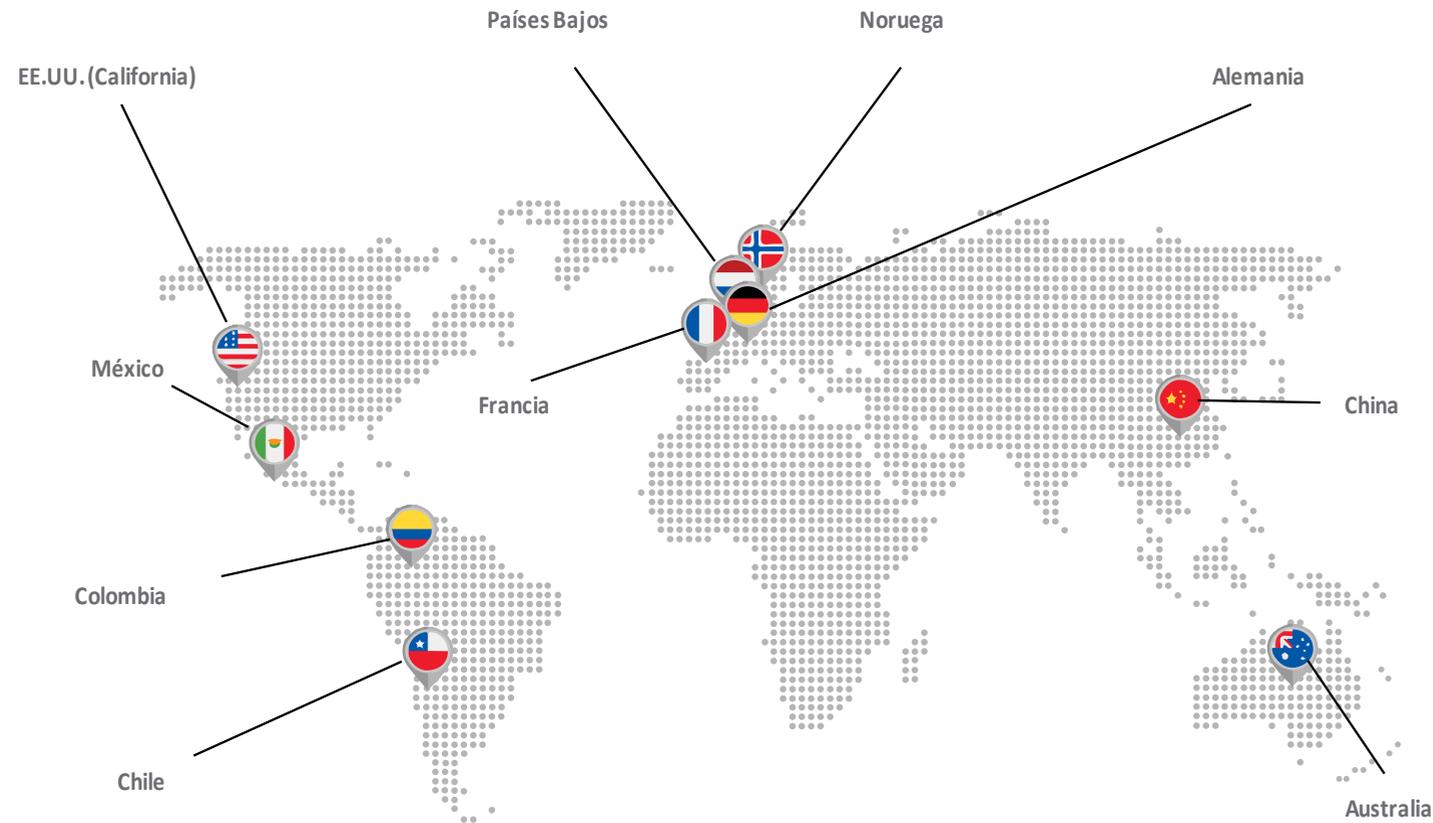
Para efectos de este capítulo, hemos seleccionado 10 países cuya experiencia en electromovilidad creemos relevante. En Europa, Países Bajos, Noruega, Alemania y Francia (en particular, los dos primeros, son

referentes internacionales en promoción de la electromovilidad). En Asia, se ha seleccionado a China, debido a la práctica de electrificación del transporte público que ha impulsado. En Oceanía se ha seleccionado a Australia, en vista de que ha mostrado avances importantes en la implementación de medidas para promover la electromovilidad. Con respecto a América, se ha elegido a Estados Unidos, específicamente al estado de California, a fin de reseñar sus importantes avances; además a Chile, Colombia y México, países con cierto grado de avance y que, por sus características sociales, políticas y económicas, revelan valiosas lecciones para el caso peruano.

Cada país analizado cuenta con distintas monedas, por tal motivo, se incluye el **anexo 2** con los tipos de cambio respectivos para fines comparativos.

“  
**En muchos países, la electromovilidad ha recorrido un tramo importante, por lo cual resulta de suma utilidad revisar dichas experiencias. Esto permitirá extraer lecciones aprendidas sobre las políticas que se han introducido y cuál ha sido su efecto en la electrificación del transporte.**  
”

**Ilustración 8-1**  
Países cuyas experiencias en electromovilidad serán reseñadas



Fuente: Shutterstock. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 8.1. NORUEGA<sup>1</sup>

Noruega ha tenido una historia de éxito con respecto al desarrollo e implementación de la electromovilidad. De acuerdo con Figenbaum y Kolbenstvedt (2013), atravesó cinco etapas (ver **ilustraciones 8-2, 8-3 y 8-4**). La primera abarcó las décadas de 1970 y 1980, y en ella se desarrollaron algunos prototipos de vehículos y sistemas de propulsión eléctricos. La segunda etapa abarcó la década de 1990

y se caracterizó, principalmente, por la realización de pruebas tecnológicas y la implementación de la primera medida de política para incentivar la compra de vehículos eléctricos (VE). Esta fue del tipo económica: la exención del impuesto de registro, que también permitió la importación de vehículos eléctricos Kewet (daneses). Para 1994, había ocho modelos disponibles, pero aún no en etapa de producción masiva<sup>2</sup>.

Entre 1999 y 2009, comenzó una etapa temprana de desarrollo de mercado en la cual algunos productores reconocidos entraron al país (Ford compró la empresa Think) y la agenda política puso a los vehículos eléctricos (VE) en una alta prioridad; primero, desde el punto de vista del desarrollo de una industria nacional de VE y, luego, desde la importancia de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El desarrollo de la industria local tuvo varios problemas. Por ejemplo, la empresa Think (luego Think Global) cambió de dueños tres veces (quiebras), hasta que inversionistas noruegos la compraron en 2006 con el objetivo de producir el prototipo que trabajó Ford. Dos medidas de incentivo fueron promulgadas al comenzar el periodo. La primera fue la exención del impuesto al valor agregado y la segunda fue el acceso a los carriles para transporte público (buses). A pesar de que la demanda aumentó gracias a estas medidas, las empresas nacionales no pudieron responder por problemas de

gestión y el parque automotor eléctrico fue conformado por autos usados franceses y noruegos.

La implementación de medidas adicionales, como el parqueo y peaje gratis, incentivó a algunos consumidores a comprar un VE. Dicho efecto tomó mayor impulso con la prohibición de los minibuses en los carriles de buses en 2009. Asimismo, las autoridades de tránsito noruegas implementaron las placas con las iniciales EL que permitieron identificar a los VE más fácilmente para la supervisión de los beneficios y su visualización en las ciudades.



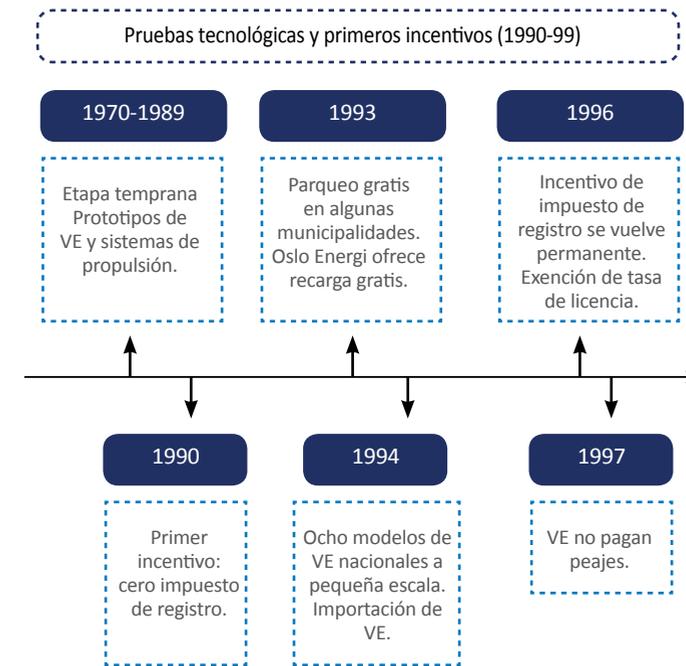
Estaciones de carga rápida de Tesla (Noruega). Foto: Shutterstock.

En octubre de 2007, el gobierno noruego fijó como meta para 2012 que, en promedio, los nuevos vehículos que entraran al mercado solo emitieran 120 g de CO<sub>2</sub>/km. Una de las medidas utilizadas para lograrlo fue el aumento del componente de CO<sub>2</sub> en el impuesto de registro para vehículos más contaminantes.

La crisis de 2008 golpeó a Think y a otras empresas, como Elbil Norge y Miljøbil Grenland, y el sueño de la industria nacional comenzó a desaparecer.

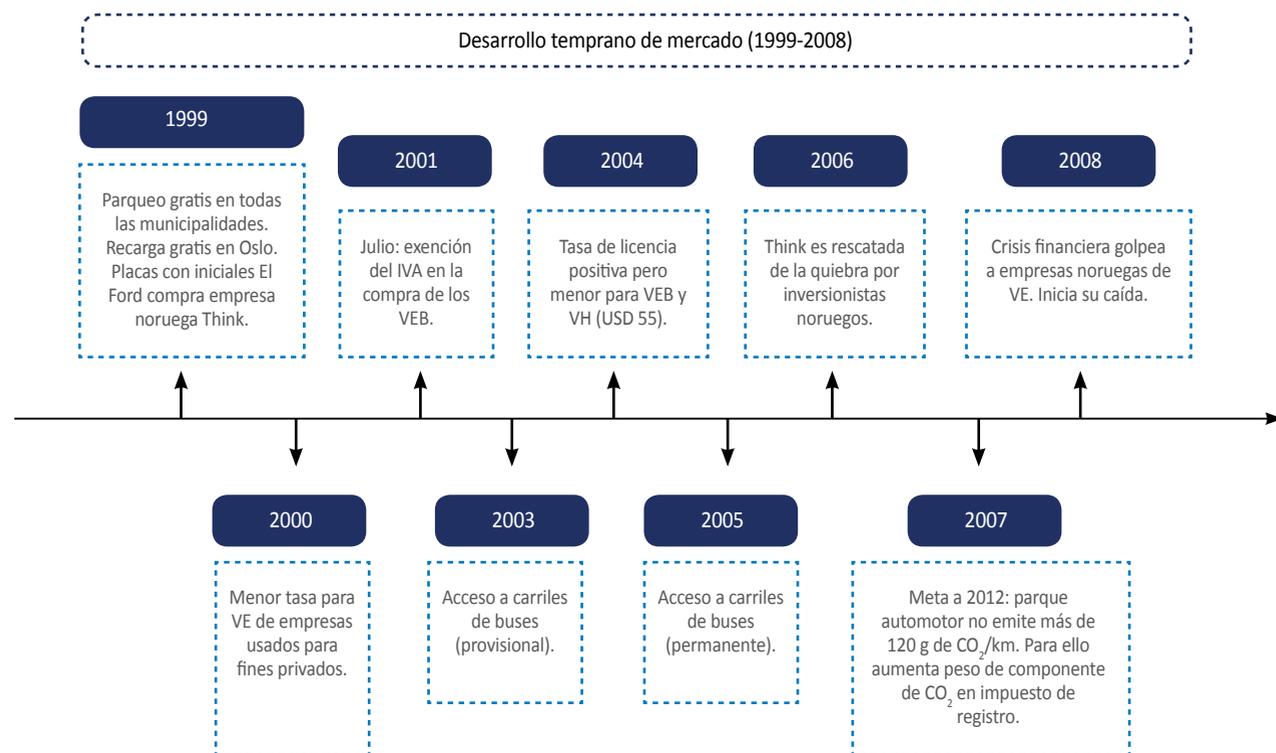
La etapa de introducción al mercado inició en 2009. Las empresas noruegas quebraron entre 2011 y 2012, ante lo cual el gobierno creó Transnova, para apoyar proyectos de prueba, demostración y diseminación de tecnologías eficientes de transporte. Su primer programa importante estuvo relacionado con la instalación de estaciones de carga que permitieron un desarrollo acelerado desde 2010. El desarrollo de infraestructura fue el único nuevo incentivo en esta etapa. Así, los primeros cargadores rápidos ingresaron en 2011, sin necesidad de que los usuarios pagaran al inicio por la recarga de sus vehículos.

**Ilustración 8-2**  
Línea de tiempo de la historia de la electromovilidad en Noruega (1970-1999)



Fuentes: Figenbaum y Kolbenstvedt (2013), Asociación Noruega de Transportes Eléctricos (Norsk Elbilforening)<sup>3</sup> y International Energy Agency (IEA, 2018b). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 8-3**  
Línea de tiempo de la historia de las políticas de electromovilidad en Noruega (1999-2008)



Fuentes: Figenbaum *et al.* (2013), Asociación Noruega de Transportes Eléctricos (Norsk Elbilforening<sup>4</sup>) e IEA 2018. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

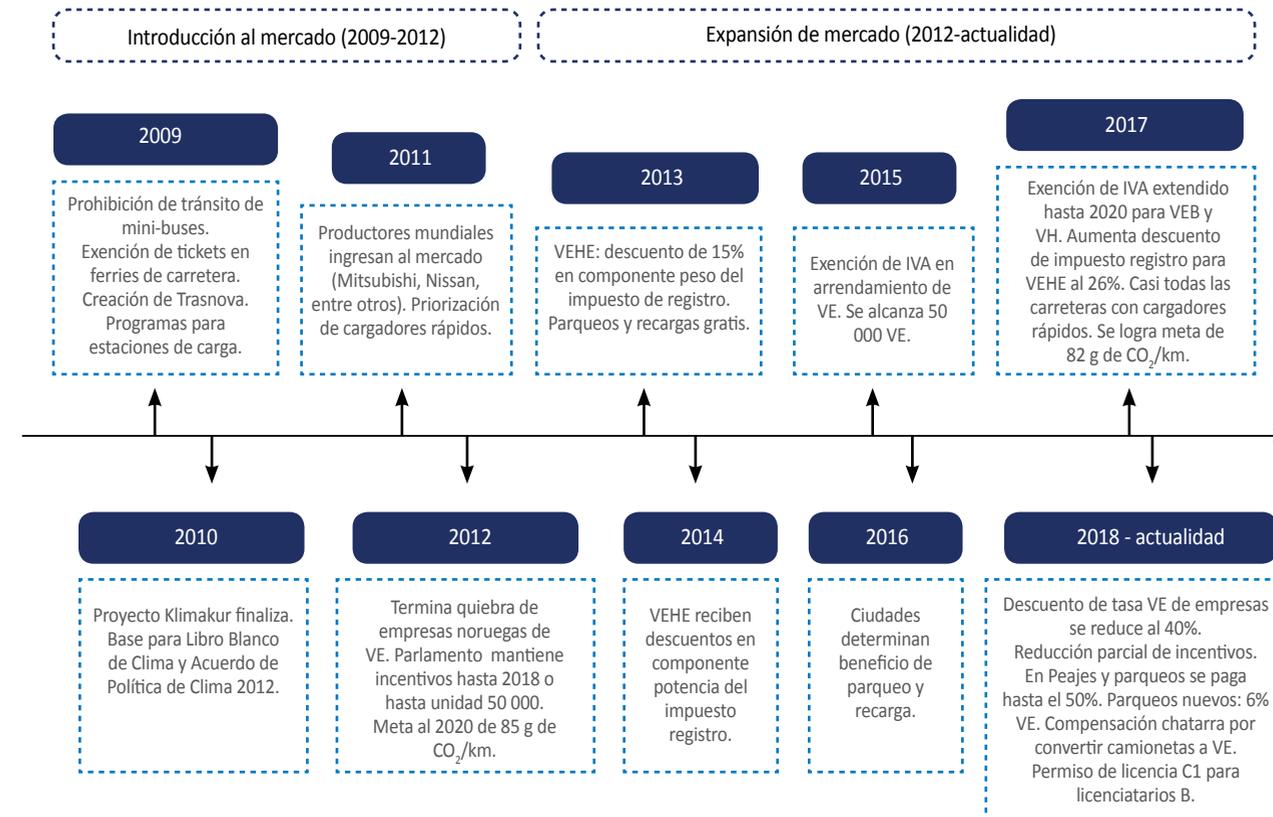
Otro hecho importante de este periodo fue la presión realizada por las empresas de energía a favor de la electrificación del transporte. Estas presentaron en 2009 una propuesta de medidas para alcanzar un 10% de participación de vehículos eléctricos de batería (VEB) y vehículos eléctricos híbridos enchufables (VEHE) en las flotas vehiculares en 2020. Entre esas propuestas se encontraba

un subsidio de 3750 euros (USD 4207) por vehículo, pero no fue aprobado.

Entre 2008 y 2010, varias autoridades de transporte, ambiente y estadísticas, entre otras, trabajaron en el proyecto estatal Klimakur. El reporte final propuso medidas para reducir las emisiones de vehículos de pasajeros que incluían el reemplazo de

vehículos de combustión interna por VEB y VEHE. Según Figenbaum y Kolbenstvedt (2013), a pesar de su quiebra, las empresas noruegas crearon y mantuvieron un mercado interno que se expandió luego de la entrada de fabricantes reconocidos, como Mitsubishi y Nissan. Desde 2011, conocidos productores de vehículos entraron al mercado local de VE, como Tesla en 2013.

**Ilustración 8-4**  
Línea de tiempo de la historia de las políticas de electromovilidad en Noruega (2009-actualidad)



Fuentes: Figenbaum *et al.* (2013), Asociación Noruega de Transportes Eléctricos (Norsk Elbilforening<sup>5</sup>) e IEA (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

La etapa de expansión de mercado inició en 2012. En este año, el parlamento acordó, como parte de su política del clima, mantener los incentivos financieros al menos hasta 2018<sup>6</sup> o hasta que la flota de VE superara las 50 000 unidades<sup>7</sup>; mientras que los incentivos locales, como el parqueo, solo se pueden modificar

consultando previamente con las autoridades locales. Los VEHE ingresaron al mercado en esta etapa, aunque sin contar con los mismos beneficios. No se les exoneró del impuesto de registro ni se les otorgó parqueo gratis, aunque sí se les incrementó la asignación por peso en el cálculo del impuesto de registro, a fin de reducir el precio final. El reporte de Klimakur sirvió

para la elaboración del Libro Blanco sobre el clima y el Acuerdo de Política de Clima de 2012. Estos documentos establecieron una meta de reducción de emisiones por parte de los vehículos privados nuevos de 85 g de CO<sub>2</sub>/km en 2020<sup>8</sup>.



Vehículo eléctrico Yellow Buddy estacionado (Noruega). Foto: Shutterstock.

### 8.1.1. Incentivos implementados<sup>9</sup>

En Noruega, se han implementado medidas e incentivos relacionados a vehículos eléctricos, principalmente, desde los gobiernos central y locales. Algunos de ellos han sido disminuidos recientemente. Las medidas son de tipo económico o no económico y, en la mayoría de los casos, los beneficios son solo otorgados a los VEB (IEA, 2018b).

#### a) Gobierno central

- **Exención de impuesto de registro.** En 1990, se eximió de manera completa y temporal, pero permanente desde 1996, a los VEB y a hidrógeno (VH) del impuesto de registro. Para el caso de los VEHE, los beneficios son los siguientes: se calcula un componente por peso en vacío, emisiones de CO<sub>2</sub>. Este último es negativo y reduce el valor total del

impuesto. Desde 2013, al componente de peso se le realizó una rebaja del 15%, mientras que, en 2017, esta creció al 26% (IEA, 2018b:21). Los VEHE de lujo con potentes motores convencionales han sido penalizados con el componente de potencia de motor, sin embargo, se han aplicado reducciones desde 2014.

- **Menor tasa de vehículos de empresas.** A partir del año 2000, se realizó un descuento del 50% en la tasa a los empleados que usan un vehículo eléctrico de la empresa en la que trabajan para fines privados. En 2018, el descuento fue reducido al 40%.
- **Exención de impuesto al valor agregado.** Se libró del IVA de 25% sobre el precio de venta a los VEB: desde julio de 2001 para compras y desde 2015 para arrendamien-

to. No obstante, el beneficio fue extendido hasta 2020 para VEB y VH (IEA, 2018b:70).

- **Mayor asignación por kilómetro recorrido.** Por cada kilómetro recorrido usando un VE personal para actividades laborales, se asigna 0.52 euros (USD 0.58). Este monto es mayor al otorgado a los vehículos convencionales, 0.50 euros (USD 0.56).
- **Exención y menor tasa de licencia.** Entre 1996 y 2004, los VE estaban exentos de dicha tasa. No obstante, desde 2004, los VE y los VH pagan la menor tasa de USD 55.
- **Placas con señal EL.** Aplicado desde 1999. De esta manera se monitoreaban los vehículos que eran beneficiarios de otros incentivos. Esta política no fue aplicada a los VEHE.
- **Compensación fiscal por el desguace de furgonetas de combustibles fósiles.** Desde 2018 se recibe una compensación por el costo de desguace al transformar una van que funciona con combustibles fósiles en una que utiliza electricidad<sup>10</sup>.
- **Permiso de conducción de furgonetas de diferente licencia de conducir.** Desde 2019 permite a los titulares con licencia de conducir clase B, manejar furgonetas eléctricas clase C1 (camiones ligeros) de hasta 2450 kg.

#### b) Gobiernos municipales y locales

- **Acceso a carriles para buses.** Política implementada temporalmente desde 2003, pero de forma permanente desde 2005. A partir de 2009, se prohibió que los minibuses circulen en dichos carriles. Desde 2016, los gobiernos locales pueden limitar el uso de ciertos carriles

de buses para vehículos eléctricos de uno o más pasajeros, por ejemplo, Oslo lo hace desde 2017 (IEA, 2018b:27).

- **Peajes gratis.** Aplicado desde 1997. Sin embargo, desde 2018 se cobra el 50% o menos de la tarifa normal.
- **Parqueo gratis (y recarga) gratis.** Solo algunos municipios implementaron esta política desde 1993 y el resto desde 1999. Este beneficio es útil donde hay parqueo limitado, cuyo acceso a sus espacios es pequeño y con tiempo limitado de uso. Cuando inició esta política, Oslo Energi también ofreció recarga gratis. En 1997, la municipalidad solicitó ante el Ministerio de Transportes cambiar la normativa para poder aplicar el beneficio en parqueos públicos. Esto fue posible en 1999. En 2013, los VEHE recién pudieron recargar gratis y no pagar parqueo. Sin embargo, en Oslo, si está la señal *Plug-in Hybrid for a Fee*, se debe pagar parqueo. Desde 2016, cada ciudad determina el beneficio. En Trondheim, los VEB pagan el mismo parqueo que un vehículo convencional; en Bergen pagan la mitad y en Oslo, el parqueo y la recarga serán gratis todo 2019 (IEA, 2018b:26). A partir de 2018 se cobra el 50% o menos de la tarifa normal.
- **Exención del pago de ticket en ferries de carretera.** Aplicado desde 2009. Los ferries de carretera son considerados parte del Sistema Nacional de Vías. Pasajeros del VE pagan pasaje. Se justifica porque equivale a un peaje. En 2018, se cobra el 50% o menos de la tarifa normal, dependiendo de la municipalidad.

- **Apoyo a proyectos de investigación en electromovilidad.** Transnova (hoy Enova)<sup>11</sup>, apoya proyectos que busquen sustituir combustibles fósiles en el transporte mediante el uso de fuentes de energía de baja o nula emisión de CO<sub>2</sub>, y que logren una mayor eficiencia energética (menor consumo por km recorrido), entre otros<sup>12</sup>. El Consejo de Investigación de Noruega (CIN) financia proyectos de investigación de electromovilidad y aporta en el desarrollo de modelos de VE, compra o arrendamiento de flotas públicas, entre otros negocios. Por ejemplo, para el Sistema Postal y ciudades y provincias como Oslo, Akershus, Trondheim, Bergen y Nord-Møre.
- **Programas y medidas de desarrollo de estaciones de recarga.** Enova destinó fondos por hasta 50 millones de coronas (MMUSD 6) para el desarrollo de puntos de carga estándar, aproximadamente USD 3600 por punto desde 2009 (IEA, 2018b:52). Además, financia hasta el 40% de costos elegibles de las municipalidades que aún no cuentan con cargadores rápidos (IEA, 2018b:52). Municipalidades como la de Oslo y Akershus han ejecutado programas de subsidios de hasta 10 000 coronas (USD 1145) por punto de carga. Desde 2011, la prioridad es la instalación de cargadores rápidos (tipo CHAdeMO, tipo 2 contact, tipo 2 compo, entre otros). La estrategia Econ. Pöyry de 2012 tuvo como objetivo instalar un cargador rápido por cada 250 VE, principalmente en Oslo y la zona costera occidental.
- **En 2013 se destinaron seis millones de coronas (USD 720 000) para un programa a favor de cargadores rápidos**

Los incentivos en Noruega incluyen medidas fiscales, apoyo a la infraestructura y a la investigación.

que abarcaba todos los costos de instalación (IEA, 2018b:52). Mediante Enova, se incentivó la instalación de cargadores rápidos públicos cada 50 km en o cerca de las vías principales. Entre 2015 y 2017, se expandió en las vías principales de casi todo el país, excepto el norte y las islas Lofoten (IEA, 2018b:52).

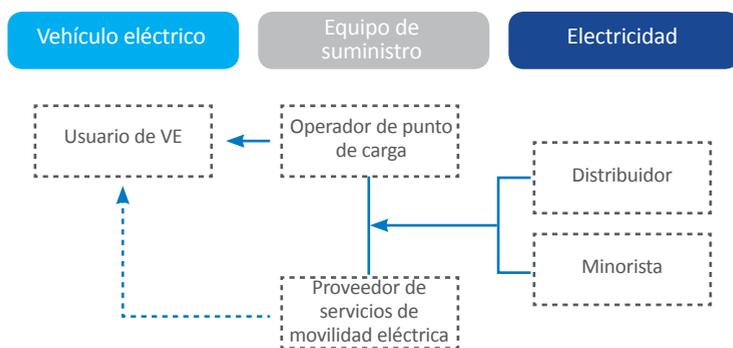
- **Oslo desarrolló su propio Operador de Puntos de Carga (OPC) (ver recuadro 8-1).** Se encargó además de la operación y mantenimiento de los puntos de carga públicos y cubrió la mitad de los costos de la instalación de puntos de carga en clubes deportivos, centros comerciales y parqueos. Otra medida tomada por las autoridades de la ciudad fue mandar la instalación de puntos de carga en la mitad de los estacionamientos de los nuevos edificios por medio de una red con una capacidad para cargar en 3.6 kW todos los vehículos (IEA, 2018b:54).
- A partir de 2018, el gobierno central estableció que, al menos, un 6% de los espacios deben ser asignados para VE en la construcción de playas de estacionamiento y estacionamientos de nuevos edificios (IEA, 2018b:72).

## RECUADRO 8-1

### Operadores de Puntos de Carga en Noruega

Conforme a la información presentada por la IEA (2018b), los OPC se encargan del mantenimiento y operación de los puntos de carga, teniendo como modelo de negocio la compra de energía a proveedores y entrega a los usuarios finales de autos eléctricos.

**Ilustración 8-5**  
Modelo de Operadores de Puntos de Carga



Fuente: IEA (2018b:44). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Además, la mayoría de los OPC también son proveedores de servicios de movilidad electrónica (EMSP, E-Mobility Service Provider). La empresa Fortum (hoy Fortum Charge & Drive) es un ejemplo de EMSP, y es una de las primeras compañías en operar en la región nórdica (IEA, 2018b:44), poseía más de 70 000 clientes en Noruega y más de 1200 cargadores en abril de 2018<sup>13</sup>. Por otra parte, el OPC de Oslo instaló más de 1300 estaciones de carga pública entre los años 2008 y 2017. Sin embargo, el crecimiento de estaciones fue menor al de VE, por lo que enfocó sus esfuerzos en instalar puntos adicionales de carga rápida (22 kW) (IEA, 2018b:54). Cabe mencionar que Fortum Charge & Drive y Grønn Kontakt son las operadoras con mayores puntos de carga rápida en Noruega<sup>14</sup>, teniendo esta última más de 220 estaciones de este tipo<sup>15</sup>. Dichas compañías tienen un modelo de pago para carga rápida: “se paga por minuto e independiente de la cantidad de kWh que reciba el automóvil” (Lorentzen, Haugneland, Bu y Hauge, 2017:6).

### 8.1.2. Iniciativas públicas, privadas y público-privadas

En Noruega también han surgido iniciativas privadas y de colaboración entre entidades públicas y privadas (APP). Los organismos no gubernamentales (ONG) apoyan la electromovilidad con trabajos de mercadotecnia, realizando estudios o apoyando a los usuarios. La Administración de Vías Públicas de Noruega desarrolló el servicio de guía para nuevos vehículos, que brinda información actualizada sobre todos los modelos disponibles en el mercado.

El gobierno ha incentivado el uso de flotas de VE, especialmente buses. Noruega tiene ya una flota de 28 buses eléctricos y Oslo tiene un plan de electrificación de la flota de buses en el que 60% deberán ser eléctricos en 2025 (IEA, 2018b:28-29). La página web de Grønn Bil brinda información de las flotas existentes según variable geográfica, concesionario, marca de vehículo y tipo de propietario. El proyecto Grønn Bil es promovido por las empresas de energía de Noruega y la asociación Zero (Zero Emission Resource Organization) para introducir en el mercado 200 000 VE para el año 2020 (Trip, Lima y Bakker, 2012:25).

Nobil, creada y administrada por la Asociación Noruega del Vehículo Eléctrico, aunque propiedad de Enova, proporciona información sobre las estaciones de carga existentes desde junio de 2010. Además, recientemente se lanzó una aplicación que muestra la ubicación de las estaciones de carga, un servicio que permite reducir las dudas y preocupaciones de los usuarios sobre el rango de operación que puede alcanzar un VE (Lamberth-Cocca y Friedrich, 2016:80).

Move About es el primer mecanismo de *car sharing* del país, operativo desde 2007, cuyo mercado son las empresas de negocios y

usuarios privados. La reserva del vehículo se realiza por Internet. El cliente puede encontrarlo asignado en una playa de estacionamiento específica y acceder a él mediante un SMS.

Electric Mobility Norway es un proyecto en el que participan Enova y Kongsberg Innovation, cuyo objetivo es crear un centro de innovación y conocimiento en la región Kongsberg-Drammen-Oslo (Trip *et al.* 2012:25).

Las empresas constructoras han tomado la iniciativa, en muchos casos sin tener mandatos de autoridades locales de construir edificios nuevos con estaciones de carga para todos los estacionamientos, pues esa disponibilidad les permite cobrar más por cada espacio (IEA, 2018b:53). En marzo 2019, el gobierno

central anunció la implementación de estaciones de carga inalámbricas para taxis eléctricos. El sistema permite que el taxi se estacione encima de una placa y se recargue rápidamente con un receptor instalado debajo del vehículo. De esta manera los taxis se recargan mientras esperan pasajeros<sup>16</sup>.

### 8.1.3. Importancia de los incentivos

Varios estudios han analizado la importancia de los diferentes incentivos. Figenbaum y Kolbenstvedt (2013) citan el trabajo de Econ (2006), quien halla que los incentivos económicos y el acceso a los carriles de buses son los más importantes a la hora de elegir comprar un VE. Asimismo, encontró que el acceso a estaciones de carga también era importante en esa decisión. Otro

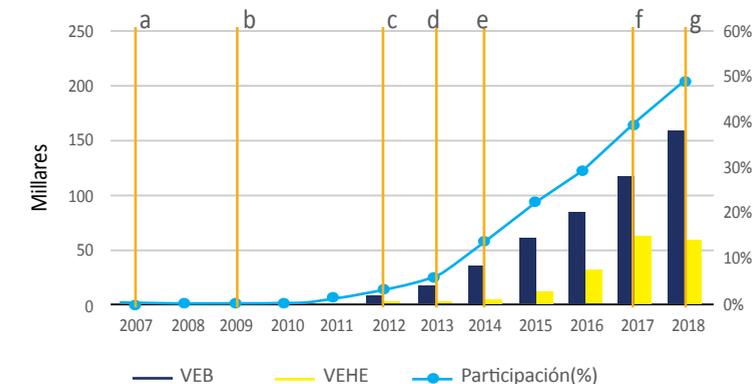
estudio citado es el de Michelin (2013), quien identificó que en Noruega, uno de los motivos para elegir un VE era su menor impacto ambiental (33%), bajos impuestos y costos operativos; mientras que el principal motivo para no adquirirlo era el bajo rango de autonomía.

Estudios más recientes, como el de Mersky, Sprei, Samaras y Qian (2016), encontraron que, a nivel de condados, el número de estaciones de carga tenía una relación positiva con las ventas de VE, aunque no necesariamente causal; mientras que, a nivel municipal, las ventas de VE para uso personal tenían relación positiva con la media de ingreso de los hogares, y las ventas de VE para uso corporativo tenían relación con el número de estaciones de carga.

Bjerkan, Nørbech y Nordtømme (2016), por otra parte, identificaron que la decisión de compra estuvo altamente relacionada con las medidas nacionales, como las exenciones de impuestos al valor agregado y el impuesto a la compra del vehículo. Asimismo, encontraron que incentivos municipales, como la exención del pago de peajes y la reducción del costo de la licencia vehicular tuvieron una importancia alta, pero menor a los incentivos fiscales.

El Nordic EV Outlook 2018 cita la encuesta noruega Elbilisten, donde las respuestas de los encuestados residenciales coinciden con la mayoría de los resultados mencionados en párrafos anteriores (IEA, 2018b:29-31). La importancia de los incentivos también se puede observar en el crecimiento de la adopción de VE en el país y en la infraestructura (cargadores). Los **gráficos 8-1** y **8-2** muestran la implementación de los incentivos utilizados en Noruega y el crecimiento de los VE y de las estaciones de carga, respectivamente.

**Gráfico 8-1**  
Incentivos y crecimiento de VE (2007-2018)



Notas.

Bratzel (2019) reporta que en 2018 se vendieron alrededor de 73 000 VE en Noruega y que los VEB totalizaban el 63% del parque automotor de VE.

a. A 2007, los VE tenían incentivos de exenciones (IVA, Registro, Licencia), parqueo y peaje gratis, entre otros.

b. Prohibición de mini-buses en carriles de buses.

c. Mantenimiento de incentivos hasta 2018 o hasta 50 000 VE.

d. VEHE reciben parqueo y recargas gratis y descuento de componente de peso en impuesto registro.

e. VEHE reciben descuento de componente potencia en impuesto registro.

f. Exención IVA hasta 2020 para VEB y VH. Mayor descuento para VEHE en componente de peso de impuesto de registro.

g. Reducción parcial de algunos incentivos. Reducción de tasa crecimiento.

Fuentes: IEA (2018a, 2018b), Figenbaum y Kolbenstvedt (2013) y Bratzel (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

En particular, se puede identificar que el periodo de expansión del mercado fue precisamente 2012, lo cual coincide con el mantenimiento de todos los incentivos existentes a esa fecha hasta 2018. Asimismo, cabe señalar una ligera disminución en el porcentaje de crecimiento de los VE totales en 2018, lo cual encaja con la reducción de algunos incentivos económicos y no económicos.

**La meta del gobierno Noruego es que, para 2025, los vehículos, camionetas ligeras y buses urbanos sean eléctricos o a hidrógeno.**

Se observa, además, una aceleración del número de cargadores públicos desde 2011. Si se toma en cuenta la tasa de crecimiento, la correspondiente a cargadores rápidos ha sido consistentemente mayor, lo cual coincide con el apoyo del gobierno a este tipo de infraestructura.

#### 8.1.4. Metas

Según el Plan Nacional de Transporte 2018-2029, la meta del gobierno noruego es que, para 2025,

todos los vehículos y camionetas ligeras y buses urbanos vendidos en el país sean eléctricos o a hidrógeno (IEA, 2018b:70). Para 2030, todos los nuevos buses para rutas largas, camionetas pesadas y el 50% de los camiones nuevos serían vehículos de cero emisiones (VEB o VH)<sup>17</sup>. El objetivo es reducir de manera considerable las emisiones de efecto invernadero<sup>18</sup>. Por ello, los vehículos a gasolina y diésel deberán ser híbridos o a biocombustibles durante las primeras etapas<sup>19</sup>.

**La fortaleza de los Países Bajos para el crecimiento de la electromovilidad proviene de sus centros de investigación.**

### 8.2. PAÍSES BAJOS<sup>20</sup>

Países Bajos tiene una industria automotriz pequeña comparada con sus vecinos, Alemania y Francia. Su fortaleza provino de los centros de investigación en tecnologías para vehículos eléctricos e híbridos, como sistemas de manejo, baterías, materiales ligeros y sistemas de transporte automatizado. Estos centros se encuentran en o cerca de Eindhoven, donde colaboran y coordinan con la industria alemana y belga (HEV TCP, 2005:69). Posteriormente, pudieron desarrollar prototipos de vehículos híbridos, como camiones (HEV TCP, 2007:134).

Las políticas del gobierno otorgan una alta importancia a la eficiencia en el consumo energético y la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) para mejorar la calidad del aire. Por ejemplo, hubo dos programas que enseñaron sobre conducción eficiente en energía (eco-conducción) y subsidios a la inversión tecnológica en eficiencia energética del transporte (HEV TCP, 2005:70)<sup>21</sup>.

Hasta principios de la década del 2000 (ver **ilustración 8-6**), las políticas de gobierno estaban centradas en diversos programas de subsidios a la inversión para la oferta de VE y otras nuevas tecnologías. A partir de 2004, el enfoque cambió, y se comenzó a apoyar la generación de demanda. La primera

medida fue la exención del impuesto anual de circulación (HEV TCP, 2005:69-70).

El ingreso comercial de vehículos híbridos eléctricos al mercado, como el Toyota Prius, ocurrió en 2004. Los VEB eran muy escasos y usados por empresas de despacho en grandes ciudades (HEV TCP, 2008:152). El precio, la menor autonomía y el limitado servicio de soporte disponible fueron identificados como barreras para la expansión de los VE (HEV TCP, 2009:162), y continuaron siendo relevantes hasta el despegue del mercado en la década actual (HEV TCP, 2012:134). La mayor atención del mercado estaba en los vehículos híbridos. Los VEHE ingresaron en 2012.

A mediados de 2006, los vehículos híbridos eléctricos obtuvieron un subsidio del gobierno, que se traducía en un descuento de hasta 6000 euros (USD 6731) en el precio de venta al público, el cual aumentó hasta 6400 euros (USD 7180) en 2008 (HEV TCP, 2008:142) y se redujo a 5000 euros (USD 5609) en 2009 (HEV TCP, 2010:217).

Los estímulos fiscales provocaron el cambio de atención hacia vehículos más pequeños, livianos y limpios, lo cual permitió la entrada de los VE posteriormente (HEV TCP, 2011:240). A fines de 2007, el gobierno publicó un documento en el que afirmó que los VE e híbridos encajan con las políticas de ambiente limpio y eficiencia energética (HEV TCP, 2008:158-159). Las políticas eran tres: regulaciones consistentes con las de la Unión Europea (UE), incentivar la demanda de vehículos limpios y eficientes y promover la innovación (HEV TCP, 2010:221).

Por otro lado, desde 2007, las autoridades de las principales ciudades implementaron zonas urbanas ambientales (ZUA), lo que implicó restricciones de acceso de vehículos



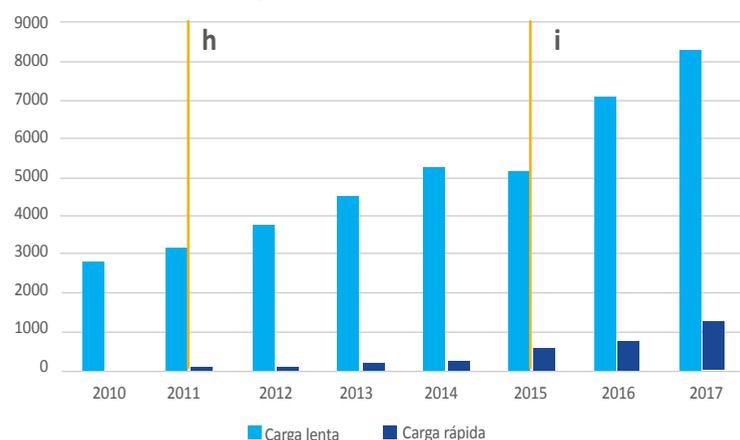
El servicio de transporte público de Amsterdam es eléctrico. Fuente: Shutterstock.

contaminantes para mejorar la calidad del aire en las grandes ciudades (HEV TCP, 2008:154). Desde 2008, los VEHE fueron considerados como un siguiente paso plausible para el mercado neerlandés, siempre y cuando se solucionen algunas barreras técnicas (capacidad de la batería, posibilidad de cubrir la demanda eléctrica adicional, limitaciones técnicas y de infraestructura y la seguridad de conexión a la misma; HEV TCP, 2008:159, 2011:244). Desde ese mismo año, gracias a que el gobierno redujo el impuesto a la renta incremental a los empleados que utilizaban los autos de sus empresas, la venta de VEH aumentó considerablemente, mientras que los VE (VEB y VEHE) seguían sin ingresar al

mercado de forma contundente (HEV TCP, 2009:157, 2010:216, 2011:245).

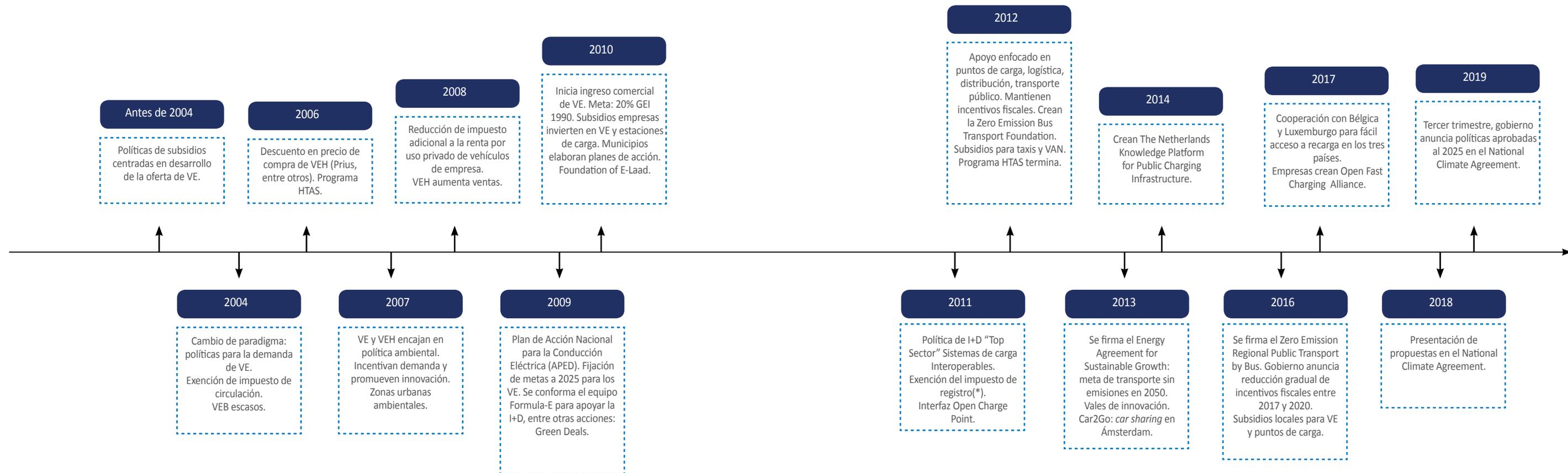
La crisis financiera de 2008 tuvo un impacto fuerte en la venta de vehículos en general. A su vez, se incrementó la atención política hacia los VE y, en concordancia, el gobierno implementó, entre 2009 y 2011, el Plan Nacional de Acción para la Conducción Eléctrica (APED, por sus siglas en inglés), que fijó cuatro etapas para el ingreso al mercado de los VE. La propuesta apoyó proyectos de investigación y aplicación de este tipo de vehículos e infraestructura para desarrollar el mercado. Como parte del plan, el gobierno central contribuyó con hasta 65 millones de euros (MMUSD 72.92) (HEV TCP, 2011:225).

**Gráfico 8-2**  
Incentivos y crecimiento de cargadores públicos (2010-2017)



Notas.  
h. Se prioriza en la política la instalación de cargadores rápidos.  
i. Inicia instalación de cargadores rápidos en las carreteras principales del país.  
Fuentes: IEA (2018a, 2018b) y Figenbaum y Kolbenstvedt (2013). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 8-6**  
**Línea de tiempo de la historia de la electromovilidad**  
**en Países Bajos (2000-2019)**



Fuentes: reportes anuales del HEV TCP-IEA (2005-2019). Elaboración: GPAE-Osinermin.

## RECUADRO 8-2

### Acciones del gobierno central en el marco del APED



Tesla Model S cargando cerca a un canal (Países Bajos). Foto: Shutterstock.

Según HEV TCP (2011) el gobierno central realizó las siguientes acciones:

- Integrar el equipo Fórmula-E con miembros del gobierno y de todas las industrias que permitan el ingreso y crecimiento de la electromovilidad con éxito (investigadores, empresas). Su principal objetivo era desarrollar el mercado interno y remover obstáculos.
- Proyectos de exhibición, I+D, producción de VE y componentes, formar consorcios, coaliciones, políticas auxiliares (fiscal), consumidor de prueba/lanzamiento, infraestructura durante el periodo 2009-2011<sup>22</sup>.
- Introducir los VE al mercado interno facilitado, bajo la coordinación y graduación de la Fórmula-E en base al APED y estudios académicos.

La atención mostrada por el gobierno y el progreso tecnológico permitió el ingreso comercial de los VE en 2010. El gobierno fijó una meta de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 20% para 2020 con respecto a 1990, en concordancia con la UE (HEV TCP, 2011:225). Fueron otorgadas medidas fiscales adicionales, como subsidios a empresas que inviertan en estaciones de carga y VE para transporte comercial. La iniciativa privada en puntos de carga fue importante, pero siempre apoyada por las municipalidades, que también elaboraron planes y opciones de desarrollo.

En 2011, el gobierno aprobó una política para la cooperación en I+D llamada Top Sector para mayor investigación (HEV TCP, 2012:130). Desde ese año, los sistemas de carga han sido interoperables y el gobierno central firmó acuerdos nacionales para adecuarlos a los estándares europeos (HEV TCP, 2016:240). En 2012, el gobierno cambió la ayuda financiera por la asistencia y trabajó con agentes en exhibiciones que permitieran una flota de 20 000 VE en 2015, además de incentivar la expansión de los puntos de carga a 20 000 normales y 100 rápidos (HEV TCP, 2012:135).

La política del gobierno mantuvo los incentivos y se enfocó en apoyar los segmentos de mercado de la logística y distribución, transporte público (buses y taxis), flotas de empresas, negocios y desplazamientos. Se creó la Zero Emission Bus Transport Foundation para impulsar proyectos públicos y privados de despliegue de transporte eléctrico público (HEV TCP, 2013:136).

En 2013, la electromovilidad se incluyó en el Energy Agreement for Sustainable Growth, firmado por 40 organizaciones, cuyo objetivo principal es reducir el consumo de energía en 1.5% y el crecimiento sostenible (HEV TCP,

2014:167). Con respecto al sector transporte, el acuerdo fijó como meta lograr uno sin emisiones en 2050 (HEV TCP, 2015:210). En 2014, el gobierno central anunció variaciones a los incentivos fiscales implementados en los siguientes años. En 2016, manifestó que los incentivos fiscales se centrarían más en los VEB y que, en particular, para los VEHE serían reducidos gradualmente entre 2017 y 2020, hasta alcanzar los mismos niveles de los demás vehículos.

El Ministerio de Asuntos Económicos publicó en 2016 una agenda de políticas a 2020 dentro de su “Visión de la infraestructura de carga para el transporte eléctrico”, donde se incentiva el uso de estándares y protocolos en las estaciones de carga que permitan el acceso a todos (HEV TCP, 2017:251). Ese mismo año, el Ministerio de Infraestructura y Ambiente firmó, junto a 14 autoridades de transporte, el acuerdo sobre Zero Emission Regional Public Transport by Bus (Cero emisiones en el transporte público regional por bus), cuya meta es lograr que para 2025 todos los buses nuevos no emitan GEI.

Según la HEV TCP, la expansión de los VE en Países Bajos se ha originado a partir de las flotas de vehículos de alquiler para empresas, más que por la compra de usuarios domésticos. Asimismo, observa que la infraestructura de puntos de carga continúa siendo una preocupación para el gobierno (HEV TCP, 2017:264). Por ello, junto con autoridades de Bélgica y Luxemburgo, acordaron cooperar entre sí para que los conductores de VE tengan fácil búsqueda y acceso (pago, entre otros) a estaciones de carga en los tres países (HEV TCP; 2018:276).

En una investigación de Price Waterhouse Coopers (PwC), la consultora identificó barreras institucionales para el uso óptimo

de los VE en el país y recomendó mejorar el incentivo para almacenar energía en el VE para uso propio, evitar la doble imposición en el uso de energía y reducir la tarifa de transmisión. En 2018 se presentó el borrador del National Climate Agreement, donde se proponen medidas adicionales para la electromovilidad. En el primer trimestre de 2019, la agencia ambiental del gobierno evaluó los costos de implementación y, para el tercer trimestre, estarán definidas las nuevas políticas hasta 2025 (HEV TCP, 2019:304, 318).

#### 8.2.1. Incentivos implementados<sup>23</sup>

En Países Bajos se implementaron medidas e incentivos relacionados a vehículos eléctricos, sobre todo desde el gobierno central, con apoyo de los gobiernos locales e instituciones técnicas.

##### a) Gobierno central

- **Exención del impuesto anual de circulación, MRB.** Implementada desde 2004 y propuesta de mantenerla hasta 2025, esta medida exime de dicho impuesto a vehículos con cero emisiones. Sin embargo, si las emisiones son menores a 51 gCO<sub>2</sub>/km, los vehículos solo tienen exención del 50% hasta 2020.
- **Exención del impuesto de registro, BPM.** Implementada en 2011<sup>24</sup>. Solo los VEB y VH (cero emisiones) están exentos al 100%. Desde 2013, el impuesto depende de las emisiones de CO<sub>2</sub> (g/km). Los VEHE tienen un descuento con respecto a los convencionales y tres niveles de tarifas relacionadas a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los VEHE con emisiones menores a 50 gCO<sub>2</sub>/Km pagan la mitad. Hay un recargo si el VEHE es con diésel.
- **Bono fiscal para vehículos híbridos eléctricos (Prius).** Aplicado desde 2006.
- **Exención/Reducción del impuesto a la renta adicional para VE de empresas para uso privado.** Implementadas desde 2008 y propuesta de mantenerla hasta 2025. Los VE registrados antes de 2014 contaron con la exención completa por cinco años, mientras que, para los vehículos de bajas emisiones, era parcial (de 14% o 20%, híbridos dependiendo de su eficiencia). Desde 2014, la tasa para VEB es de 4% para los primeros 50 000 euros de precio del vehículo<sup>25</sup>, a partir de los cuales se cobra la tasa general del 22%. Para los VEHE la tasa fue de 15%, luego aumentó a 22%.
- **Subsidios fiscales para empresas que invierten en VE para transporte comercial.** Desde 2010, las inversiones permiten deducir impuestos corporativos y sobre la renta de las empresas<sup>26</sup>. Existe el MIA-VAMIL<sup>27</sup>, un desgravé fiscal para empresarios que invierten en VE y estaciones

Países Bajos tiene como meta que su sector transporte no emita gases de efecto invernadero en 2050.

En 2008, este bono podía alcanzar los 6400 euros, dependiendo de la clasificación energética (emisiones). Desde 2009, no se tiene información del mismo.

de carga. Supone un subsidio de hasta el 36% sobre la inversión. En 2019, los VEB y los VEH tienen subsidio MIA de 27% y 36%, respectivamente, mientras que los VEHE no acceden a él. Los VEH acceden a 75% por VAMIL. Los límites del subsidio dependen del tipo de vehículo (liviano, bus, furgoneta, entre otros).

- **Apoyo a I+D: APED, Green Deals.** Desde 2009, existen múltiples programas de subsidio y asistencia para la investigación y exhibición en la aplicación de la electromovilidad, desarrollo de mercado, entre otros. Por ejemplo, *Green Deals* en parqueo gratis o subsidiado, así como la reducción de barreras para estaciones de carga (reducción de costos e instalación), *Smart grids* y transporte de cero emisiones. Algunos de estos se

enfocan en una región particular (el gobierno central apoya a autoridades locales y la sociedad en general en iniciativas para infraestructura de carga). Entre junio 2015 y julio 2018, el apoyo del gobierno fue condicionado al aporte mínimo de las municipalidades y partes privadas en 500 euros (USD 561) cada uno. Destinó 7.2 millones de euros (MMUSD 8.08) para 10 000 estaciones de carga, con un máximo 300 euros (USD 337) por punto.

- **Subsidios a taxis y pequeñas VAN de baja emisión.** Aplicado desde 2012 hasta 2014 a nivel nacional, pero con vigencia todavía a nivel local. Se otorga un subsidio de 3000 euros (USD 3365) para VEB y 2000 euros (USD 2441) adicionales si se reside en ciudades como Ámsterdam, Arnhem, La Haya,

Rotterdam o Utrecht. Además, algunas regiones mantuvieron esquemas de subsidio y medidas de acceso exclusivo para taxis que usan energía limpia.

- **Vales de innovación.** Se otorgan desde 2013. Por un máximo de 5000 euros (USD 5609), expertos pueden realizar una pregunta de investigación sobre electromovilidad para que sea respondida por universidades y centros de investigación.
- b) Gobierno local**
- **Zonas urbanas de bajas emisiones (ZUA).** Desde 2007 se restringió el acceso de vehículos contaminantes y de menor eficiencia energética a estas zonas.
  - **Subsidio a VE y puntos de carga y otros esquemas de incentivos.** A partir de 2016, La Haya y otras ciudades tienen subsidios y esquemas de incentivos para VE nuevos y de segunda mano, puntos de carga gratuitos en espacios públicos y chatarreo de vehículos convencionales para cambio a VE<sup>28</sup>.

### 8.2.2. Iniciativas públicas, privadas y público-privadas

Uno de los programas de cooperación público-privada en los Países Bajos fue el Public-Private-Co-operation Automotive, posteriormente llamado High Tech Automotive Systems Programme (HTAS). Este fue manejado por la industria nacional con el empoderamiento del Departamento de Asuntos Económicos, Agricultura e Innovación del país entre 2006 y 2012. Centró sus esfuerzos en la innovación tecnológica según las proyecciones de la industria automotriz nacional, y los desafíos y oportunidades de la industria mundial.

En 2009, incluyó un plan de investigación para tecnología de VE (HEV TCP, 2007:132; 2008:155, 2010:218, 2011:230). Los centros de investigación en Eindhoven, agrupados en el Centro de Tecnología Automotor, son ávidos desarrolladores de tecnologías híbridas eléctricas (HEV TCP, 2009:159-160) y eléctricas.

Por otro lado, el gobierno preparó para 2011 una licitación internacional para la compra de VE junto con las empresas del Consorcio Neerlandés para la Licitación de Vehículos Eléctricos (HEV TCP, 2011:227). Esta entidad también busca reducir barreras que permitan a las empresas cambiar sus flotas a VE, compartir conocimiento e incentivar el desarrollo de trenes de potencia (*drivetrain*) (HEV TCP, 2011:244). El APED también colabora en estas tareas mediante aportes para organizar eventos de exposición y pruebas de VE, baterías, entre otros.

Las autoridades locales trabajaron planes y opciones para el desarrollo de la electromovilidad. La mayoría fijaba metas a corto, mediano y largo plazo, por ejemplo (HEV TCP, 2011:235-237):

- Ámsterdam planificó en 2009 instalar 200 estaciones de carga y tener 200 VE en sus calles para 2012, aumentar el número de VE a 200 000 y que todo el parque automotor sea libre de emisiones para 2040.
- 's-Hertogenbosch planificó desde 2011 alcanzar, como mínimo, que el 10% de su parque automotor sea eléctrico para 2020.
- Rotterdam planificó desde 2009 tener 1250 puntos de carga normales y hasta tres rápidos para 2014, así como

tener 200 000 VE en la región y que todo el parque automotor sea libre de emisiones para 2025.

- Utrecht planteó tener 5000 VE y de 300 a 1000 estaciones de carga para 2014.

Asimismo, autoridades regionales y del gobierno central han concertado planes y programas con otras regiones y gobiernos de países de la UE, como por ejemplo la European Green Cars Initiative (HEV TCP, 2012:133). Estas y otras ciudades y regiones también organizaron licitaciones para estaciones de carga públicas donde, en algunas, los ganadores ya no requirieron subsidios del gobierno (HEV TCP: 2013:140, 2017:253, 2018: 277).

Car2Go fue el primer proyecto de desarrollo de transporte público, un *car sharing* en Ámsterdam, y subsidió taxis y vans pequeñas (HEV TCP, 2013:136). En 2017, otras empresas lanzaron ideas similares (HEV TCP, 2018: 279). Asimismo, municipalidades apoyan actualmente proyectos similares con energía solar (HEV TCP, 2019:305).

Las empresas privadas de puntos de carga acordaron en setiembre de 2010 implementar un único "pase de recarga" para ser usado por todos los usuarios del país. Las empresas eléctricas regionales fundaron The Foundation of E-Laad, un plan piloto con el que proyectaron instalar 10 000 estaciones de carga en espacios públicos, financiadas totalmente por sus miembros. Sin embargo, la solicitud de particulares era evaluada previamente por la municipalidad correspondiente. (HEV TCP, 2011:234).

Existe un operador de una interfaz (Open Charge Point Interface) de puntos de carga que permite a todos los operadores acceder

a servicios como información de localización, disponibilidad, precios y cobranzas en tiempo real y acceso móvil, en el marco del acuerdo de interoperabilidad de 2011 (HEV TCP, 2017: 262).

Posteriormente, en 2012, operadores y proveedores de servicios de puntos de carga fundaron la asociación eViolin para apoyar un mercado abierto, garantizar la interoperabilidad y el *eroaming* (HEV TCP, 2013:135).

En 2014 se realizó una licitación para taxis del aeropuerto de Ámsterdam, donde los VE tenían mayor puntuación si no emitían GEI. La ONG Natuur & Milieu fue la primera en tener un servicio de arrendamiento de VE (HEV TCP, 2015:220). Esta institución tiene el proyecto A15 junto a la ONG Friends of the Earth, para construir una autopista sostenible en la que puedan transitar autos compartidos usando energía limpia local (HEV TCP, 2016:241).

También en 2014 se creó la fundación Nationaal Kennisplatform Laadinfrastructuur, NKL (The Netherlands Knowledge Platform for Public Charging Infrastructure), cuyo objetivo es reducir los costos de implementar infraestructura pública mediante proyectos entre las instituciones públicas y privadas que la conforman (HEV TCP, 2015: 214). Varias provincias iniciaron ese mismo año proyectos piloto para el desarrollo de buses eléctricos y a hidrógeno que comenzaron a circular en los años siguientes (HEV TCP, 2015:220).

Empresas de transporte (Hermes) y de venta de bebidas alcohólicas (Heineken Wholesale) han promovido la electromovilidad mediante la implementación de flotas de buses eléctricos públicos y de distribución en 2016, con una instalación de cargadores rápidos o



Furgoneta eléctrica de reparto de mensajería de DHL (Países Bajos). Foto: Shutterstock.

para recarga con paneles solares (HEV TCP, 2017:254). Otras también han aportado al desarrollo de buses públicos y camiones recogedores de basura eléctricos por cuenta propia, como E-Truck Europe y VDL Bus & Coach (HEV TCP, 2018:277).

fuera de punta o recarga bidireccional para balancear la demanda en horas punta (HEV TCP, 2018: 289-290).

### 8.2.3. Importancia de los incentivos

La importancia de los incentivos también se puede observar en el crecimiento de la adopción de VE en el país y en la infraestructura (cargadores). Los **gráficos 8-3 y 8-4** muestran la implementación de los incentivos utilizados en Países Bajos y el crecimiento de los VE y de las estaciones de carga, respectivamente. La HEV TCP considera que los incentivos fiscales han sido los causantes de la fuerte expansión de los VE desde 2012 (HEV TCP, 2013: 138-139).

### 8.2.4. Metas

En el marco del APED, el gobierno determinó etapas de desarrollo de mercado y un número esperado de VE (ver **cuadro 8-1**).

Otras metas son:

- En el marco del Energy Agreement for Sustainable Growth, el gobierno tiene como meta que para 2050 todos los vehículos no emitan GEI (HEV TCP, 2015:211).
- Lograr que solo se vendan vehículos sin emisiones y alcanzar una reducción de

emisiones de GEI de 49% para 2030 (HEV TCP, 2018:275).

- Proporción de vehículos nuevos vendidos eléctricos: para 2020 la meta es del 10% y a 2025, de 50% (HEV TCP, 2017: 252).
- Que en 2020 existan 50 000 autos usados eléctricos y 25 000 nuevos de propiedad particular (HEV TCP, 2017: 252).
- Para 2019, que 32 municipalidades y el Ministerio de Infraestructura y Manejo del Agua logren convertir a VE a los vehículos de transporte de soporte social (HEV TCP, 2019:305).
- Vehículos oficiales eléctricos: el 20% para 2020 y el 100% para 2030.
- Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2020, un 20% respecto de 1990 (HEV TCP, 2011:225).

**Países Bajos tiene como meta que en 2025, el 50% de vehículos nuevos sean eléctricos.**

**En Francia, la producción de VE se llevó a cabo desde la década de 1990 por sus principales productores como PSA Peugeot Citroën y Renault.**

Prius y Prius II, ingresaron al mercado a comienzos del siglo XXI (HEV TCP, 2005: 55-56).

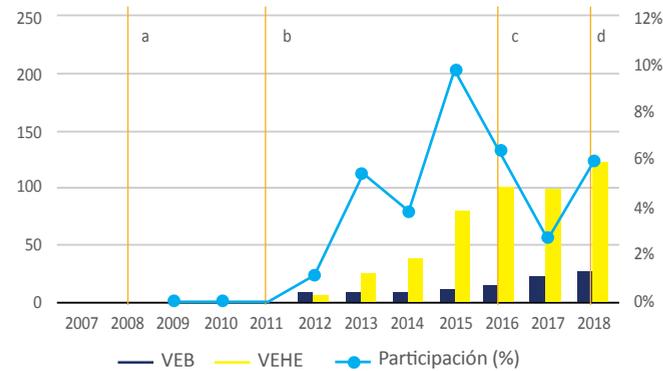
En 2002, distintas autoridades públicas, entre las cuales se encontraba L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (Ademe<sup>31</sup>, Agencia del Ambiente y Gestión Energética), y empresas de transporte, convocaron proyectos para lograr desarrollar 100 buses eléctricos. En 2003, el gobierno lanzó el programa Vehículos Amigables con el Ambiente para la I+D en asociación con los productores, que incluía 40 millones de euros (MMUSD 44.87) más de inversión provenientes del Programa de Investigación e Innovación en Transporte Terrestre (Predit)III (2002-2007), en el que Ademe jugó un rol importante (HEV TCP, 2005: 55).

Con respecto a los incentivos, al fines de 2004, el incentivo existente para la electromovilidad,

aplicado por la Ademe, era la entrega de una prima por la compra de un VE. A partir de 2005, la prima era igual para las comunidades y otros usuarios, pero las pequeñas empresas, tiendas y artesanos recibirían un bono adicional (HEV TCP, 2005: 55).

En 2007 se realizó el Foro del Ambiente (Grenelle de l'Environnement), cuyas conclusiones dieron lugar a un plan de cuatro años con cambios en la política ambiental. Estos incluyeron la meta, relacionada a transporte, de reducir a niveles de 1990 (20%) las emisiones para 2020 y, en particular, de 176 a 130 gCO<sub>2</sub>/Km las del parque automotor; la I+D, e incentivos a los VE (por ejemplo, el sistema bonus-malus, que será explicado más adelante) (HEV TCP, 2008:130, 2009:137). Parte de la estrategia inicial fue estudiar el sistema de transporte en general y buscar formas más eficientes de movilidad junto a la infraestructura necesaria, para que luego la I+D se enfoque en alcanzar la meta Factor 4<sup>32</sup>, que busca reducir en cuatro veces las emisiones de GEI para 2050 (HEV TCP, 2010:190, 2011:190). En 2009, el gobierno francés aprobó un programa de 14 puntos para activar en 2010, e incluía ayuda a la inversión en electromovilidad para la industria automotriz local, incentivar su I+D en VE y VEH y reducir barreras de despliegue (HEV TCP, 2010:183-185).

**Gráfico 8-3**  
Incentivos y crecimiento de VE (2008-2018)

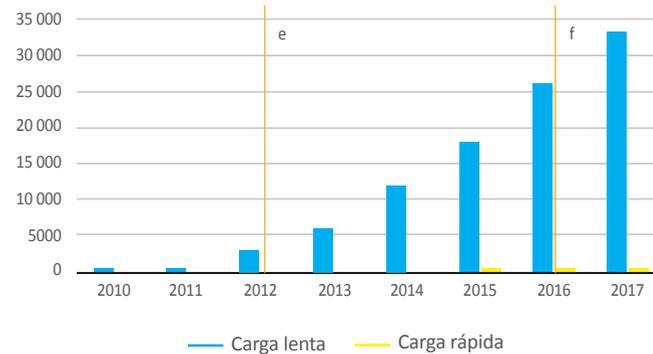


Notas. Bratzel (2019) reporta ventas de 27 000 VE en 2018 en Países Bajos. Se asumió que la participación de los VEB y VEHE se mantuvo con respecto a 2017.

- a. Reducción de impuesto por uso privado de vehículos de empresas.
- b. Exención de impuesto de registro (fecha disponible más antigua).
- c. Gobierno anuncia que definitivamente reducirá incentivos fiscales a partir de 2017.
- d. Borrador National Climate Agreement propone mantener incentivos fiscales hasta 2025.

Fuentes: IEA (2018a) y Bratzel (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 8-4**  
Incentivos y crecimiento de cargadores públicos (2010-2017)



Notas.

e. Apoyo enfocado en puntos de carga.

f. Se incrementan los subsidios locales de puntos de carga

Fuentes: IEA (2018a) y Bratzel (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 8.3. FRANCIA<sup>29</sup>

Francia comenzó a desarrollar los primeros vehículos eléctricos ligeros en 1993<sup>30</sup>. La producción de VE ya existía en la década de 1990 y estaba a cargo de sus principales productores automotrices (PSA Peugeot Citroën y Renault). Asimismo, la Société des Véhicules Électriques (SVE, Sociedad de Vehículos Eléctricos) desarrollaba nuevos modelos. Los vehículos híbridos, como el

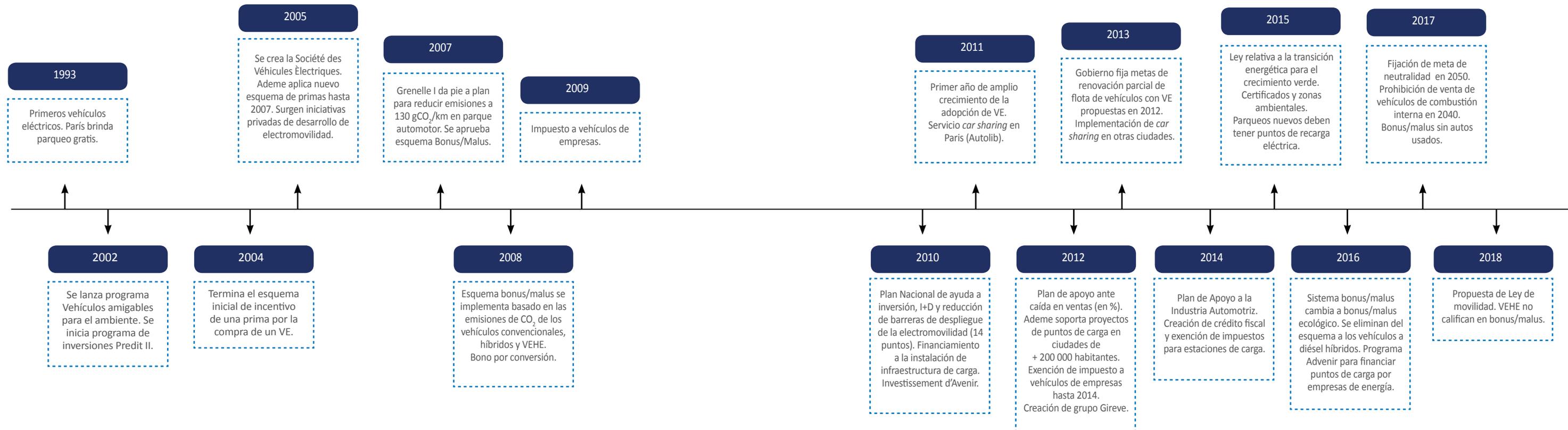
**Cuadro 8-1**  
Metas fijadas en el APED

Años	Desarrollo de mercado	Número esperado de VE	Etapas
2009- 2011	Investigación	< 100 a <1000	Inicio
2012- 2015	Escalamiento	15 000 a 20 000	Implementación
2015- 2020	Despliegue continuo	200 000	Consolidación
2021	Maduración	1 300 000 en 2025	Reducción

Nota. En 2015 se alcanzó los 90 000 (HEV TCP, 2016: 233).

Fuente: HEV TCP (2011). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 8-7**  
**Línea de tiempo de la historia de la electromovilidad en Francia**  
**(1993-2018)**



Fuentes: reportes anuales del HEV TCP (2005-2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Asimismo, fijó una meta de VE y puntos de carga en 2020. Por otra parte, los fabricantes de VE y los de baterías coordinaban sus desarrollos de vehículos híbridos y baterías (HEV TCP, 2010: 193-197) en relación a las tendencias del mercado centradas en la movilidad en áreas urbanas y las necesidades ambientales, adaptación de vehículos a modelos de negocio, como los alquileres y *car sharing*, así como el desarrollo de materiales y diseños que permitan reducir el consumo energético (HEV TCP, 2010:198; 2011:195).

En 2011, se inició la expansión de los VE en el país gracias a los fabricantes, compras del gobierno y el servicio Autolib de París<sup>33</sup>. Sin embargo, 2012 se caracterizó por bajas ventas, lo cual fue enfrentado con un plan de apoyo del Ministerio de Recuperación Productiva. Por otro lado, el señalado

ministerio encargó a la Ademe el soporte a proyectos de instalación de puntos de carga en las grandes ciudades de más de 200 000 habitantes (HEV TCP, 2013:115).

En 2014, el gobierno francés aprobó el Plan de Apoyo a la Industria Automotriz, centrado en el desarrollo de los mercados de VEB y VEHE, lo cual reforzaba la política industrial que fomenta la instalación de los puntos de carga desde 2013. Asimismo, la entonces ministra de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía, Ségolène Royal, propuso una ley para reducir el consumo de energía en un 50%, disminuir el uso de energía fósil y nuclear en un 30% en 15 años, instalar siete millones de puntos de carga a 2030 y otorgar un premio por el cambio de un vehículo viejo a diésel por uno eléctrico (HEV TCP, 2015:171). Además, se creó un crédito fiscal

y una exención de impuestos y se actualizó la Guía Técnica Nacional para el desarrollo de infraestructura de carga para VEHE (HEV TCP, 2015: 173-175). Por otra parte, la UE decretó en 2014 que todos los puntos de carga públicos nuevos instalados deben permitir a cualquier usuario recargar su vehículo sin necesidad de contrato con el proveedor de energía u operador. Francia aprobó un decreto acorde en 2017 (Auverlot, Meilhan, Mesqui y Pommeret, 2018)<sup>34</sup>.

En 2015, el parlamento francés aprobó la Loi Relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (Ley relativa a la transición energética para el crecimiento verde). Los planes asociados a ella sirven de herramienta para alcanzar las metas ambientales del país, lo cual incluye el desarrollo de transporte limpio (flotas de buses y vehículos de bajas emisiones), acceso universal a VEHE y siete millones de estaciones de carga para VE en 2030. La ley abrió la posibilidad de utilizar medidas como registros de VE diferenciados, carriles para buses, taxis y vehículos de uso compartido (*car pool* y *car sharing*) (HEV TCP, 2016: 194-196).

En 2017, el ministro para la transición ecológica e inclusiva presentó un plan climático cuyo objetivo es la neutralidad carbonífera en 2050, para lo cual busca prohibir la venta de vehículos de combustión interna en 2040 (Auverlot *et al.*, 2018).

A fines de 2018, el ministro de ecología y la ministra de transporte presentaron al Consejo de Ministros francés la Ley de Movilidad, que busca solucionar problemas en zonas rurales, afrontar los problemas ambientales, financiar proyectos de infraestructura y aprovechar la innovación y nuevas prácticas (HEV TCP, 2019: 251).



Carros de Autolib, servicio francés de alquiler de vehículos eléctricos. Foto: Shutterstock.

### 8.3.1. Incentivos implementados<sup>35</sup>

#### a) Gobierno central

- **Crédito fiscal - subsidio a compra de VE.** Entre 2005 y 2007, la Ademe aprobó una lista de VE a los cuales se les daba un crédito fiscal/subsidio de compra de 2000 o 3000 euros (USD 2244 - 3366), para las 200 primeras unidades, dependiendo de si la carga útil era menor o mayor a 500 kg y si la operación incluía deshacerse de un auto de 1997 o anterior a él. Para VE livianos y de pasajeros, un máximo de 1000 unidades fue subsidiado con 3200 euros (USD 3590).

- **Sistema bonus/malus.** Bonos e impuestos emitidos desde 2008 y basados en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Son revisados anualmente, restringiendo los rangos de emisiones de CO<sub>2</sub> y los tipos de vehículos que califican. En 2016, fue rebautizado como bonus/malus ecológico. Desde 2017 ya no califican los autos usados, excepto los alquilados por varios años; y, desde 2018, los VEHE. El bono es aplicable para particulares y profesionales de empresas para la compra o alquiler por dos años de nuevos:

- i) VE de pasajeros, vans o especializados que emiten menos de 20 gCO<sub>2</sub>/Km. Reciben hasta el 27% del costo de compra (IVA y alquiler de batería), pero un máximo de 6000 euros (USD 6731).

- ii) Vehículo de dos o tres ruedas o cuadríciclos de motor eléctrico que tienen una potencia neta máxima no menor a 3 kWh y su batería no es de ácido sólido. Reciben hasta 1000 euros (USD 1122) o hasta 27% del costo de compra.

- iii) Vehículos del literal anterior, pero

con potencia máxima menor a 3 kWh. Reciben 100 euros (USD 112).

Con respecto al impuesto (malus), en 2017, el rango del mismo fue entre 50 y 10 500 euros (USD 56 – 11 768).

- **Bono por desecho – Premio de conversión.** Implementado en 2008, es un incentivo asociado al bonus-malus que otorga un bono por el desecho de un vehículo antiguo y/o contaminante. En 2014 se cambió el nombre por “premio de conversión”. Las condiciones en las que debían encontrarse los vehículos desechables y las condiciones del bono según la situación impositiva de los hogares cambiaron en el tiempo (ver condiciones del 2018 en el recuadro 8-3).

- **Préstamos de salvataje.** Vigente entre 2009 y 2014, el gobierno prestó 7.5 mil millones de euros (MMUSD 8.41) a los grandes productores de vehículos franceses (Renault, Renault Trucks y PSA Peugeot-Citroën) para evitar que cierren plantas o despidan personal ante la crisis financiera y fabriquen vehículos de bajas emisiones. Los préstamos tuvieron una tasa baja de 6% por cinco años.

- **Plan Nacional de 14 puntos del Ministerio de Ecología, Energía, Desarrollo Sostenible y el Mar.** Entre 2010 y 2015, algunas medidas fueron tomadas a partir de la ley Grenelle II<sup>36</sup>, como:

#### i. Económicas

- Proyectos de infraestructura convocados en 2010 por Ademe que apoyaban a tecnología de recarga y vehículos recargables por 70 millones de euros (MMUSD

Desde 2008, Francia usa un sistema de bonos e impuestos basado en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos.

78.53). Asimismo, se estableció una guía para nuevas soluciones de movilidad en base a nuevas tecnologías para luego convocar nuevos proyectos por 25 millones de euros (MMUSD 28.05).

- Renault abriría una planta para baterías de litio con la Comisión de Energía Atómica con inversión de 625 millones de euros (MMUSD 701.13) y una capacidad de, al menos, 100 000 baterías al año. Otras empresas, como Bolloré, también tenían proyectos similares.

- Subvenciones de 5000 euros (USD 5609) para vehículos con emisiones de hasta 160 gCO<sub>2</sub>/Km hasta 2012. Híbridos con emisiones de hasta 135 gCO<sub>2</sub>/km recibían 2000 euros (USD 2244).

- Apoyo a las municipalidades para el despliegue de puntos de carga: 13 de ellas tenían planes.

- Apoyo de 1.5 mil millones de euros (MMUSD) y en organización al despliegue operacional de infraestructura pública.

## ii. No económicas

- Empresas e instituciones públicas se comprometían a adquirir VE con autonomía mayor a 150 km, con el objetivo de alcanzar las 100 000 unidades en 2015.
- Puntos públicos de carga estándar.
- Construcción de edificios de oficinas y hogares con sistemas de recarga obligatorios en 2012 y puntos de recarga obligatorios en los edificios de oficinas en 2015.
- Apoyo a la instalación de sistemas de recarga en condominios.
- Cumplir los estándares de carga europeos.
- Generación eléctrica limpia para recargar VE.
- Reúso y reciclaje de baterías y materiales para baterías.
- **Impuesto a vehículos de empresas, exención.** Política basada en las emisiones de CO<sub>2</sub> e iniciada en 2009. Se cobró desde dos euros (USD 2.24) por cada gCO<sub>2</sub>/Km a los vehículos que

emitían hasta 100 gCO<sub>2</sub>/Km; y hasta 19 euros (USD 21) por cada gramo a los que emitían más de 250 gCO<sub>2</sub>/Km. En 2012, los vehículos que emitían menos de 50 gCO<sub>2</sub>/Km, incluyendo los VEB y VEHE, fueron exentos en su totalidad del impuesto. Para los híbridos que emitían menos de 110 gCO<sub>2</sub>/Km, la exención fue del 50% y por dos años.

- **Apoyo a la instalación de infraestructura de carga.** Entre 2010 y 2015, en el marco del Plan Nacional, el gobierno central financió el 50% de los costos de instalación de los puntos de carga públicos a los gobiernos locales. Esta política formó parte del programa Investissement d'Avenir, encargado a la Ademe.
- **Compras de VE, renovación de flota.** En 2012, se decidió que el 25% de las compras de vehículos del gobierno fueran híbridos o VE. La decisión fue confirmada en 2013. En 2015, al menos el 50% de la renovación de flotas de instituciones estatales debía ser con VE o vehículos de bajas emisiones. Para autoridades locales y empresas públicas debía ser el 20%.
- **Crédito fiscal y exención para estaciones de carga.** Implementados en 2014, el

crédito fiscal reducía en un 30% el costo de compra e instalación de un sistema de carga para VE, especialmente para ciudadanos que viven en condominios y edificios. Mientras que la exención fiscal era otorgada a operadores privados que construyen, operan y mantienen puntos de carga en espacios públicos de al menos dos regiones del país.

- **Paneles de señalización.** En 2014, fueron implementados paneles para ubicar y acceder más fácilmente a estaciones de carga a nivel nacional.
- **Certificados ambientales.** Es un certificado que clasifica al vehículo según sus condiciones amigables con el ambiente. Brinda beneficios como privilegios en parqueo y tráfico, así como poder entrar a los “zonas de bajas emisiones” en ciudades. Esta medida fue instaurada en 2015.
- **Zonas ambientales en ciudades.** Desde 2015, las autoridades locales pueden restringir el tráfico en áreas con mala calidad del aire, exigiendo, por ejemplo, que el vehículo tuviese un certificado de calidad de aire. Se busca ayudar mediante la Ley de Movilidad, a que las grandes ciudades definan estas zonas, especialmente aquellas con exceso de polución recurrente.
- **Parqueos eléctricos nuevos.** Desde 2015, los nuevos parqueos y los parqueos en renovación deben instalar puntos de recarga.

### c) Gobierno local

- Estacionamientos gratis para VE. Medida implementada en 1993, siendo París la primera ciudad en hacerlo<sup>38</sup>.

En Francia, durante la crisis financiera, el gobierno apoyó a la industria automotriz mediante préstamos de salvataje.

De forma similar a los Países Bajos, las ciudades francesas también pueden restringir el tráfico por motivos ambientales.

## RECUADRO 8-3 Premio por conversión 2018

De acuerdo con HEV TCP (2019), en 2018 las condiciones del premio por conversión eran las siguientes.

- Los vehículos a ser desechados debían ser de pasajeros o vans con un peso no mayor a 3.5 toneladas y:
  - Si lo desechaba un profesional o un hogar gravable, el vehículo podía ser a diésel registrado hasta 2001 o a gasolina registrado hasta 1997.
  - Si lo desechaba un hogar no gravable<sup>37</sup>, el vehículo podía ser a diésel registrado hasta 2006 o a gasolina registrado hasta 1997.
- El premio dependía del vehículo a ser comprado:
  - VEHE que emite menos de 122 gCO<sub>2</sub>/km o un convencional usado con certificado ambiental de nivel 1: 1000 euros (USD 1122) para un hogar gravable y 2000 euros (USD 2244) para uno no gravable.
  - VE nuevo: 2500 euros (USD 2805).
  - VEB o VEHE usado: 1000 euros (USD 1122) para un hogar gravable y 2500 euros (USD 2805) para uno no gravable.
  - Vehículo convencional con certificado ambiental de nivel dos que emite menos de 122 gCO<sub>2</sub>/km: 2000 euros (USD 2242) para un hogar no gravable.
  - Vehículo nuevo de dos o tres ruedas o cuadríciclo: 100 euros (USD 112) para un hogar gravable y 1100 euros (USD 1234) para uno no gravable.
  - Se otorgaban 4000 o 5000 euros (USD 4487 – 5609) para personas no gravables cuyos lugares de empleo se encontraban a más de 30 km de sus hogares o que viajaban más de 12 000 km anuales por razones profesionales.

### 8.3.2. Iniciativas públicas, privadas y público-privadas

La SVE es una de las más influyentes y activas instituciones en la I+D para electromovilidad. En 2005 entregó una primera flota a la Oficina Postal Francesa y otros usuarios, como proyecto experimental para validar nueva tecnología (HEV TCP, 2006: 96-98). A partir de esto, la referida oficina decidió implementar un plan de cinco años para reemplazar la mayor parte de su flota de 48 000 vehículos por VE (HEV TCP: 2007: 108). En 2007 intentó licitar un contrato por 500 van eléctricas y 9500 más en cinco años (HEV TCP, 2008:142) en respuesta al éxito del proyecto piloto de la SVE y Ademe en Burdeos y París, pero derivó en una solicitud de cinco VE para pruebas (HEV TCP, 2009:141).

Grupos de empresas también desarrollaron VE (Bolloré, entre otras) (HEV TCP, 2006: 96-98), baterías y súper condensadores (empresa BatScap), elaboraron programas de desarrollo industrial quinquenales para VEH hasta 2010 (PSA Peugeot Citroën) o programas de desarrollo conjunto con productores extranjeros (Renault y Nissan, Electricité de France (EDF) y Toyota (VEHE)) (HEV TCP, 2007:108, 112; 2008:133-136; 2009:138-140).

En 2005, las iniciativas de I+D aumentaron: segundo grupo de propuestas en el marco del Plan de I+D para vehículos limpios y energéticamente eficientes (Plan Véhicule Propre et Économe en Énergie, VPE<sup>39</sup>), en vigor desde 1990 (HEV TCP, 2006: 99). En 2006, el VPE recibió 19 proyectos, continuando con la fortaleza del sector I+D (HEV TCP, 2007: 107-108). En 2008, la empresa Johnson Controls-Saft Advanced Power Solutions abrió su fábrica de baterías de iones de litio para VEH, VEHE, VH y VEB. La Agence Nationale

de la Recherche (ANR, Agencia Nacional de la Investigación) lanzó el programa de Véhicules pour les Transports Terrestres (VTT, Vehículos para los Transportes Terrestres) para suplir el periodo de tiempo mientras iniciara el programa Predit IV.

En 2009, la Ademe otorgó 57 millones de euros (MMUSD 63.94) a 11 proyectos de vehículos de baja emisión y sistemas de transmisión eléctricos y en 2010 otorgó 50 millones de euros (MMUSD 56.09) más a otros proyectos seleccionados (HEV TCP, 2010: 190). El mismo año, los fabricantes franceses se comprometieron a producir y entregar 700 000 VE en 2015, mientras que empresas e instituciones representativas, como France Télécom, EDF o Air France, se comprometieron a comprar inicialmente 50 000 VE.

En 2010, el gobierno coordinó la instalación de una red de puntos de carga estándar para VE con un grupo de trabajo que incluía empoderar a los gobiernos locales, identificar y señalar parqueos exclusivos para VE, construir e instalar puntos de carga en zonas públicas y en inmuebles multifamiliares a pedido de los habitantes (HEV TCP, 2011: 182).

Asimismo, creó el programa Investissements d'Avenir (Inversiones para el futuro) bajo el marco del Plan Nacional de Préstamos para la demostración y validación de nuevas tecnologías para su comercialización", así como para enfrentar los potenciales problemas y obstáculos tecnológicos, socioeconómicos y organizacionales. Ademe fue seleccionada como encargada de varios proyectos para el desarrollo de nuevos vehículos con un presupuesto de mil millones de euros (MMMUSD 1122) (HEV TCP, 2011:183, 193). Por otra parte, alianzas de empresas privadas investigaron nuevos mecanismos de enchufes y cargadores estándar, baterías y modelos de VEHE (HEV TCP, 2011:185-189).

En 2011 se llevaron a cabo pruebas de flotas de VEHE en puntos de carga en ciudades y zonas elegidas. Por ejemplo, el proyecto Crome en Estrasburgo (Alsacia) y zonas vecinas de Alemania (Mannheim, Karlsruhe y Stuttgart) y la flota de prueba Seine Aval Véhicule Électrique (Vehículo Eléctrico Sena Aval) en la región de Yvelines (HEV TCP, 2012:104). Ese año, el gobierno central solicitó cerca de 19 000 VE para entidades estatales a PSA y Renault para incentivar el mercado local (HEV TCP, 2012:105). Por otra parte, la Ademe convocó a instituciones públicas, gobiernos regionales, empresas eléctricas y otros interesados para brindar opciones competitivas a la construcción de la red nacional de VE y estaciones de carga junto con alternativas de sistemas de precios. La convocatoria duró desde 2011 a 2013 (HEV TCP, 2012:107). En total, ocho proyectos fueron financiados con un total de 54 millones de euros (MMUSD 60.58) (HEV TCP, 2013:117).

En 2012, el gobierno se comprometió a que el 25% de las compras de vehículos fueran híbridos o VE y que instalarían

puntos de carga en los estacionamientos de sus instituciones. Asimismo, incentivó a los gobiernos locales a seguir su ejemplo (HEV TCP, 2013:112). Por otra parte, empresas como la EDF, PSA, Renault y la Caisse des Dépôts et Consignations (Fondo de Depósitos y Consignaciones) conformaron el Groupement pour L'itinérance des Recharges Électriques de Véhicules (Gireve, Grupo para la itinerancia de recargas de vehículos eléctricos) para armonizar la ubicación de los puntos de carga, desarrollar una base de datos, lograr la interoperabilidad entre los puntos, así como acceso en tiempo real, entre otros (HEV TCP, 2013:115; 2014:134).

A 2013, diversos programas de *car sharing* estaban implementados en París (Autolib), Lyon, Burdeos y Niza. Empresas como Renault y Bolloré se unieron para hacer lo mismo en otras regiones (HEV TCP, 2014:134). Por otro lado, en la política industrial francesa se incluyeron los planes de despliegue de puntos de carga de la llamada misión Hirtzman junto a los 50 millones de euros (MMUSD 56.09) destinados a tal fin mediante el programa Investissements d'Avenir (HEV TCP, 2014:141).

En 2015 y 2016, el programa Advenir obligó a las empresas de energía a financiar en proporción a sus ventas, ahorros de energía con la compra de un certificado de ahorro de energía, la compra a agentes no obligados o pagar una sobretasa al Estado. El objetivo era obtener 15.6 millones de euros (MMUSD 17.5) para instalar 12 000 estaciones de carga privadas para VEHE (hogares y empresas). La empresa EDF financió 9.75 millones de euros (MMUSD 10.94) (HEV TCP, 2016:199, 2017:209). En 2017, el programa cubría entre 40% y 50% del costo de materiales e instalación de puntos de carga para residencias colectivas y negocios (HEV TCP, 2018:234).

### 8.3.3. Importancia de los incentivos

La importancia de los incentivos también se puede observar en el crecimiento de la adopción de VE en el país y en la infraestructura (cargadores). Los gráficos 8-5 y 8-6 muestran la implementación de los incentivos utilizados en Francia y el crecimiento de los VE y de las estaciones de carga, respectivamente.

### 8.3.4. Metas

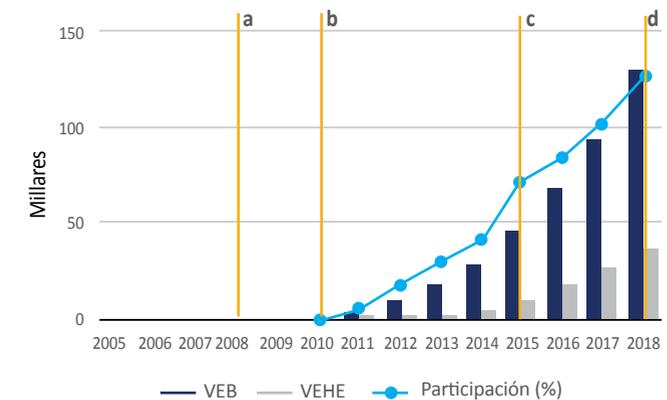
En 2007, el país tenía la meta de reducir en 20% las emisiones del sector transporte para 2020 y alcanzar los niveles de 1990, así como de reducir en 75% las emisiones de GEI para 2050

(meta Factor 4) (HEV TCP, 2008:130, 2009:137, 2010:190). En 2009, el ministro de energía anunció la meta de dos millones de VE y 4.4 millones de puntos de carga (cuatro millones privados) para 2020 (HEV TCP, 2010:185; 2012:103). En 2015 se fijó como objetivo llegar a 2025 con todos los vehículos de transporte público de bajas emisiones, lo mismo se debe cumplir para el 10% de las flotas de empresas privadas de taxi, vehículos de transporte y de alquiler (HEV TCP, 2016:196). Para 2050, el gobierno francés busca la neutralidad carbonífera, para lo cual trata de prohibir la venta de vehículos de combustión interna en 2040 (Auverlot *et al.*, 2018).

## 8.4. ALEMANIA

A lo largo de los años, Alemania ha sido uno de los países que se ha mantenido a la vanguardia en la industria automotriz. Según la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA, por sus siglas en inglés), durante 2018 ocupó el quinto lugar en producción de vehículos, por debajo de China, Estados Unidos e India. India desplazó a Alemania en 2018, debido a que en este último país hubo una caída de 9.3%, al pasar de 5 645 584 vehículos producidos en 2017 a 5 120 409 en 2018. Los principales productores de vehículos en Alemania son Daimler, BMW

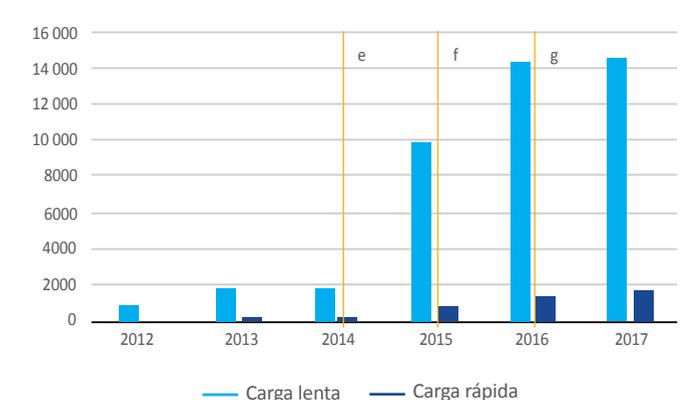
Gráfico 8-5  
Incentivos y crecimiento de VE  
(2008-2018)



Notas. Bratzel (2019) reporta ventas de 46 000 VE en 2018 en Francia. Se asumió que la participación de los VEB y VEHE se mantuvo con respecto a 2017.

- a. Sistema bonus/malus y Bono de conversión.
- b. Plan Nacional de Ayuda a la Inversión. Programa Investissement d'Avenir.
- c. Creación de certificados y zonas ambientales.
- d. Sistema de bonus/malus ya no acepta VEHE ni autos usados.

Gráfico 8-6  
Incentivos y crecimiento de  
cargadores públicos (2012-2017)



- e. Creación de crédito fiscal y exención de impuestos para estaciones de carga.
  - f. Parqueos nuevos deben tener puntos de recarga.
  - g. Programa Advenir para financiar puntos de carga por empresas de energía
- Fuentes: IEA (2018a) y Bratzel (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**El gobierno francés apoya proyectos privados y de autoridades locales para el desarrollo de la electromovilidad.**

y el Grupo Volkswagen, que tienen a su cargo marcas como Audi y Porsche. Sin embargo, según Altenburg, Schamp y Chaudhary (2015), las marcas alemanas producen mayores emisiones de CO<sub>2</sub> en promedio que la mayoría de sus principales competidores. Es por eso que este país ha venido realizando esfuerzos para posicionarse como líder en el campo de la movilidad eléctrica.

La electromovilidad en Alemania comenzó con la fabricación de bicicletas eléctricas por parte de la empresa Heinzmann GmbH & CO. KG mediante su marca Estelle. Estas tenían opciones de paquete de baterías que incluían capacidades de 36 V NiCd (níquel-cadmio) y NiMH (hidruro de metal de níquel) y otorgaban 250-500 W de potencia. Sin embargo, para 2008, la compañía había

anunciado la inclusión de sistemas de baterías de iones de litio en todos sus productos de dos ruedas sin reducción de potencia, con un aumento en el rango de hasta 25% con una carga completa (HEV TCP, 2008).

En junio de 2009, entró en etapa de producción el vehículo Mercedes-Benz S400 Hybrid, convirtiéndose en el primer híbrido en el mundo en usar baterías de ion-litio en lugar del hidruro de metal de níquel (HEV TCP, 2011). Hasta fines de 2017, en Alemania se disponía de 29 modelos de vehículos eléctricos enchufables, la mayoría híbridos. A su vez, hasta la misma fecha, el número de vehículos eléctricos a batería ascendía a 236 710, obteniendo un crecimiento de 182 849 con respecto al año anterior (HEV TCP, 2018).



Exposición de bus eléctrico en Hannover (Alemania). Foto: Shutterstock.

#### 8.4.1. Infraestructura de carga de vehículos eléctricos

Hasta junio de 2017, había un total de 10 878 puntos de carga y la mayoría permitía una carga de 22 kW. A su vez, existían 566 puntos de carga rápida. En cuanto a las estaciones de carga, eran 4730. La alianza alemana H2 Mobility de Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell y Total, elaboró una hoja de ruta para construir 100 estaciones de combustibles de hidrógeno durante 2018. El objetivo principal era tener 10 estaciones en las seis ciudades más grandes: Hamburgo, Berlín, Rhin-Ruhr, Frankfurt, Stuttgart y Munich.

#### 8.4.2. Mecanismos implementados

##### Proyecto e-Mobility Berlín

En 2008 inició un proyecto promovido por el gobierno federal de Alemania junto con la empresa fabricante de vehículos Daimler AG y la empresa RWE AG, que tenía por objetivo instalar 500 puntos de recarga para vehículos eléctricos en Berlín. La empresa Daimler se encargaba de proporcionar más de 100 vehículos eléctricos de Mercedes-Benz y *smart*, así como también el servicio de vehículos.

Por otro lado, la empresa RWE AG se ocupaba del desarrollo, instalación y operación de la infraestructura de carga para poder contar con los 500 puntos de carga adicionales, el suministro de electricidad y el control central del sistema. El sistema de pago se realizó mediante un intercambio de datos entre un sistema especial de comunicación en el automóvil y el punto de carga inteligente. Es por eso que este proyecto reúne los conocimientos específicos de dos industrias en el ámbito



Lanzamiento del proyecto e-Mobility en Berlín. Fuente: Daimler<sup>40</sup>.

de la electromovilidad. La financiación se realizó, sobre todo, por medio de fondos públicos debido a los beneficios que otorga la electromovilidad al ambiente y la energía.

#### 8.4.3. Programa Nacional de Electromovilidad

En agosto de 2009, Alemania adoptó el Plan de Desarrollo de Electromovilidad, cuyo objetivo principal era convertir al país en uno de los líderes en movilidad eléctrica, así como acelerar la investigación y el desarrollo en VE. Se plantea tener una participación de un millón de vehículos para 2020 en tránsito de carreteras y llegar a cinco millones para 2030. El plan tiene 19 objetivos divididos en cinco secciones, las cuales se detallan a continuación.

eléctricos aumentarán la eficiencia de la red eléctrica en Alemania.

- iv. La fuente principal para la movilidad eléctrica será la corriente de las energías renovables variables que no se pueden usar en otros lugares, como parte de la gestión de la carga. Se debe aprovechar el alcance adicional de las energías renovables para satisfacer las necesidades de electricidad de la movilidad eléctrica en exceso.

#### Sección 2. Alemania se convertirá en el mercado líder en electromovilidad

- i. Asegurar y ampliar el rol principal de la industria alemana de fabricación de automóviles y suministro de piezas.
- ii. Hacer uso de la gestión innovadora de adquisiciones en el sector público.
- iii. La construcción de capacidades de producción para los sistemas de baterías y celdas en Alemania e instalaciones de reciclaje asegurará las capacidades estratégicas en la industria alemana.
- iv. El establecimiento de este modelo de negocio de electromovilidad brindará oportunidades de crecimiento por medio de bienes y servicios.
- v. La estandarización de soporte, como enchufes o entradas de energía, permitirá la internacionalización de la electromovilidad y ayudará a la industria alemana a posicionarse.

#### Sección 3. Las innovaciones son la clave para desarrollar y mantener la competitividad

#### Sección 1. La electromovilidad contribuirá a implementar los objetivos de la política energética y climática

- i. La electromovilidad contribuirá de manera significativa al cumplimiento de los objetivos de protección del clima.
- ii. El uso de fuentes renovables para satisfacer las demandas de energía de los vehículos eléctricos también contribuirá a la implementación de los objetivos de desarrollo de las energías renovables y a la mejora de la integración de la red de productores variables, lo que ayudará a aumentar la seguridad del suministro a largo plazo.
- iii. El uso de tecnologías de información modernas y la integración de vehículos

- i. El objetivo es vincular la industria y la ciencia. La conexión en red de los sectores de fabricación de automóviles, energía y tecnología de la información a lo largo de las nuevas cadenas de suministro establecerá un impulso innovador en movimiento para la electromovilidad.
- ii. Para ello, se tomarán medidas para intensificar la investigación en todas las áreas, establecer redes y ampliar las infraestructuras de investigación y promover el intercambio mutuo entre investigadores de la industria y la ciencia.

- iii. Otra preocupación es garantizar la excelencia a largo plazo y la unidad innovadora en electromovilidad. Por lo tanto, se lanzará una iniciativa para capacitar al personal científico junior.

#### Sección 4. Nueva movilidad

- i. La electromovilidad es un paso para disminuir la dependencia del petróleo.
- ii. La electromovilidad ayudará a encontrar una nueva cultura de movilidad y modernidad urbana.
- iii. Se tomarán medidas para acelerar la in-

roducción de vehículos eléctricos, dando énfasis en el tráfico a corta distancia: el gobierno dispuso el objetivo de introducir un millón de vehículos eléctricos en la carretera para 2020, más de cinco millones para 2030 y poder prescindir de los vehículos de combustión interna para 2050. Esto implica apoyar con un marco habilitador para la carga de los vehículos.

- iv. Se dará apoyo para introducir la electromovilidad en vehículos comerciales, como los de reparto o *delivery* y el transporte público.

#### Sección 5. Fomentar la aceptación social

- i. Para implementar estos objetivos, los próximos cambios deben obtener la aprobación social.
- ii. El gobierno federal alemán pretende garantizar la transparencia y proporcionar información sobre la implementación del Plan de Desarrollo y participar en un diálogo amplio.
- iii. La aceptación y el desarrollo de mercado de la electromovilidad en Alemania serán apoyados con un marco regulatorio adecuado.

Los objetivos de este plan del gobierno federal van encaminados con la estrategia de posicionarse fuertemente en el sector automotriz. Además, se considera como parte de una agenda más amplia denominada Energiewende (transición del sistema de energía a un sistema de basado en energías renovables). Esto se debe a que el Plan Nacional de Desarrollo de Electromovilidad de Alemania exige que la energía eléctrica que se utiliza para abastecer de carga a los vehículos eléctricos debe provenir de recursos renovables.



Dois vehículos eléctricos DriveNow BMW i3 siendo cargados en Múnich (Alemania). Foto: Shutterstock.

## RECUADRO 8-4

### Energiewende: La transición energética alemana

Este proyecto tiene por objetivo cubrir el abastecimiento de energía en Alemania, sobre todo mediante recursos renovables. La transición energética, que se irá dando de manera progresiva hasta 2050, surge con el fin de alcanzar un abastecimiento energético seguro, rentable y sostenible. Entre las principales metas están la disminución de GEI, el desarrollo de las energías renovables en diversos

sectores (generación eléctrica, energía final, calefacción y el transporte), mejora en la eficiencia energética y una menor participación de la energía nuclear dentro de la estructura de la energía primaria. Para la consecución de estos objetivos, Alemania ha venido implementando cierta cantidad de leyes (que incluyen al Plan Nacional de Electromovilidad), que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 8-2  
Normativa implementada por Alemania

Año	Normativa
1999	Programas de préstamos preferenciales ofrecidos por la corporación de préstamos de reconstrucción (banco KfW)
2000	Ley de energías renovables (EEG)
2000	Ley extra de calefacción y electricidad
2001	Inversión en el programa Futuro
2002	Modificación de las tarifas para la instalación de renovables
2002	Ley combinada de calefacción y electricidad
2004	Enmienda de la Ley de Energías Renovables (EEG) y programa Solarthermie 2000 Plus
2005	Quinto programa de investigación de energía
2005	Financiación del banco KfW del programa de producción de energía solar
2005	Ley de Industria Energética
2006	Fundación del centro de desarrollo de energía solar
2006	Programa de investigación de Klimazwei
2007	Programa de cambio climático y energía
2008	Paquete de leyes sobre el cambio climático y el programa energético
2009	Plan de Desarrollo Nacional de Electromovilidad
2009	Ley de Energías Renovables (EEG) para la generación de calor
2009	Financiación del banco KfW del programa de energías renovables y del programa de eficiencia energética y rehabilitación
2009	Enmienda de la Ley de Energías Renovables (EEG)
2010	Ley de cuotas de biocombustible
2010	Energy Concept
2010	Plan Nacional de Acción Energética
2011	Sexto programa de investigación de energía
2011	Ley sobre el medio ambiente, clima y energías renovables y programa del cierre progresivo de nucleares (Atomausstieg)
2011	Proceso de monitorización de La energía del futuro
2011	Financiación del banco KfW del primer parque eólico en alta mar
2012	Enmienda de la Ley de Energías Renovables (EEG)
2012	Acuerdos de cogeneración con la industria
2014	Enmienda de la Ley de Energías Renovables (EEG)

Fuente y elaboración: Álvarez y Ortiz (2016).

#### 8.4.4. Legislaciones e incentivos para la compra de vehículos eléctricos

Durante 2016, el gobierno federal adoptó un paquete de medidas para incentivar la movilidad eléctrica, relacionado a la compra de vehículos, la inversión de infraestructura de carga, la exoneración de impuestos y la reducción en el impuesto a la renta.

El Umweltbonus (bono ambiental) es un programa que otorga incentivos monetarios por la compra de vehículos eléctricos. Este consiste en recibir una subvención de 4000 euros (USD 4487) por la compra de un vehículo eléctrico y 3000 euros (USD 3365) por adquirir un vehículo híbrido enchufable (cuya emisión de CO<sub>2</sub> sea menor o igual a 50 g CO<sub>2</sub>/km), la cual es pagada 50% por la industria y 50% por el gobierno federal.

Para acceder a esta subvención, el precio del vehículo no debe ser mayor de 60 000 euros (USD 67 308). La vigencia de estas subvenciones se realizará hasta que se gaste completamente el presupuesto asignado de 1200 millones de euros (MMUSD 1343). En el **gráfico 8-7** se muestra el número de solicitudes para el otorgamiento de bonos ambientales, entre vehículos eléctricos e híbridos enchufables, desde el 18 de mayo de 2016, fecha en la cual se inició el programa, hasta diciembre de 2017.

La siguiente medida del gobierno federal corresponde a una inversión de 300 millones de euros (MMUSD 336.54) para ampliar la infraestructura de la carga, de los cuales 200 millones (MMUSD 224.36) corresponden a carga rápida y 100 millones (MMUSD 112.18) a carga estándar. Esto en línea con el objetivo de instalar, aproximadamente, 15 000 estaciones de

carga en todo el país, distribuidas en 5000 estaciones de carga rápida y 10 000 de carga estándar.

A partir de noviembre de 2016, entró en vigencia una ley que consiste en la exoneración de impuestos por circulación para los vehículos completamente eléctricos registrados desde el 1 de enero de 2016, es decir, esta ley es de carácter retroactivo. Además, también se brinda exención para aquellos conductores que utilicen vehículos eléctricos por motivos laborales, favorecidos con una reducción impositiva del 25%.

#### 8.5. ESTADOS UNIDOS (CALIFORNIA)

California no solo se caracteriza por ser el estado con el Producto Bruto Interno (PBI) más alto entre todos los que conforman los Estados Unidos 14.5% del total del PBI estadounidense (Bureau of Economic Analysis, 2019), y ser el más poblado (39.56 millones de habitantes<sup>41</sup>), sino también por ser una gran potencia tecnológica a nivel mundial y albergar las sedes de compañías como Apple, Google e Intel, dentro de la región denominada Silicon Valley.

La empresa Tesla Inc., dedicada a la fabricación de vehículos eléctricos, así como a su comercialización en gran parte del mundo, es otra de las compañías más famosas del mundo con sede en California. El incremento del volumen de ventas de todos los modelos producidos por Tesla da cuenta, tanto del considerable interés de muchos países por reducir el calentamiento global y mitigar sus efectos, como del progreso en la transición hacia el transporte sostenible que viene experimentando el planeta.



Vista panorámica de Silicon Valley (California). Foto: Shutterstock.

En 2013, mientras algunos países de Europa buscaban alternativas para frenar el constante incremento de los niveles de contaminación, California se encontraba lanzando su primer plan de acción en el marco de la emisión de la Orden Ejecutiva B-16-2012, en cuyo tercer párrafo se declara como su deber “fomentar el desarrollo de los vehículos de cero emisiones a fin de proteger el ambiente, estimular el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida en el estado”<sup>42</sup>.

El plan de acción promovido contemplaba la puesta en marcha del programa ZEV Action Plan, el cual establece objetivos, define estrategias y propone acciones para disminuir la emisión de GEI del sector transporte y reducir el consumo de combustibles derivados del petróleo fomentando el uso de *zero-emissions vehicle* (ZEV).

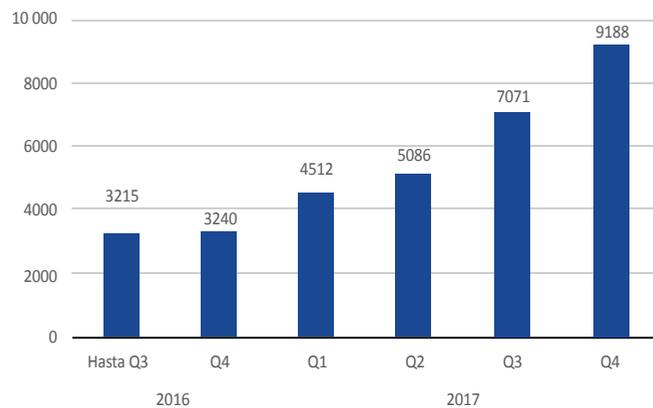
Según indica la Junta de Recursos del Aire de California (ARB, por sus siglas en inglés), en

su Glosario de términos de contaminación del aire<sup>43</sup>, los vehículos de cero emisiones (ZEV, por sus siglas en inglés) son aquellos que no producen emisiones contaminantes generadas por la fuente de energía que los impulsa y son considerados vehículos de transporte limpios y eficientes. Dentro de la categoría ZEV se encuentran tanto los vehículos eléctricos enchufables (VEB y VEHE) como los VEPC (Grupo de Trabajo Interinstitucional sobre ZEV del estado de California, 2016).

De acuerdo con el portal oficial de la Oficina de Desarrollo Económico del Gobernador del estado de California (GO-Biz)<sup>44</sup>, con la ejecución del Plan de Acción ZEV se esperaba contribuir a la meta de poner en circulación 1.5 millones de ZEV para 2025.

En cuanto a la situación actual del mercado, según estadísticas recogidas por el Grupo de Trabajo Interinstitucional sobre ZEV del estado de California (2018), desde la publicación de la segunda etapa del plan de acción en octubre de 2016 hasta julio de 2018, las ventas de ZEV se incrementaron en 150 000 vehículos, alcanzando un volumen de ventas de 410 000 unidades comercializadas.

**Gráfico 8-7**  
Solicitudes de bonos ambientales recibidos por la oficina de asuntos económicos y control de exportaciones



Fuente: Nationale Plattform Elektromobilität (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



Vehículo eléctrico híbrido (VEH) Nissan Leaf. Foto: Shutterstock.



Vehículo eléctrico a batería (VEB) Tesla Model X. Foto: Shutterstock.



Vehículo eléctrico con pila de combustible (VEPC) Toyota Mirai. Foto: YouWheel.com<sup>45</sup>.

Asimismo, la participación de mercado de los ZEV en la industria automotriz de California pasó de 3.8% en 2016 a 5% en 2017, mientras que el número de modelos de ZEV disponibles pasó de menos de 24 en 2016 a 48 en 2018.

Desde la aprobación del primer plan de acción en 2013 hasta 2018, el programa para impulsar el uso de vehículos de cero emisiones implementado por el gobierno de California ha pasado por tres etapas. Tanto en 2016 como en 2018, se presentaron nuevos planes, los cuales además de mantener la misma estructura y objetivos, incorporaron acciones y estrategias adaptadas a las nuevas características del mercado. Cada nueva publicación del plan contiene a la versión anterior, añadiéndole mejoras. La **ilustración**

**8-8** resume las etapas del programa, así como las mejoras incluidas en los planes que han sido aprobados hasta la actualidad.

### 8.5.1. Mecanismos implementados

Según el estudio de Chiladakis, Crowfoot y Winston (2013), entre los desafíos que enfrentaba el gobierno de California para lograr la expansión de los ZEV en 2012 se encontraban la falta de infraestructura para el abastecimiento de energía de los vehículos, el escaso conocimiento con respecto a las ventajas de utilizar los ZEV y el precio de compra de este tipo de unidades de transporte.

En cuanto a la falta de infraestructura, el reto más importante era proporcionar acceso a abastecimiento de energía eficiente y asequible a los usuarios existentes de ZEV y a los potenciales, lo cual implica desde la instalación de equipos de suministro para vehículos eléctricos (EVSE, por sus siglas en inglés) en hogares y espacios públicos hasta el despliegue de estaciones de carga de hidrógeno, además de la determinación de tarifas eléctricas especiales para la recarga doméstica de ZEV.

Con respecto a la falta de conocimiento sobre los múltiples beneficios de conducir ZEV, en la actualidad todavía existe poca información acerca del ahorro que generan y suele prestarse más atención al precio

de compra que, si bien ha disminuido considerablemente en los últimos años, sigue siendo más alto que el de los vehículos tradicionales. Desde la aprobación de la Orden Ejecutiva B-16-2012, las medidas tomadas en California han ido reforzándose y se adoptaron mejoras que han permitido el logro de los objetivos. Entre las más importantes destacan:

#### a) Reembolsos por compra o alquiler de ZEV

Consiste en la entrega de reembolsos monetarios por la compra o alquiler a largo plazo<sup>46</sup> de ZEV, que van desde USD 1500 para VEHE y USD 2500 en el caso de VEB, hasta USD 5000 para VEPC. La iniciativa es financiada por el Fondo para la Reducción de GEI y el Programa de Mejora de la Calidad del Aire. Se debe añadir que desde 2016, se estableció un monto adicional de USD 1500 para consumidores con ingresos bajos y se dejó de otorgar el beneficio a los compradores de altos ingresos. Los límites de ingresos para acceder al beneficio son de USD 150 000 anuales para quienes presentan declaraciones de renta individuales y USD 300 000 para los que presentan declaraciones conjuntas.

#### b) Acceso a carriles de vehículos de alta ocupación

Gracias al sistema de calcomanías implementado en California, tanto los conductores de VEB y VEPC (calcomanía blanca), como los de VEHE (calcomanía verde) pueden circular libremente por los carriles para vehículos de alta ocupación.

Actualmente, poder acceder a carriles especiales que permitan facilitar el tránsito de los compradores se ha convertido en un atributo atractivo al momento de elegir el vehículo más conveniente. Muestra de ello es que los concesionarios de automóviles ZEV que comercializan los modelos aceptados por el programa<sup>47</sup> gestionan con anticipación las calcomanías, a fin de entregarlas en el punto de venta y simplificar los trámites con el Departamento de Vehículos Motorizados del estado.

#### c) Creación de un corredor de carga

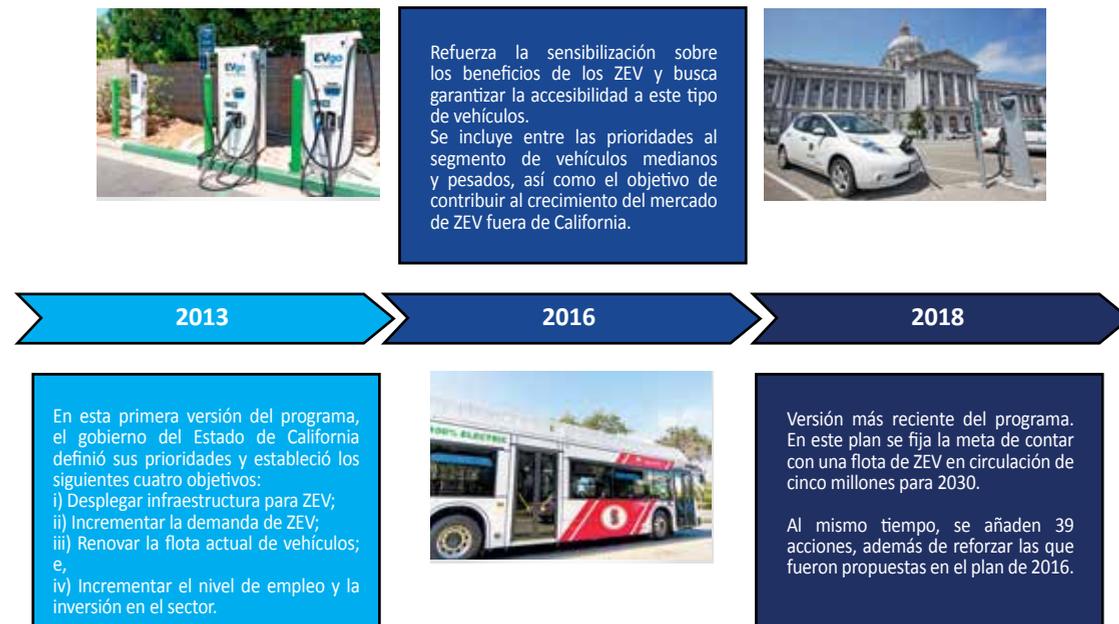
Con un financiamiento de USD 8.8 millones proporcionado por la Comisión de Energía de California, el gobierno ha implementado una red de 61 estaciones de carga rápida

(corriente continua) a lo largo de las carreteras más importantes de norte a sur. Asimismo, en 2015 se firmó una carta de intención con la New Energy and Industrial Technology Organization (NEDO) de Japón para la instalación de entre 30 y 50 estaciones de carga rápida, lo cual permitirá completar la infraestructura necesaria que contribuirá a la masificación de los ZEV.

#### d) Impulso a la investigación

Ante la necesidad de conocer la magnitud de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos enchufables requerida para impulsar el uso de ZEV, el gobierno californiano, mediante su Comisión de Energía, otorgó un financiamiento al Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por sus siglas en inglés) para llevar a cabo estimaciones y una evaluación cuantitativa sobre el *stock* de estaciones de carga, así como de abastecimiento de hidrógeno en todo el estado. Con la información generada se espera robustecer la base de datos del Centro de Datos de Combustibles Alternativos del NREL y desarrollar aplicaciones de mapeo para los usuarios de ZEV (Grupo de Trabajo Interinstitucional sobre ZEV del estado de California, 2018).

**Ilustración 8-8**  
Etapas del Plan de Acción ZEV



Fuentes: Shutterstock y Grupo de Trabajo Interinstitucional sobre ZEV del estado de California (2013, 2016, 2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



Sistema de etiquetado de ZEV en California. Foto: Shutterstock.

### 8.5.2. Casos de éxito en movilidad eléctrica e híbrida

#### a) Programa de financiamiento de estaciones de carga para vehículos eléctricos

Fue lanzado en 2015 por la Autoridad de Financiamiento para el Control de la Contaminación de California. Consiste en otorgar préstamos para la obtención e instalación de cargadores de vehículos eléctricos enchufables, con el financiamiento de la Comisión de Energía del Estado. La medida benefició a comunidades de bajos recursos y pequeños negocios con la

instalación de equipos de carga cerca a sus viviendas y centros de trabajo.

#### b) Acuerdo de entendimiento

En 2013, California asumió el compromiso de trabajar de manera coordinada con los estados de Connecticut, Maryland, Massachusetts, Nueva York, Oregon, Rhode Island y Vermont, para implementar programas que permitan cumplir el objetivo de contar, como mínimo, con 3.3 millones de ZEV en circulación para 2025. Los ocho estados sellaron el compromiso en el “Memorandum of Understanding”, documento en el que establecieron las bases de lo que al año siguiente se denominaría “Plan de Acción ZEV Multiestatal”. La puesta en marcha del referido plan ha permitido promover la electrificación del transporte en gran parte de Estados Unidos, además de generar incentivos para incrementar la producción de vehículos eléctricos.

#### c) Promulgación de normas para impulsar el uso de ZEV

En 2015 se logró promulgar la Ley de Energía Limpia y Reducción de la Contaminación en California, mediante la cual se reconoce la electrificación del transporte como política del estado y se dispone el aprovisionamiento de energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos. La aprobación de esta ley generó el marco necesario para la formulación de convenios entre la Comisión de Energía y otras instituciones, como el Departamento de Alimentos y Agricultura de California, con el que se celebró un acuerdo para establecer nuevas condiciones para el uso de la electricidad con fines de abastecimiento de energía en vehículos eléctricos.

d) Directiva de señalización de estaciones de carga De acuerdo con el “Plan de Acción ZEV” del Grupo de Trabajo Interinstitucional del

estado de California (2018), durante el primer trimestre de 2013 se emitió una directiva en la que se dispone estandarizar e incluir la señalización para la carga de combustible alternativo en carreteras de áreas urbanas dentro del “Manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito de California”, facilitando así la identificación de estaciones de abastecimiento de hidrógeno y estaciones públicas de carga en carreteras y autopistas.

### 8.5.3. Metas

#### a) Incrementar el número de ZEV en circulación

El estado de California se ha propuesto contar con cinco millones de ZEV en circulación para 2030. Para alcanzar tal objetivo es necesario aumentar la proporción de ventas de este segmento con respecto a las ventas del total de vehículos comercializados, hasta alcanzar aproximadamente el 40%.

#### b) Contribuir a la asequibilidad en el uso de ZEV

Implementar políticas que permitan a los ciudadanos de bajos ingresos acceder a los beneficios de conducir ZEV desde el lado de la demanda, por ejemplo, mediante el uso de buses de cero emisiones para el transporte público, y desde el lado de la oferta, formando parte de la fuerza laboral del sector.

#### c) Fomentar el desarrollo del mercado laboral en la industria de ZEV

Para California, la industria de ZEV no solamente representa una opción de transporte libre de contaminación, sino un importante motor de crecimiento económico generador de empleo. Como parte de las metas de la última actualización del plan de acción se encuentra consolidar el mercado de ZEV y contribuir al desarrollo de las habilidades de la fuerza laboral para cumplir con los requerimientos tecnológicos de la industria.

## 8.6. COLOMBIA

En la región de América Latina y el Caribe, Colombia ha estado a la vanguardia de los esfuerzos para implementar el transporte sostenible. En 2018, rompió el récord con más de mil vehículos eléctricos circulando, alcanzando la cifra más alta en la región. Específicamente, con base en los datos del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), en el periodo comprendido entre 2011 y octubre de 2018, se han registrado un total de 781 vehículos eléctricos, 221 híbridos enchufables y 349 híbridos<sup>48</sup> (Mañez, Bermúdez y Araya, 2018: 9 y 17).

### 8.6.1. Mecanismos implementados

En 2012, el país adoptó la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, la cual forma parte del Plan Nacional de Desarrollo, con el objetivo de mitigar la emisión de GEI que contribuyen al cambio climático.

Los esfuerzos del gobierno colombiano para enfrentar el cambio climático se han enfocado, primordialmente, en el sector de transporte, con énfasis en la electrificación de la flota de transporte del país (Marchán y Viscidi, 2015:4). Así, se han implementado distintos incentivos económicos -de índole tributaria- y no económicos, para facilitar la adquisición de vehículos eléctricos e híbridos.

#### a) Beneficios económicos (tributarios)<sup>49</sup>

En 2012, se reglamentó el otorgamiento de incentivos tributarios -exclusión del impuesto al valor agregado (IVA) y deducción de la renta líquida- a vehículos de tecnologías limpias (incluye eléctricos e híbridos), y que se incorporen a sistemas de transporte público, ya sea de pasajeros o carga. Esta

En 2018, Colombia rompió el récord en la región, con más de mil vehículos eléctricos en circulación.

En 2012, adoptó la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, con el objetivo de mitigar la emisión de GEI.

reglamentación se expidió mediante las resoluciones 186 del Ministerio de Minas y Energía, 563 de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), 778 y 779 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las cuales establecieron los requisitos y procedimientos para acceder a tales beneficios (Galarza y López, 2016: 34).

- **Descuento al IVA para vehículos eléctricos e híbridos.** La reforma tributaria de 2012 estableció la excepción del IVA a los taxis y buses eléctricos e híbridos. La política en mención no tuvo el éxito esperado debido a que para ese segmento del mercado la tecnología era costosa y no contaba con ningún subsidio. En consecuencia, solo se introdujeron 50 vehículos y un bus en Bogotá. En diciembre de 2016 se promulgó la Ley N° 1819, por la cual se adoptó una reforma tributaria estructural que realizó cambios importantes en el sistema tributario del país, entre los cuales destacó el incremento generalizado del IVA para consumidores, pasando del 16% al 19% en la gran mayoría de bienes y servicios, salvo contadas excepciones. Así, se otorga un IVA diferenciado del 5% para partes y centros de carga de

vehículos eléctricos e híbridos. Esta medida constituyó el primer incentivo tributario para el público general en materia de adquisición de vehículos eléctricos e híbridos en Colombia (Mañez *et al.*, 2018: 16).

- **Exoneración al pago de aranceles para vehículos eléctricos e híbridos, y estaciones de carga.** Mediante el Decreto N° 2909 de diciembre de 2013, se modificó parcialmente el arancel de aduanas y se establecieron unos contingentes para la importación de vehículos eléctricos e híbridos. Esta norma, específicamente, decretó establecer un contingente anual de importación de 750 vehículos eléctricos con un gravamen arancelario de 0%, así como un contingente anual de importación de 750 vehículos híbridos enchufables con cilindraje inferior o igual a 3000 cm<sup>3</sup> con un gravamen arancelario de 5%. Además, aprobó la importación de un contingente anual de 100 estaciones de carga rápida pública con gravamen arancelario de 0% y 1500 sistemas de carga domiciliar para vehículos eléctricos o híbridos enchufables con 0% de arancel. Todo fue aprobado para el periodo comprendido entre 2014 y 2016, es decir, tres



Vehículo eléctrico Fiat 500e cargando (California). Foto: Shutterstock.

años contados a partir de la fecha de entrada en vigencia del decreto en mención. Posteriormente, mediante el Decreto N° 1116 del 29 de junio de 2017, se aprobó la importación de vehículos eléctricos e híbridos con 0% y 5% de arancel, respectivamente, hasta 2027. De esta manera, se espera atraer un contingente de 52 800 unidades eléctricas e híbridas entre 2017 y 2027, distribuido así: 3000 para el periodo 2017-2019, 4600 para 2020-2022 y 6000 para 2023-2027.

A su vez, se concedió 0% de arancel a los centros de carga de vehículos eléctricos.

#### b) Beneficios no económicos

- **Exención a restricciones a la movilidad.** En la ciudad de Bogotá, los vehículos eléctricos están exentos de las medidas de restricción vehicular, como la de Pico y Placa<sup>50</sup>, la cual limita el número de días que un vehículo puede circular (Edwards, Viscidi y Mojica, 2018: 9). Asimismo, no tienen restricción de no circulación en los



El Pico y Placa es una medida de restricción vehicular implementada en Bogotá. Foto: Shutterstock.

### Cuadro 8-3 Decreto N° 1116 de 2017: contingente anual aprobado para el periodo 2017-2027

Periodo	Vehículos eléctricos		Vehículos híbridos	
	Contingente	Arancel	Contingente	Arancel
2017- 2019	1500	0%	1500	5%
2020- 2022	2300	0%	2300	5%
2023- 2027	3000	0%	3000	5%

Fuente: Presidencia de la República de Colombia<sup>52</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## RECUADRO 8-5 Pico y Placa

El Pico y Placa es una medida de restricción vehicular que se viene implementando en Bogotá desde 1998. Consiste en restringir la circulación de vehículos privados tipo automóvil y de servicio público durante ciertos horarios, dependiendo del último dígito de la placa del vehículo. Surgió con la finalidad de controlar la demanda de infraestructura vial y reducir la congestión vehicular en las horas pico (horarios con mayor afluencia de tráfico).

En un inicio, la restricción se aplicaba entre las 07:00 y 09:00 y las 17:30 y 19:30 horas. A partir del 6 de febrero de 2009, se amplió el horario de la medida desde las 06:00 hasta las 20:00 horas, debido a que comenzó la construcción de la fase III del TransMilenio<sup>53</sup>. Esta ampliación duró cuatro años, dos más de lo previsto debido a retrasos. Posteriormente, en julio de 2012, se adoptó el actual esquema de pares e impares y se redujo el horario de 14 a siete horas.

Esta medida genera incentivos para utilizar otros medios de transporte, como el público, bicicletas y autos eléctricos—no incluidos en la iniciativa—. No obstante, puede generar que los ciudadanos que cuentan con poder adquisitivo recurran a la compra de un segundo vehículo, lo que aumenta el parque automotor, efecto contrario a lo que se buscaba<sup>54</sup>.

Días Sin Carro<sup>51</sup>, en los cuales solo pueden circular vehículos de transporte público y algunos particulares, salvo ciertas excepciones (Hinicio, 2017:74).

### 8.6.2. Sigüientes pasos

#### a) Proyecto de Ley N° 075-2017

En marzo de 2018, se aprobó el texto del Proyecto Ley N° 075-2017 en la Plenaria del Senado, el cual busca promover el uso de vehículos eléctricos mediante incentivos y beneficios para los propietarios. Incluye una definición de vehículo eléctrico y establece que los impuestos no pueden exceder el 1% de su valor comercial. Asimismo, establece un descuento sobre el valor de la revisión técnico-mecánica de los automóviles, así como sobre el costo del registro inicial vehicular. Propone una tasa preferencial y diferenciada en el cobro por el uso de parquímetros en todo el territorio nacional. Establece que los vehículos eléctricos estén exentos de las medidas de restricción a la circulación vehicular que cualquier autoridad de tránsito local disponga (Pico y

Placa, Día sin Carro, restricciones por materia ambiental, entre otros), así como del pago de contribuciones u otros tributos para vehículos que estén dirigidos a reducir la contaminación.

Además, las entidades públicas y los establecimientos comerciales que ofrecen espacios de estacionamiento al público deberán asignar un porcentaje mínimo del 2% del total de plazas de estacionamiento para el uso preferencial de vehículos eléctricos. Dentro de los tres años siguientes a la entrada en vigencia de la ley, se establece que los municipios brinden, al menos, cinco estaciones públicas de carga rápida en condiciones funcionales, mientras que Bogotá D.C. deberá garantizar que existan como mínimo 10.

Finalmente, se propone que las autoridades de planeación de los distritos y municipios garanticen que los edificios de uso residencial y comercial que se construyan a partir de la entrada en vigencia de la ley cuenten con una acometida de electricidad de 220 voltios para la recarga de los vehículos eléctricos

En 2018, el Senado colombiano aprobó una ley para promover la electromovilidad mediante incentivos y beneficios a propietarios.

en, por lo menos, el 25% de los sitios de estacionamiento de uso privado.

#### b) Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica

En marzo de 2018, el gobierno colombiano inició el proceso de diseño de una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica con el apoyo de ONU Medio Ambiente mediante su plataforma regional MOVE. En esta iniciativa participan los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de Transporte y de Minas y Energía<sup>55</sup>.

### 8.6.3. Casos de éxito en movilidad eléctrica e híbrida

#### a) Proyecto piloto de taxis eléctricos Bogotá<sup>56</sup>

En 2012, se implementó en Bogotá -con apoyo de la Alcaldía Mayor, la Secretaría de Medio Ambiente, la empresa Praco-Didacol (representante en Colombia de la marca BYD) y la empresa comercializadora de energía Codensa- un proyecto piloto de taxis eléctricos para servicio urbano (Hinicio, 2017:70). En total, se pusieron en operación 43 vehículos eléctricos BYD E6 como parte del programa, con el objetivo inicial de tener 1000 unidades prestando el servicio de taxi en Bogotá para finales de 2016, y cuya participación sobre la flota total de taxis de la capital fuera del 50% para 2022 (Marchán y Viscidi, 2015).

### Cuadro 8-4 Resumen de incentivos a la movilidad eléctrica

Categoría	Instrumento	Implementación
Incentivos de compra	Extensión del impuesto al valor agregado (IVA)	✓ ✓
	Extensión del impuesto de importación	✓
Incentivos de uso y circulación	Excepción de peajes, parqueos, etc.	✓
Otros instrumentos de promoción	Exención de Pico y Placa (restricción vehicular)	✓
	Estrategia nacional de movilidad eléctrica	✓ ✓
	Ley integral de movilidad eléctrica	✓ ✓

Simbología.

✓ Incentivo completo para vehículos eléctricos/instrumento aprobado y en marcha.

✓✓ Incentivo parcial para vehículos eléctricos/instrumento en fase de diseño.

Fuente: Mañez *et al.* (2018:40). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

En 2016 y 2017 se empezaron a hacer públicas algunas falencias del programa piloto que no habían permitido alcanzar la tasa de penetración buscada inicialmente. Las principales fueron la ausencia de infraestructura de recarga necesaria para una operación eficiente, la falta de repuestos para los vehículos y la negativa de Codensa de



Flota de taxis eléctricos en Colombia. Foto: Enel-Codensa<sup>57</sup>.

instalar más estaciones hasta que no haya una demanda creciente que las mantenga.

#### b) Proyecto de buses híbridos en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá

Desde 2013, la empresa TransMilenio (operadora del sistema BRT<sup>59</sup> de la capital colombiana) ha venido integrando de manera progresiva buses híbridos para cubrir rutas urbanas, alimentadoras y complementarias a las troncales principales del sistema. A 2017, alrededor de 200 a 250 buses híbridos son parte de la flota del SITP, cuyos compradores se vieron favorecidos por los beneficios tributarios otorgados por el marco normativo colombiano en promoción del uso de VE e híbridos (Inicio, 2017: 68). Parte de los buses híbridos que entraron a formar parte de la flota del SITP fueron financiados por el Clean Technology Fund y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Inicio, 2017: 74).

#### c) Primer bus 100% eléctrico en el TransMilenio de Bogotá

Desde el 5 de junio de 2017, comenzó a circular en el TransMilenio de Bogotá el primer bus 100% eléctrico, concebido como un proyecto piloto para recolectar información que permita medir variables e indicadores como eficiencia energética, autonomía del bus, costos de operación y mantenimiento, además de evaluar el desempeño de la infraestructura eléctrica, entre otros (Inicio 2017: 69). Fue desarrollado por TransMilenio, Codensa del grupo Enel (infraestructura de recarga), la Empresa de Energía de Bogotá, el fabricante de buses BYD y el operador de la ruta TransMasivo S.A. Para el proyecto piloto, Codensa construyó y operó la infraestructura eléctrica asociada, además de suministrar la energía que se utilizará para recargar el bus durante un año.



Bus eléctrico de la empresa Codensa. Foto: Enel-Codensa<sup>58</sup>.

## RECUADRO 8-6 Bicicletas eléctricas en Bogotá

Desde 2012, la venta de bicicletas eléctricas ha aumentado notoriamente en la capital colombiana, sobre todo debido a que representan un medio de transporte de bajo costo. El proceso de su venta y adquisición se dio sin ninguna regulación por parte de las autoridades, lo que ocasionó un serio problema de seguridad vial pues los usuarios transitaban en la infraestructura de ciclovías existente, poniendo en riesgo la seguridad de los ciclistas convencionales y peatones (Inicio 2017: 71).

Mediante la Resolución N° 160 de febrero de 2017, el Ministerio de Transportes reglamentó la operación y circulación de las bicicletas eléctricas a nivel nacional. En esta norma se impuso a los dueños la prohibición de circular por las ciclovías, así como la obligación de registrar los vehículos en el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), de portar una póliza de seguro obligatorio de accidente de tránsito (SOAT) y certificado de revisión técnico mecánica y de emisiones de contaminantes. Asimismo, se les exige a los conductores contar con licencia de conducción, como mínimo de categoría A1. Otro aspecto a considerar es que se establece que las bicicletas no deben superar los 25 km por hora y que su peso no puede ser mayor a 35 kg.



Las bicicletas eléctricas son un medio de transporte alternativo. Foto: Shutterstock.



Primer bus eléctrico lanzado en Medellín. Foto: El Tiempo<sup>60</sup>.

#### d) Primeros taxis 100% eléctricos en Medellín<sup>61</sup>

Como parte del proyecto 5.3.5.3 Incentivar la transición a la movilidad eléctrica del Plan de Desarrollo de la Alcaldía de Medellín, surge la iniciativa de incorporar taxis 100% eléctricos en la ciudad. Un primer paso consistió en conformar una mesa de trabajo con Empresas Públicas de Medellín (EPM<sup>62</sup>) para estructurar el proyecto y, posteriormente, en 2018 se sumaron a la mesa de trabajo las empresas y agremiaciones de taxis que funcionan en la ciudad. Esta iniciativa busca reemplazar los taxis más antiguos de la ciudad por eléctricos. Para ello, EPM otorgará un incentivo económico de 18 300 000 pesos colombianos (USD 5591) por la compra de cada taxi eléctrico, previo "chatarreo" del vehículo de combustión.

En el proceso para determinar a los beneficiarios del proyecto podrán participar los dueños de los taxis matriculados en Medellín que cumplan con ciertos requisitos como: i) tener una

antigüedad mayor o igual a cinco años, ii) operar con combustión interna (a gasolina o diésel) y iii) no tener sanciones de suspensión o cancelación de licencia de conducción<sup>63</sup> reportadas ante el Sistema Integrado de Información sobre Multas y Sanciones por Infracciones de Tránsito (Simit) y el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) durante los dos años anteriores al momento de la inscripción. Este primer paso busca incorporar 200 taxis eléctricos en la ciudad de Medellín, con la proyección de alcanzar los 1500 en los próximos tres años.

#### e) Primer bus eléctrico en el Metro de Medellín

A principios de 2018, se introdujo el primer bus eléctrico a la Línea 1 de buses del Metro de Medellín, como parte del proyecto piloto promovido por Empresas Públicas de Medellín (EPM), la Alcaldía de Medellín y la empresa de buses Metro. La inversión ascendió a 1900 millones de pesos colombianos (USD 580 526), aportados por el Metro y EPM<sup>64</sup>.

## RECUADRO 8-7 Otros modelos de negocio

- La compañía BYD ofrece un modelo de alquiler de buses eléctricos en lugar de la adquisición del vehículo (Inicio 2017: 75).
- Codensa, compañía del Grupo Enel en Colombia, ofrece a sus clientes particulares la instalación de puntos de recarga residenciales y/o comerciales a crédito, con su valor diferido en las facturas de energía. A 2017, se habrían instalado en Bogotá 104 puntos particulares y seis de uso público (Inicio 2017: 75).
- Codensa suscribió un acuerdo de cooperación con Terpel (distribuidor de combustibles líquidos y uno de los más grandes operadores de estaciones de servicio en Colombia), a fin de evaluar distintos modelos de negocio que permitan instalar puntos de recarga eléctrica suplidos por Codensa en las estaciones de servicio de Terpel (Inicio 2017: 75). Esta iniciativa busca impulsar la recarga de vehículos eléctricos en sitios públicos de diferentes ciudades del país<sup>65</sup>.
- Codensa lanzó un proyecto piloto, junto con la empresa Car-B y el Grupo Éxito para proporcionar un servicio de intercambio de vehículos eléctricos, por medio de una aplicación en línea y para teléfonos celulares. El plan piloto consiste en que Codensa pone a disposición los vehículos eléctricos e instala los puntos de recarga, Car-B actúa como operador con su aplicación móvil y la plataforma tecnológica para que los usuarios realicen el alquiler, y el Grupo Éxito habilita los espacios donde los conductores recogen y devuelven los vehículos<sup>66</sup>.

#### 8.6.4. Metas

En diciembre de 2016, mediante la Resolución N° 41286, el Ministerio de Minas y Energía adoptó el nuevo Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PAI Proure) para el periodo 2017-2022. Este plan fija metas ambiciosas en materia de promoción y penetración de VE en los segmentos de pasajeros, carga y particulares, así como de vehículos híbridos para transporte de pasajeros para los cinco años de vigencia del mismo. Se proyecta incorporar 570 vehículos híbridos para uso intermunicipal a 2022. En julio de 2018, el gobierno aprobó la política nacional de crecimiento verde para 2030 y uno de los objetivos es llegar a cerca de 600 000 autos eléctricos para ese año, distribuidos de la

siguiente forma: 400 000 autos eléctricos livianos, 60 000 taxis eléctricos, 69 017 automóviles gubernamentales, 15 235 autobuses eléctricos y 13 000 camiones (Mañez *et al.*, 2018:17).

#### 8.7. CHILE

En los últimos años, Chile se ha convertido en un referente para la movilidad eléctrica en América Latina, tomando en cuenta que en diciembre de 2017 lanzó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y, según Mañez *et al.* (2018), tendrá una de las mayores flotas de autobuses eléctricos del mundo, después de China. Chile tiene uno de los programas de etiquetado de consumo energético más antiguo en la región<sup>67</sup>, que en junio de 2017 se expandió a los vehículos eléctricos e híbridos<sup>68</sup>.

La etiqueta de consumo energético contiene información oficial con respecto a los valores de referencia de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos nuevos (ver **ilustración 8-9**).

Por otro lado, Chile cuenta con grandes reservas de litio y de cobre, que son ampliamente utilizadas para baterías y otros componentes de vehículos eléctricos, por lo que tiene una oportunidad de participar de la manufactura de VE y en el procesamiento de materias primas para la movilidad eléctrica, más allá de la importación. En 2018, la Corporación de Fomento Fabril (Corfo) lanzó el Centro de Transición Energética y Materiales Avanzados para el desarrollo de litio en Antofagasta<sup>69</sup>.

#### 8.7.1. Mecanismos implementados

En esta sección se muestran las políticas públicas desarrolladas por el gobierno chileno para fomentar la movilidad eléctrica e híbrida, así como los objetivos a largo plazo que el gobierno se ha comprometido a cumplir.

##### a) Impuesto verde a los vehículos

Desde octubre de 2014, en Chile se aplica un impuesto ambiental a la compra de los vehículos nuevos, el cual grava sus emisiones. Este impuesto a los vehículos ligeros está en función del nivel de emisiones de óxidos de nitrógeno, del consumo de combustible y de la información presentada en el sistema de etiquetado de eficiencia energética vehicular, mandatorio desde febrero de 2013 (Inicio, 2017: 84-85). Cabe destacar que el impuesto ambiental, por su naturaleza, no aplica a los vehículos eléctricos y, por el contrario, castiga fuertemente a los vehículos diésel.

##### b) Bono por chatarreo para la renovación a vehículos limpios

Mediante el programa Renueva tu Colectivo, impulsado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, se otorga un bono por chatarreo a los dueños de los taxis colectivos antiguos, a fin de promover que sean renovados por tecnologías más eficientes. Para la adquisición de un vehículo híbrido, el monto del bono por chatarreo oscila entre USD 2200 y USD 5900, en función del rendimiento del combustible; mientras que para el caso de la adquisición de un vehículo 100% eléctrico, el bono asciende a USD 9240. Para poder acceder a este programa, el vehículo a remplazar debe tener, al menos, cuatro años de antigüedad y contar con inscripción vigente dentro de los últimos 18 meses (Inicio, 2017: 85).

##### c) Licitaciones de buses eléctricos e híbridos del sistema metropolitano de transporte de Santiago

En las bases de licitación de 2017 para la concesión del uso de vías del Transantiago, se exigió que, a partir de 2018, las empresas concesionarias tienen que incorporar, al menos, un servicio de buses con tecnologías de propulsión que superen el mínimo exigido en el concurso público<sup>71</sup>, con el objetivo de promover la implementación de un servicio con cero o baja emisión de contaminantes (Inicio, 2017: 86).

En setiembre de 2018, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) presentó las bases de la nueva licitación del Transantiago para 2018 y 2019, las cuales plantean un nuevo modelo de estructura contractual para la incorporación masiva de buses eléctricos en el sistema de transporte público<sup>72</sup>. En particular, se busca mejorar el estándar de la flota, promoviendo el uso de

tecnologías no contaminantes, reduciendo el costo del sistema e incentivando la competencia en el proceso de licitación.

Entre los cambios más relevantes que registran las bases, destaca la creación del proveedor de flota. Este nuevo agente será el encargado de facilitar los buses a los operadores. De esta manera, se busca fomentar la competencia, incentivando a más empresas a participar del proceso de licitación, ya que no requerirán disponer de buses para concursar, pero sí la exigencia de demostrar experiencia administrando servicios de transporte.

Otra novedad en las bases es un cambio en los plazos de los contratos, los que se reducirán de diez a cinco años, con la opción de renovarse por cinco más, condicionado siempre a la calidad de servicio entregada, medida con indicadores de gestión.

##### d) Cupos garantizados para taxis eléctricos en el Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros

En 2014, el Ministerio de Ambiente dio inicio al Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana. El artículo 12 de este plan estipula que, en los concursos a taxis por parte del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, se deberá considerar cupos exclusivos de, al menos, un 5% de inscripciones para vehículos 100% eléctricos (Inicio, 2017: 86). En julio de 2018, el gobierno chileno adjudicó los primeros sesenta taxis eléctricos en la región Metropolitana de Santiago<sup>73</sup>. Asimismo, en junio de 2019, se llamó a Concurso de Antecedentes para optar a la inscripción de 134 nuevos taxis básicos eléctricos para operar en la región de Valparaíso, que comprende la Provincia de San Antonio y las comunas de Valparaíso y Viña del Mar<sup>74</sup>.



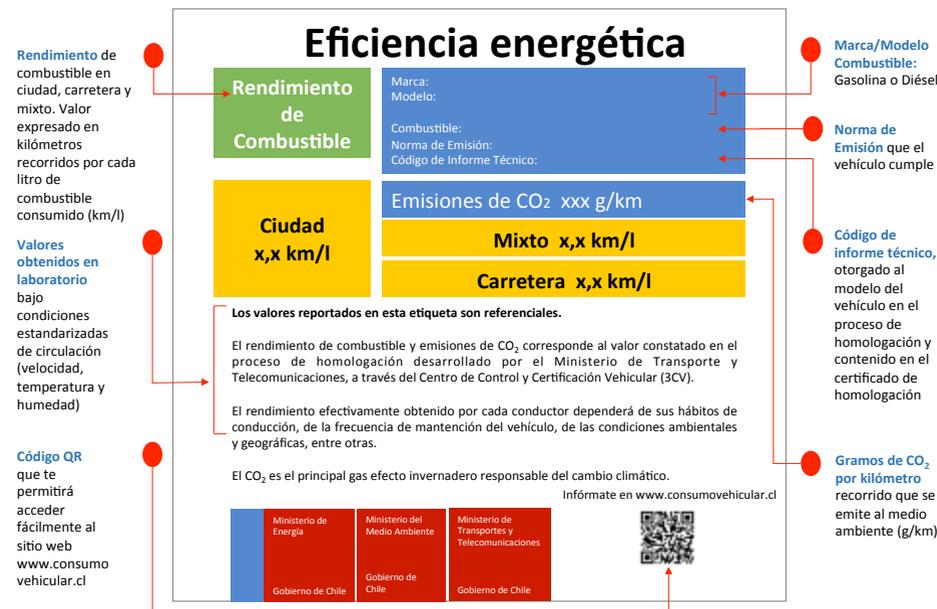
Bus eléctrico en Santiago. Foto: Shutterstock.

#### 8.7.2. Casos de éxito en movilidad eléctrica e híbrida

##### a) Proyecto Zona Verde para el Transporte en Santiago

La Municipalidad de Santiago desarrolló el Proyecto Zona Verde para el Transporte en Santiago (ZVTS), como parte de las Acciones Nacionales de Mitigación Apropiadas (NAMA<sup>75</sup>, por sus siglas en inglés). Chile tiene registrado seis NAMA aprobadas, siendo ZVTS la primera diseñada para el sector transporte, cuyo objetivo principal está orientado a reducir las emisiones de GEI, contribuyendo a la meta de reducción nacional de dichos gases de 20% a 2020. Como parte de este proyecto, los ministerios de Transportes, Medio Ambiente y la Municipalidad de Santiago pusieron en marcha el primer bus eléctrico en Chile, que transita el centro histórico de la ciudad de forma completamente gratuita. El bus es el modelo K9 de la marca BYD, tiene una frecuencia de recorrido cada hora y ha sido financiado por Enel Distribución Chile (Inicio, 2017:81).

Ilustración 8-9  
Contenido de la etiqueta de consumo energético



Fuente y elaboración: Consumo Vehicular<sup>70</sup>.

## RECUADRO 8-8

### NAMA Zona Verde para el Transporte en Santiago<sup>76</sup>



Bus híbrido del sistema de transporte Transantiago. Foto: Shutterstock.

El diseño de la NAMA Zona Verde para el Transporte en Santiago considera cuatro iniciativas que buscan reducir el impacto en las emisiones del transporte de pasajeros urbano.

- **Promoción de vehículos de cero y baja emisión.** Busca reducir el impacto en las emisiones de GEI producidas por los taxis y por la flota vehicular de la municipalidad, mediante el uso de vehículos de cero y baja emisión, como son los vehículos eléctricos o híbridos.
- **Buses más eficientes para el transporte público.** Busca promover el uso de buses híbridos y eléctricos en el próximo proceso de renovación de la flota del Transantiago, con el objetivo de reducir el impacto en las emisiones de GEI producidas por este sistema de buses.
- **Promover el uso de vehículos no motorizados (bicicletas).** Busca incentivar traslados en modos no motorizados, mediante la implementación de más ciclovías de tránsito para bicicletas y sistemas de bicicletas públicas y la promoción de actividades comerciales usando vehículos no motorizados.
- **Gestión y rediseño de tránsito.** Busca el rediseño y gestión del tránsito mediante la mejora de los espacios públicos para el tránsito de peatones, la implementación de carriles exclusivos para buses del transporte público con tecnologías limpias, así como el desarrollo de estacionamientos de bicicletas. Debido a que la ZVTS fue definida como un territorio dentro del municipio de Santiago, es muy importante sincronizar con los planes locales.

#### b) Introducción de buses híbridos en el Transantiago<sup>77</sup>

El Transantiago cuenta con autobuses híbridos en algunas de sus rutas. En particular, las empresas Vule y Alsacia Express tienen unidades híbridas circulando en la ciudad de Santiago desde 2015 y 2016, respectivamente (Inicio, 2017: 82).

#### c) Proyecto de taxis eléctricos en Santiago

Los ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, Medio Ambiente, en conjunto con la empresa eléctrica Chilectra, llevaron los primeros taxis eléctricos a Santiago de Chile mediante licitación pública. El Ministerio de Transportes de Chile abrió una licitación para 29 nuevos taxis colectivos. La marca BYD es la encargada de llevarlos, mientras que la empresa Enel ofreció cargarlos gratuitamente durante un año. Para diferenciarlos de los vehículos convencionales, se les asignó el color blanco con las puertas y el capot color verde (Inicio, 2017: 83).

#### d) Instalación de infraestructura de recarga

Desde 2011, las empresas Enel Distribución Chile, Petrobras y Nissan Marubeni han colaborado para la instalación de electrolineras. Según Inicio (2017), al primer semestre de 2017, Enel había completado



Interior de bus eléctrico del Transantiago (Chile). Foto: Shutterstock.

la instalación de 13 estaciones de carga en Santiago, estableciendo la primera red de puntos de carga interconectados para cuatro comunas de la región metropolitana. Estas estaciones están ubicadas a una distancia no mayor de 10 km la una de la otra, lo que garantiza una adecuada circulación de los vehículos eléctricos con autonomías entre los 100 km y 300 km.

### 8.7.3. Metas

Las medidas mencionadas en la sección anterior tienen como finalidad el uso eficiente de la energía en armonía con el ambiente, siendo la electromovilidad la principal iniciativa que el gobierno chileno ha impulsado en el sector de transporte. La oferta disponible y la diversidad de vehículos eléctricos e híbridos en Chile es aún escasa. No obstante, en diciembre de 2017 se lanzó oficialmente la Estrategia Nacional de Electromovilidad, que representa un gran paso en el desarrollo de compromisos por parte de muchos actores, orientados a la ejecución de varias iniciativas relacionadas con la promoción de la movilidad eléctrica (Isla, Singla, Rodríguez y Granada, 2019:52). Esta estrategia fue desarrollada por los Ministerios de Energía, Transportes y Telecomunicaciones y Medio Ambiente, con la colaboración de múltiples actores públicos y privados, que realizaron sus aportes mediante el proceso de consulta pública y en talleres y reuniones de trabajo (Ministerio de Energía de Chile 2017: 8).

Chile ha establecido como meta lograr que el 40% de los vehículos particulares y el 100% de los vehículos de transporte público sean eléctricos para 2050 (Ministerio de Energía de Chile, 2017: 11). Para avanzar hacia el objetivo, el plan de acción chileno considera cinco ejes estratégicos. El primero está asociado a establecer marcos regulatorios, estándares y normativas que permitan un desarrollo eficiente

de la electromovilidad desde los puntos de vista energético, ambiental y de movilidad. El segundo está orientado a impulsar, en las distintas ciudades del país, la penetración de los vehículos eléctricos en el transporte público, como un ejemplo que impulse a los demás sectores. El tercer eje está dirigido a fomentar la investigación y desarrollo de la electromovilidad, así como potenciar la formación del capital humano que contribuya a su avance. El cuarto promueve un impulso inicial al desarrollo de la electromovilidad,

mediante flotas públicas y proyectos pilotos con el objetivo de que sean una referencia para futuros proyectos privados. Por último, el quinto eje busca generar espacios de transferencia de conocimiento y difusión de la información necesaria para que los distintos actores puedan tomar decisiones óptimas con respecto a la electromovilidad.

En cada uno de los ejes estratégicos se ha identificado un conjunto de líneas de acción<sup>78</sup>, las cuales se resumen en el cuadro 8-5.

### Cuadro 8-5 Estrategia Nacional de Electromovilidad: ejes estratégicos y sus respectivas líneas de acción

#### 1. Regulación y estándares

- Establecimiento de estándares mínimos de eficiencia energética para vehículos particulares.
- Definición de normativa técnica/económica de la carga.
- Definición de normativa de disponibilidad de instalaciones de carga en edificaciones.
- Definición de normativa de convivencia vial.
- Establecimiento de requisitos técnicos constructivos y de seguridad para vehículos eléctricos.
- Incorporación explícita de vehículos y sus componentes en la ley de reciclaje.

#### 2. Transporte público como motor de desarrollo

- Incentivos para transporte público mayor.
- Incentivos para taxis colectivos.
- Incentivos para taxis.

#### 3. Fomento de la investigación y desarrollo de capital humano

- Fomento a la I+D aplicados para generar un ambiente de negocios en electromovilidad.
- Especialización de investigadores.
- Incentivo a la formación de técnicos y profesionales especializados.
- Capacitación en electromovilidad para personal de emergencias, rescate y atención de lesionados.
- Mesa de trabajo de prospección tecnológica.
- Capacitación de funcionarios públicos y tomadores de decisiones.

#### 4. Impulso inicial al desarrollo de la electromovilidad

- Transformación de flota pública.
- Desarrollo de proyectos pilotos de flota comercial.
- Fomento al automóvil eléctrico.

#### 5. Transferencia de conocimiento y entrega de información

- Creación de un observatorio de la electromovilidad.
- Difusión de electromovilidad.

Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 8.8. MÉXICO

Los esfuerzos de México para poner en marcha medidas que favorezcan la introducción de vehículos eléctricos en el mercado automotriz dieron sus primeros resultados en 2014.

De acuerdo con Galarza y López (2016), pese a la iniciativa del gobierno federal mexicano de adquirir cien vehículos en 2009, dentro del marco de un convenio firmado con Nissan para reducir la emisión de contaminantes, la comercialización de vehículos eléctricos inició en 2014 con el ingreso al mercado del modelo Leaf fabricado por Nissan, el cual se convirtió en el primer modelo de vehículo eléctrico de batería disponible en México para su

distribución. Actualmente existe una oferta más variada: Leaf de Nissan, Chevrolet Spark EV, Renault Twizy, el Modelo S producido por Tesla y el BMW i3. Asimismo, las iniciativas implementadas en todos los niveles de gobierno han generado impactos positivos en cuanto a la comercialización de vehículos eléctricos.

Según información de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)<sup>79</sup>, entre enero y junio de 2018 se vendieron 7050 híbridos, 930 híbridos enchufables y 102 vehículos eléctricos de batería, superando lo reportado en el segmento de híbridos enchufables durante todo 2016 (521 unidades vendidas).

### 8.8.1. Mecanismos implementados

Hasta 2016, México, Brasil y Chile eran los únicos países que habían desarrollado algún tipo de política con el fin de promover la eficiencia energética en el transporte en Latinoamérica (Galarza y López, 2016). En la región, solo México, Brasil, Argentina, Colombia y Chile han adoptado estándares superiores a la Norma Euro 3<sup>80</sup>, y esto les ha permitido generar las condiciones adecuadas para impulsar la electromovilidad mediante la elaboración de normativa alineada a las reglas internacionales vigentes relacionadas con emisiones contaminantes.

Asimismo, con el fin de estimular la entrada de vehículos eléctricos en la industria automotriz,

México otorga beneficios a los consumidores tanto a nivel estatal como federal. Al respecto, según Galarza y López (2016), desde 2015 los vehículos eléctricos no pagan el Impuesto sobre Automóviles Nuevos (ISAN). Además, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) –empresa estatal encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el país– ha elaborado un programa dirigido a usuarios con vehículos eléctricos que consiste en la instalación de medidores separados para cargadores de carga lenta (hasta 10 kW), cuya inscripción es gratuita.

De acuerdo con información brindada por la CFE y recogida por Galarza y López (2016), todos los beneficiarios accederían a una tarifa diferenciada para recargar sus vehículos. Por otro lado, al igual que con el ISAN, los propietarios de VE también se encuentran exonerados del cobro por permiso de circulación anual, denominado Impuesto de Tenencia, así como de los programas que limitan el flujo vehicular y de la verificación vehicular semestral (Galarza y López, 2016).

De manera complementaria a los beneficios otorgados a los consumidores, desde 2016 se han presentado propuestas para dejar a los vehículos eléctricos –preferentemente a los ensamblados en México– inafectos del pago de IVA. Al mismo tiempo, instituciones como la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) vienen proponiendo acciones para el desarrollo de un plan de implementación de estaciones de carga a nivel nacional.

#### a) Beneficios tributarios

El primer beneficio concedido está relacionado a la Ley de Impuesto sobre la Renta (ISR), la cual establece el porcentaje de deducción del ISR por la adquisición de vehículos. La



Taxi eléctrico cargando en un estacionamiento de Ciudad de México. Foto:Shutterstock.

ley ofrecía la posibilidad de deducir hasta 175 000 pesos (USD 9135), sin tomar en cuenta el valor del vehículo. No obstante, luego de aprobar la reforma de la norma, el 30 de noviembre de 2016, se autorizó una deducción de hasta 250 000 pesos (USD 13 050) exclusiva para vehículos eléctricos. De igual manera, conforme se indicó al inicio de este apartado, el artículo 16 de la Ley de Ingresos dispone la exención del pago del ISAN a los automóviles con propulsión por baterías eléctricas y a aquellos que, siendo eléctricos, cuenten con motor de combustión interna o accionado con hidrógeno.

Adicionalmente, se exige del pago de tenencia a los dueños de vehículos eléctricos de batería e híbridos en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chihuahua, Coahuila, Colima, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México (durante los primeros cinco años), Morelos, Nayarit,

Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Hinicio, 2017).

#### b) Exoneración de la verificación ambiental y restricción al tránsito vehicular

Según el diagnóstico desarrollado por Hinicio (2017), los estados de Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y Ciudad de México implementaron el programa de verificación denominado “Hoy No Circula”, que consiste en definir anualmente un horario de circulación permitido, de acuerdo con la clasificación del automóvil. Sin embargo, los vehículos eléctricos pueden circular libremente y sin restricciones, beneficiando a los usuarios que acceden a este tipo de transporte.

#### c) Estacionamiento preferencial

En línea con lo dispuesto en el artículo 203 de la Ley de Movilidad de la Ciudad de México, tanto los estacionamientos públicos como

## RECUADRO 8-9

### Normas europeas sobre emisiones y su aplicación en Latinoamérica

La normativa asociada a la emisión de contaminantes que rige en los países miembros de la Unión Europea se basa en las reglas establecidas por la Comisión Europea que: i) determinan los límites permitidos para las emisiones de gases de los vehículos nuevos comercializados dentro de los países miembros, y ii) renuevan los requisitos periódicamente. Con respecto a vehículos ligeros, la Comisión Europea ha emitido, hasta 2019, cinco directivas que regulan los límites de contaminación por etapas, todas ellas modificaciones de la Directiva N 70/220/CEE, en la que se fijaron los primeros estándares aceptados. La última directiva propuesta es conocida como Euro 6. No obstante, la mayoría de países latinoamericanos cuenta con normativa alineada a los estándares previos. Solo Chile acondicionó sus políticas a la Euro 6.



Fuente: Galarza y López (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

privados deben facilitar espacios exclusivos para vehículos con placa de matrícula verde, entre los que se encuentran los VE, además de acondicionar infraestructura para garantizar la seguridad de los usuarios.

#### d) Instalación de medidores diferenciados

En México existe un programa promovido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que busca beneficiar a los usuarios de automóviles eléctricos enchufables—tanto de batería como híbridos— que cuentan con puntos de carga residenciales. La ventaja del programa es que permite a los usuarios diferenciar el nivel de consumo atribuido a la recarga del vehículo del de la vivienda, gracias a la instalación de un medidor exclusivo para el punto de carga del auto. Así, el propietario de este medio de

transporte evita ser clasificado dentro de la tarifa doméstica de alto consumo (DAC) e incluso tiene la opción de acceder a tarifas preferenciales para recarga.

#### e) Facilidades de financiamiento

Como parte del programa para introducir taxis eléctricos en la Ciudad de México llevado a cabo en 2015, se implementó un mecanismo de “chatarreo” remunerado para vehículos con más de 10 años de antigüedad (Hinicio, 2017). Según el diagnóstico elaborado por Hinicio (2017), el mecanismo consistió en la entrega de un crédito de 45 000 pesos (USD 2349) con vigencia de seis años a una tasa de interés anual del 12%, siempre que el dinero sea destinado para la adquisición de un nuevo VE. Del mismo

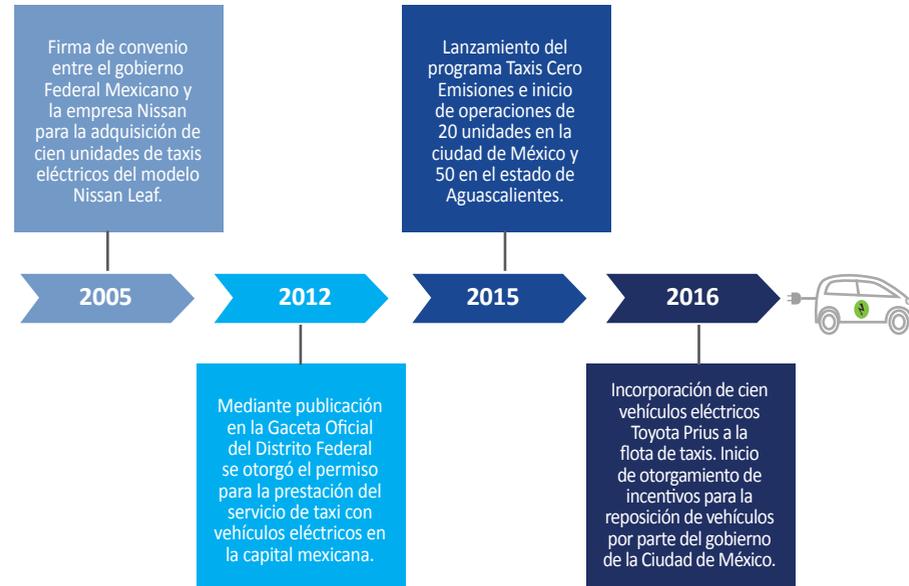
modo, existe interés de la Ciudad de México para reducir el costo de adquisición de los vehículos eléctricos y sus autoridades vienen negociando con fabricantes del mercado nacional y considerando la posibilidad de otorgar subsidios<sup>81</sup>.

### 8.8.2. Casos de éxito en movilidad eléctrica e híbrida

#### a) Programa Piloto Taxis Cero Emisiones

El programa Taxis Cero Emisiones se implementó con el objetivo de introducir vehículos eléctricos en la flota de taxis de la Ciudad de México. Según Slowik, Araujo, Dallman y Façanha (2018), México es uno de los cinco países que cuenta con este tipo de iniciativas, al igual que China, Reino Unido, Países Bajos e India; y es el único país latinoamericano que ha llegado a implementarla. A continuación, a fin de

**Ilustración 8-11**  
Línea de tiempo del Programa piloto Taxis Cero Emisiones: 2009-2016



Fuente: Hinicio (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



Taxi eléctrico en México. Foto: Shutterstock.

describir la evolución del programa piloto, la **ilustración 8-11** presenta los acontecimientos más importantes ocurridos durante la implementación del proyecto, los cuales abarcan desde la firma de los primeros acuerdos en 2009 hasta la última incorporación de vehículos nuevos en 2016.

#### b) Fabricación nacional de autobuses eléctricos

Los avances más significativos en el segmento de buses eléctricos de México han venido de la mano de la empresa Dina, que tiene experiencia en el ensamblaje y comercialización de trolebuses<sup>82</sup> desde 2013. Al respecto, con base en la información de Hinicio (2017), Dina se encuentra trabajando en la fabricación de buses eléctricos de batería, los cuales serían incorporados al sistema de Buses de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés) para ser destinados al transporte público masivo y le permitirían empezar a competir con grandes fabricantes como Volvo y Yutong quienes ya tienen propuestas concretas para destinar sus

productos al Servicio de Transportes Eléctricos (STE) de la Ciudad de México.

#### c) Instalación de estaciones de carga

Schneider Electric, en coordinación con el gobierno de la Ciudad de México, han instalado 250 estaciones de carga gratuita, principalmente en lugares públicos, con el fin de desplegar la infraestructura necesaria para promover el uso de vehículos eléctricos enchufables. De la misma manera, las filiales de Nissan y BMW en México suscribieron un acuerdo que permite a los clientes de ambas empresas recargar sus automóviles, también de manera gratuita, en cualquiera de las electrolineras instaladas por ellos.

#### d) Desarrollo de ciencia y tecnología

La evolución del mercado de vehículos eléctricos y, en especial, del segmento de buses de batería ha captado el interés de un grupo de investigadores mexicanos de Azcapotzalco, que luego de dos décadas de estudio ha constituido la empresa Vehículos

**México ha logrado implementar con éxito programas para introducir vehículos eléctricos en el servicio de taxi.**

Eléctricos Corporativos y creado buses con una capacidad superior a cien pasajeros, así como unidades de transporte de carga pesada de hasta 1.5TM. Cabe enfatizar que dicho segmento tiene un atractivo especial: el precio de venta por vehículo producido bordea los USD 320 000 y pueden obtenerse ganancias significativas.

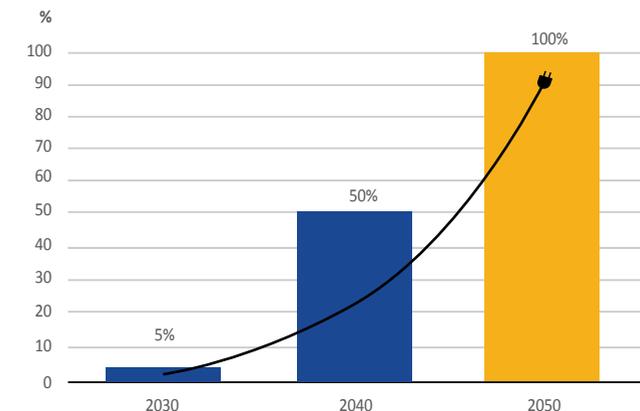
### 8.8.3. Metas

#### a) Incrementar la participación de mercado

Con la finalidad de definir metas y acciones que contribuyan a incentivar la producción de vehículos eléctricos a corto plazo, incrementar su penetración, aumentar su participación de mercado en la industria automotriz e instalar más estaciones de carga. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) lideró el lanzamiento de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de México, iniciativa presentada en setiembre de 2018.

Por otro lado, si bien la Semarnat lideró la estrategia, la implementación de la misma cuenta con la colaboración de la Secretaría de Energía (Sener), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Economía, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y representantes de la industria de vehículos eléctricos (Mañez, Bermúdez y Araya, 2018).

**Gráfico 8-8**  
Participación de mercado esperada del segmento de vehículos eléctricos



Fuente: Mañez et al. (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Asimismo, luego de implementar la estrategia, se tiene la meta de incrementar la participación de mercado del segmento de vehículos eléctricos al 5% en 2030, 50% en 2040 y 100% en 2050; para lo cual, con base en la estimación del Mañez *et al.* (2018), deberán introducirse 500 000 vehículos eléctricos livianos y 7000 unidades de carga pesada entre 2019 y 2030 (ver **gráfico 8-8**).

### Ilustración 8-12 Corredor con estaciones de carga para vehículos eléctricos



Fuente y elaboración: El Financiero.



Estación de carga BMW. Foto: El Financiero<sup>83</sup>.

#### b) Aumentar el número de estaciones de carga

De acuerdo con Mañez *et al.* (2018), al tercer trimestre de 2018 existían 2017 estaciones de carga públicas instaladas en el marco de un programa de alcance nacional llevado a cabo gracias al trabajo conjunto de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Energía (Sener), con el financiamiento del Fondo para la Transición Energética (Fotese). Dada la creciente demanda de vehículos eléctricos enchufables, tanto híbridos como de batería, el objetivo del programa es instalar corredores eléctricos en la Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara y Saltillo, con el apoyo del sector privado.

#### c) Incentivar la producción de vehículos eléctricos en el país

Pese a que México no produce vehículos eléctricos a gran escala, el propósito de hacerlo y ensamblar este tipo de vehículos dentro del país ha aumentado notablemente desde 2018. Incluso, según Mañez *et al.* (2018) existen, al menos, dos conglomerados nacionales que vienen trabajando en el diseño y fabricación de dichos automóviles. En línea con lo anterior,



Fábrica de autos eléctricos en Puebla. Foto: Shutterstock.

empresas internacionales que operan en México, como Renault, BMW y Ford, han mostrado su interés por ensamblar sus vehículos dentro del país próximamente.

#### d) Promover el uso de vehículos eléctricos en el transporte público

Además de la puesta en marcha del Programa Piloto Taxis Cero Emisiones implementado por el Gobierno Federal, la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME)<sup>84</sup> viene desarrollando un proyecto que busca introducir taxis eléctricos en los 18 municipios que limitan con la Ciudad de México (Mañez *et al.*, 2018).

## 8.9. AUSTRALIA

Australia es uno de los países desarrollados que más está tardando en adoptar VE en su parque automotor. Según datos a 2017, los vehículos eléctricos componían un segmento relativamente pequeño de la flota total, considerando que, de los aproximadamente 17 millones de vehículos livianos para pasajeros en este país, solo cerca de 7300 eran eléctricos. Asimismo, los vehículos eléctricos también representan aún un segmento pequeño del mercado total de autos vendidos en Australia, cerca del 0.2% de la cuota de mercado en 2017 (ClimateWorks Australia, 2018: 6).

Como se observa en el **gráfico 8-9**, si bien la participación de los vehículos eléctricos aún es pequeña en Australia, en 2017 se observó un notable crecimiento en sus ventas, alcanzando la cifra de 2284 VE vendidos, lo que representó un incremento del 67% con respecto al año anterior.

En 2018, el número de las estaciones de carga también creció sustancialmente, pasando de 476 en 2017 a 783 en 2018, lo que representó un incremento del 64% (ClimateWorks

Australia, 2018: 13). En los últimos años, se han producido algunos avances políticos notables en Australia, principalmente en los niveles de gobierno estatal, territorial y local<sup>85</sup>. La mayoría de los gobiernos estatales y territoriales de Australia han anunciado o están desarrollando un marco o estrategia de política general para vehículos eléctricos.

En una encuesta en línea realizada a 1086 residentes de los estados de Victoria, Nueva Gales del Sur y el Territorio de la Capital de Australia<sup>86</sup>, se preguntó a los encuestados sobre su conocimiento y percepción general de los vehículos eléctricos. Cuando se consultó sobre las políticas gubernamentales orientadas a promover el uso de VE, los encuestados calificaron los subsidios para reducir el costo de compra de VE, los subsidios para la instalación de infraestructura de carga doméstica y la provisión de infraestructura de carga pública, como los puntos más

importantes que debe abordar la política (ver **gráfico 8-10**).

### 8.9.1. Mecanismos implementados

Australia actualmente no cuenta con un marco de política nacional de promoción del uso de vehículos eléctricos y los incentivos que se aplican son aún limitados si los comparamos con los establecidos por sus pares globales. En tal sentido, la política general se ha limitado a descuentos sobre las tarifas de los derechos de timbre y del registro, así como a brindar un soporte parcial en la infraestructura de recarga pública.

#### a) Descuentos sobre derechos de timbre y registro

Algunos estados de Australia ofrecen descuentos en las tarifas anuales de registro y en el impuesto de timbre, pagaderas en

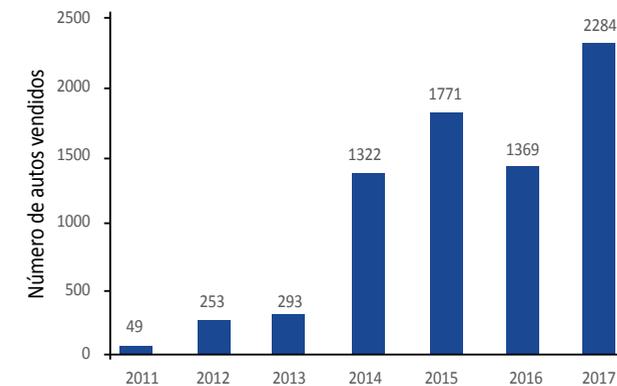
los nuevos VE, a fin de fomentar la compra. Por ejemplo, el gobierno del Territorio de la Capital de Australia actualmente ofrece un impuesto de timbre de cero (*zero stamp duty*) para los vehículos nuevos con cero emisiones y un 20% de descuento en las tarifas de registro (Commonwealth of Australia, 2019: 84).

#### b) Descuentos en impuestos

Hay cuatro impuestos federales que se aplican a las ventas de todos los vehículos motorizados, incluidos los vehículos eléctricos:

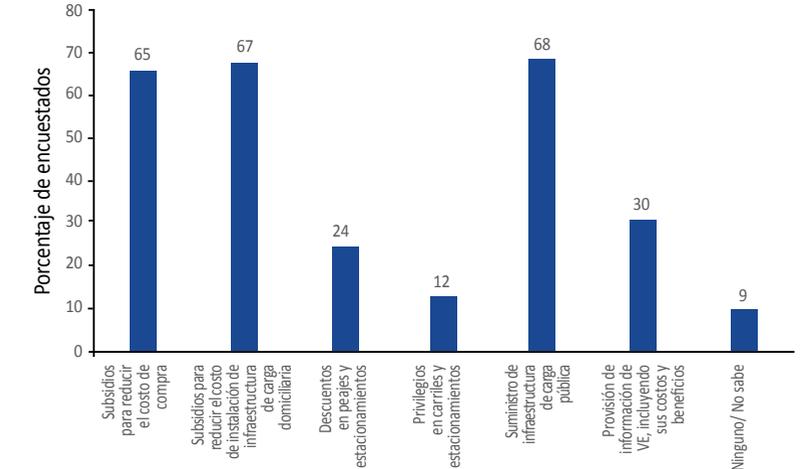
- Impuesto a los bienes y servicios (GST)*  
Se aplica una tasa del 10% al precio de compra de un nuevo vehículo motorizado. En la actualidad, la única exención para pagar este impuesto en un vehículo motorizado es si su uso se destina, total o parcialmente, a llevar

### Gráfico 8-9 Vehículos eléctricos vendidos en Australia (2011-2017)



Fuente: ClimateWorks Australia (2018:6). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

### Gráfico 8-10 Percepción de los consumidores con respecto a las políticas gubernamentales sobre el uso de vehículos eléctricos



Fuente: ClimateWorks Australia (2018:20). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

a cabo actividades relacionadas con negocios. No hay exenciones de GST para vehículos motorizados comprados para uso personal. Se ha sugerido al Parlamento de Australia evaluar la exención o descuento del GST en todas las nuevas compras de vehículos eléctricos, ya sea por un periodo específico, como por ejemplo tres años, o hasta que se alcance una proporción no especificada de la flota de vehículos existente (Commonwealth of Australia, 2019: 88).

- ii) *Impuesto a los automóviles de lujo (LCT<sup>87</sup>)*. Este impuesto es equivalente al 33% del valor de cualquier vehículo (incluido el impuesto GST) que supere el umbral establecido para el año fiscal en curso. El umbral para el periodo 2018-2019 es de AUD 66 331 (USD 45 457). En la actualidad, existe una exención parcial para los vehículos de uso eficiente de combustible (*fuel-efficient vehicles*<sup>88</sup>) que eleva el umbral a AUD 75 526 (USD 51 758) para estos casos. Esta incluye a los vehículos eléctricos. A una tasa LCT

del 33%, esto se traduciría en un ahorro fiscal de hasta AUD 3442 (USD 2359) (Commonwealth of Australia, 2019: 8).

- iii) *Impuesto sobre las prestaciones suplementarias (FBT<sup>89</sup>)*. Este impuesto es pagado por los empleadores sobre ciertos beneficios que brindan a sus empleados o a la familia de sus empleados u otros asociados. Un ejemplo de estas prestaciones suplementarias que están sujetas al FBT es cuando se permite a un empleado usar un vehículo del trabajo para propósitos privados. Hydrogen Mobility Australia (HMA) declaró que la eliminación del FBT en vehículos eléctricos y otros vehículos con cero emisiones ayudaría a “mitigar los costos típicamente más altos de estos vehículos” (Commonwealth 2019: 89). No obstante, a la fecha no se ha establecido ninguna política específica de reducción o eliminación del mismo para los vehículos con esta tecnología.
- iv) *Impuesto de importación*. Actualmente, existe un impuesto de importación del 5% sobre todos los vehículos motoriza-

dos importados (excluyendo a los que son importados desde países con los cuales Australia tiene acuerdos de libre comercio). Según la Cámara Federal de Industrias Automotrices (FCAI), este impuesto estaría actuando como un freno para las nuevas tecnologías que ingresan al mercado australiano. Sin embargo, a la fecha, no se ha desarrollado ninguna política de reducción de este impuesto para los VE (Commonwealth of Australia, 2019: 88).

#### d) Infraestructura de recarga pública

Muchos autores consideran que aumentar el número de estaciones de carga es un factor clave para elevar la adopción de VE. En línea con ello, el gobierno del Territorio de la Capital de Australia ha solicitado que el despliegue de la infraestructura de carga pública sea impulsado por una estrategia coordinada a nivel nacional que permita que la red llegue a las capitales, instituciones nacionales, centros regionales y áreas rurales (Commonwealth of Australia, 2019: 104).

El gobierno de Queensland ha comprometido otros AUD 2.5 millones (MMUSD 1.71) para construir estaciones de carga adicionales en nuevos sitios a lo largo de la Súper Autopista Eléctrica de Queensland. En la actualidad, Queensland tiene el mayor número de cargadores rápidos con respecto a los otros estados de Australia. El número de sitios de carga más lenta también ha aumentado (Commonwealth of Australia, 2019: 10).

#### e) Provisión de información

El Departamento de Infraestructura, Desarrollo Regional y Ciudades del gobierno australiano administra dos medidas que proporcionan información a los consumidores: la etiqueta obligatoria de consumo de combustible para vehículos

livianos nuevos y el sitio web denominado Green Vehicle Guide<sup>90</sup> (GVG). Tanto la etiqueta como el GVG ayudan a los consumidores a elegir vehículos más eficientes. Los 20 modelos de vehículos con mejor desempeño actualmente listados en el GVG son híbridos eléctricos o enchufables (Commonwealth of Australia, 2019: 8).

#### f) Investigación+Desarrollo

La Agencia Australiana de Energías Renovables (ArenA<sup>91</sup>) está financiando investigaciones orientadas a conocer las preferencias de los consumidores por los vehículos eléctricos. Asimismo, la Corporación de Financiación de Energía Limpia (CEFC<sup>92</sup>) ha aportado hasta AUD 950 millones (MMUSD 651.03) en capital disponible para ayudar a las empresas con inversiones en vehículos de bajas emisiones.

Además, CEFC y ArenA le encargaron a Energeia que completara un estudio del mercado australiano sobre vehículos eléctricos, con el objetivo de ayudar a las nuevas empresas a comprender sus necesidades (Commonwealth of Australia, 2019: 8).

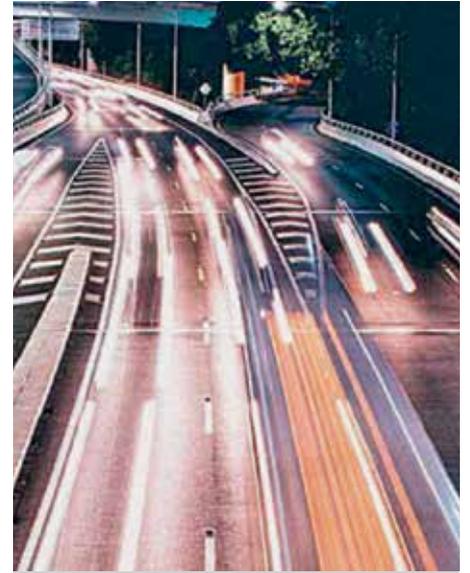
Como se aprecia de lo descrito en esta sección, la política nacional de promoción

de los vehículos eléctricos aún es limitada en Australia. No obstante, cada uno de los gobiernos estatales y territoriales ha desarrollado algunas políticas en aras de dar los primeros pasos hacia la electromovilidad en sus jurisdicciones. El **cuadro 8-6** resume las políticas actuales de los gobiernos federales, estatales y territoriales australianos que promueven la adopción de vehículos eléctricos en sus jurisdicciones.

### 8.9.2. Casos de éxito en movilidad eléctrica e híbrida

#### a) Primera Súper Autopista Eléctrica más larga del mundo<sup>93</sup>

Uno de los principales obstáculos para el desarrollo de los vehículos eléctricos es la falta de infraestructura de puntos de recarga. Por este motivo, el gobierno australiano puso en marcha la ejecución de la Súper Autopista Eléctrica de Queensland (QESH, por sus siglas en inglés), proyecto desarrollado en conjunto entre el grupo Energy Queensland<sup>94</sup>, Economic Development Queensland<sup>95</sup> y el Departamento de Transporte y Caminos Principales. En concreto, la idea es que a lo largo de los más de 1600 km de costa del estado de Queensland, ubicado al norte de



Vía rápida en Queensland (Australia). Foto: iMove<sup>96</sup>.

Australia, se ubiquen estaciones de carga rápida, permitiendo que los vehículos eléctricos puedan realizar el recorrido desde la frontera sur del estado hasta su extremo norte, sin problemas. Dada su extensión, se ha constituido en la primera Súper Autopista Eléctrica más larga del mundo.



Tesla Model X en una estación de carga (Australia). Foto: Shutterstock.

**Cuadro 8-6**  
Resumen de la política gubernamental federal, estatal y territorial de promoción del uso de vehículos eléctricos

		ACT	NSW	NT	QLD	SA	TAS	VIC	WA	cwth
Incentivos financieros	Descuentos sobre derechos de timbre ( <i>stamp duty</i> ), registro e impuestos	✓	✓	✓	✓			✓		✓
	Soporte para la compra de flotas									✓
	Incentivos a la infraestructura de carga	✓			✓		✓			
	Descuentos en peajes y estacionamientos				✓					
Incentivos no financieros	Privilegios en carriles y estacionamientos	✓								
	Pilotos de transporte público de vehículos eléctricos	✓		✓		✓				
	Política de la flota del gobierno	✓	✓			✓	✓			
	Programas de información y educación	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓

Fuente: ClimateWorks Australia (2018:26). Elaboración: GPAAE-Osinergmin.

El gobierno de Queensland planteó que en la fase inicial, la autopista pueda usarse libremente, es decir, sin peajes. Además, se estableció que la electricidad suministrada en las estaciones de carga rápida proceda de fuentes renovables. A la fecha se han instalado estaciones de carga rápida en 17 pueblos y ciudades a lo largo de la costa de Queensland, como parte de la primera fase del proyecto. Estas tienen la capacidad de recargar un Nissan Leaf al 80% entre 20 y 30 minutos.

Como parte de la segunda fase, se ha aprobado un proyecto para instalar estaciones de carga adicionales a lo largo de la QESH, con una inversión de AUD 2.5 millones. Queensland también está coordinando con su vecino, Nueva Gales del Sur, para garantizar que las ubicaciones agregadas durante la segunda fase del proyecto sean convenientes para los usuarios que conducen de un estado a otro<sup>97</sup>.

#### b) Proyecto para instalación de una red de estaciones de carga ultrarrápida<sup>98</sup>

Como ya se ha mencionado, la ausencia de

acceso a estaciones de recarga representa una limitación importante para la adopción de vehículos eléctricos en Australia. Por tal motivo, la agencia gubernamental para el desarrollo de infraestructuras – Infrastructure Australia – incorporó en su listado anual de proyectos prioritarios para 2019 la creación de una red nacional de carga de vehículos eléctricos.

En este marco, la empresa australiana Chargefox Pty es la responsable de desplegar la primera red de carga de vehículos eléctricos interestatal de Australia. Esta se unirá a la Súper Autopista Eléctrica de Queensland, permitiendo a los conductores atravesar el extremo norte de Queensland hasta Adelaide<sup>99</sup>. El proyecto implica la instalación de 21 estaciones de carga en las principales autopistas interestatales, para lo cual Chargefox eligió los cargadores ABB Terra de alta potencia. Las estaciones funcionarán con energía renovable y prometen suministrar hasta 400 km de autonomía en 15 minutos.

Chargefox inauguró en 2018 su primer

emplazamiento en Victoria con la instalación de dos unidades del cargador rápido Terra HP 350 kW de ABB. El segundo emplazamiento también incorporará dos cargadores de la misma tecnología en Barnawartha North y entrará en servicio a fines de 2019. Se espera que la red de carga esté operativa antes de 2020.

#### c) Melbourne Water y su plan de adquirir flota de vehículos cero emisiones<sup>100</sup>

La empresa Melbourne Water ha desarrollado un plan anual orientado a cambiar su actual flota operativa a vehículos eléctricos, estableciéndose como meta que para 2027 su flota esté totalmente conformada por vehículos 100% eléctricos. Para facilitar la transición, la empresa está incorporando una infraestructura de carga en sitios estratégicos dentro de sus instalaciones. También considera la instalación de energía solar, para sostener cargas con cero emisiones. Asimismo, se comprometió a no comprar ningún vehículo de motor de combustión interna donde una alternativa de vehículo eléctrico de cero emisiones esté disponible.



Vehículos eléctricos de la empresa Melbourne Water.

Foto: Fleet Auto News<sup>102</sup>.

#### d) Impulso a la industria de las baterías para vehículos eléctricos<sup>101</sup>

En el estado de Australia del Oeste se ha creado un consorcio público privado denominado The Future Battery Industries Cooperative Research Center, conformado por 58 empresas privadas y respaldado por el gobierno federal, con el objetivo de impulsar la fabricación y suministro de baterías para vehículos eléctricos. La base de esta iniciativa consiste en la creación de un centro de investigación durante 2019, el cual estudiará las fortalezas y debilidades de la industria australiana, a fin de evaluar y crear oportunidades de negocio orientadas a procesar, fabricar y suministrar baterías. En tal sentido, el consorcio buscará crear las herramientas y tecnologías necesarias para desarrollar la industria de baterías, desde la extracción y el procesamiento de los minerales para su fabricación hasta el despliegue en los hogares, comunidades y la industria, incluyendo su posterior reciclaje y reutilización.

### 8.9.3. Metas

A la fecha no existe un marco de política nacional de promoción del uso de vehículos eléctricos; sin embargo, la mayoría de los gobiernos estatales y territoriales de Australia ha anunciado o está desarrollando un marco o estrategia de política general de promoción de la electromovilidad.

El gobierno del Territorio de la Capital de Australia lanzó su Plan de Acción Transición a Vehículos de Cero Emisiones 2018-21. En este se compromete a transformar la flota de su gobierno en vehículos 100% eléctricos durante ese ciclo de tres años. Por otro lado, el gobierno de Tasmania presentó su Plan de Acción para el Cambio Climático de Tasmania 2017-2021, denominado Climate Action 21, que incluye una serie de elementos de acción para impulsar el uso de VE en su estado.

Asimismo, el gobierno de Queensland lanzó su estrategia de promoción del uso del VE

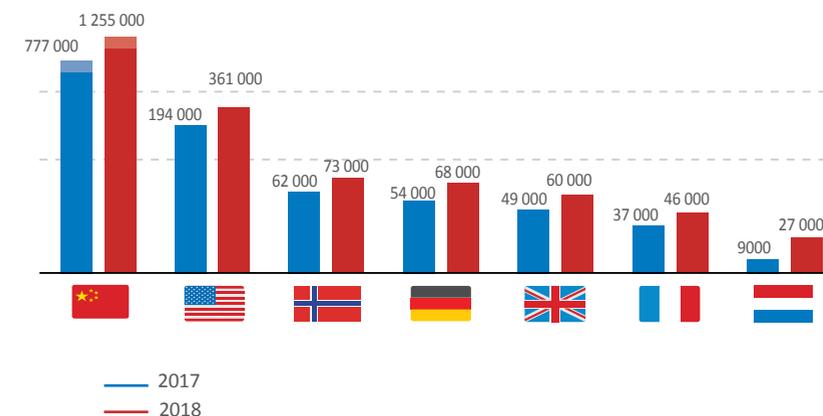
denominada The Future is Electric, mientras que el de Nueva Gales del Sur informó que lanzó su Estrategia de Transporte Futuro a consulta pública. Finalmente, el gobierno de Australia del Sur ha anunciado que se encuentra desarrollando una estrategia de vehículos eléctricos y el gobierno del Territorio del Norte está evaluando la elaboración de un marco de cambio climático (Commonwealth of Australia, 2019: 9).

### 8.10. CHINA<sup>103</sup>

China es uno de los países en los cuales la electromovilidad se ha desarrollado a pasos agigantados debido a la promoción de políticas de financiamiento a favor de los nuevos vehículos de energía (NVE)<sup>104</sup>, el crecimiento de la infraestructura de carga, criterios de estandarización y supervisión del gobierno. Esta iniciativa parte como una política industrial para contrarrestar la contaminación del aire que es producida por la emisión de GEI de los vehículos de combustión interna y para reducir la dependencia del petróleo (el porcentaje de consumo de combustible del sector transporte creció de 14.65% a 37.72% en el periodo de 1990-2014).

En China, la investigación y el desarrollo de la industria de VE comenzó en la década de 1990. Debido a presiones, tanto de sustitución de combustibles como de cuidado del ambiente, los VE y sus tecnologías relacionadas han experimentado logros considerables: este país se ha convertido en el mercado de automóviles de pasajeros más grande del mundo desde 2009. Actualmente, el gigante asiático es el jugador clave en el mercado de VE por su participación en el mercado global y el crecimiento exponencial de sus ventas. El Centre of Automotive Management (Bratzel, 2019) señaló que las ventas globales de VE —incluidos los comerciales— fueron de 2.1

Gráfico 8-11  
Volumen de ventas de VEHE y VEB por países, 2017 y 2018



Fuente y elaboración: Bratzel (2019).

millones de unidades en 2018. De los cuales, casi el 60% de los VE fueron vendidos en China.

Aprovechando el impulso del rápido desarrollo de la industria de VE, se han creado muchas empresas destacadas de EV en los últimos años. En términos de VE de pasajeros, BAIC, BYD, JAC, Chery y SAIC son los cinco principales vendedores en 2018— BAIC y BYD lograron más de 100 000 VE vendidos al año (Bloomberg)-. Por otro lado, Yutong, King Long, Zhong Tong, Nanjing Gold Dragon y BYD toman los primeros cinco lugares en ventas de buses eléctricos.



Bus eléctrico recorriendo calles de Shenzhen (China). Foto: Shutterstock.

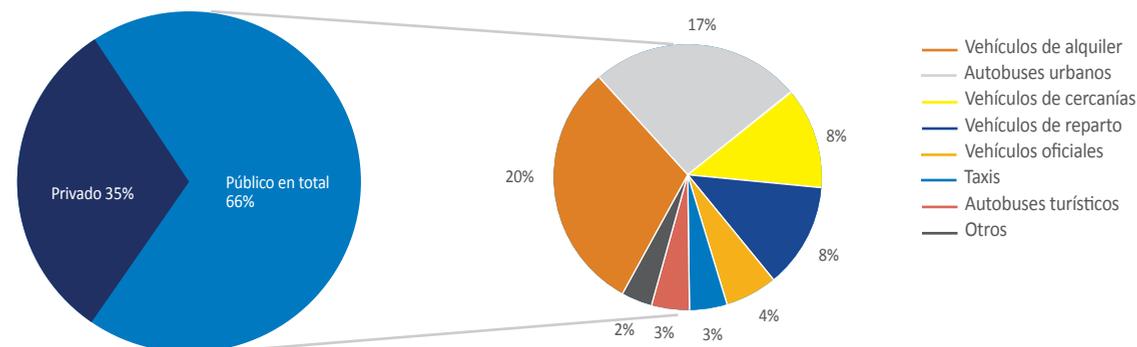
Con el rápido desarrollo de la industria de los VE, se han identificado algunas tendencias. Según China Automotive Technology & Research Center (Cheng y Tong, 2017), hacia finales de 2015, alrededor de 35% de los VE se vendían a usuarios privados y el 65% se adquiría mediante compra pública, en la que los vehículos de alquiler y los autobuses urbanos tuvieron mayor participación (ver **gráfico 8-12**). Y dentro del mercado privado, casi la mitad de las ventas de VE

se distribuyeron en Shanghái (26%), Beijing (14%) y Shenzhen (8%).

China aún no ha alcanzado la totalidad de potencialidad en términos de NVE. Por ejemplo, en 2015 la densidad de vehículos particulares fue de 121 por 1000 habitantes y para 2021 se incrementaría a 200. Esta densidad aún es baja comparada con la de Alemania (555 de vehículos particulares por 1000 habitantes); sin embargo, las ciudades

de Pekín, Shanghái o Shenzhen presentaron marcadas diferencias. Por ejemplo, la primera ya supera la densidad que China tendría para 2021 (260 vehículos particulares por 1000 habitantes), esto ha ocasionado varios problemas de tráfico y una grave contaminación del aire. Por ello, los gobiernos municipales tienen entre sus políticas la disminución de vehículos de combustión interna al mismo tiempo de promover los NVE.

**Gráfico 8-12**  
Distribución de ventas de VE en China en 2015



Fuente y elaboración: Cheng y Tong (2017).

Por el lado de los inversionistas, dado el creciente reconocimiento de los VE en la sociedad y las personas en diferentes campos de estudio, cada vez más empresas científicas o de Internet anuncian su participación en la industria de los VE con sus fuertes reservas de capital, tecnología y talento. Por ejemplo, en 2015, Alibaba y SAIC Motors conformaron un fondo de USD 161 millones para desarrollar el primer vehículo conectado a Internet, con el objetivo de impulsar tecnología para la conducción autónoma.

Uno de los factores importantes a considerar para el desarrollo de un mercado de VE, es la infraestructura referente a la cantidad y la ubicación de las instalaciones de carga disponibles, por lo tanto, la construcción de infraestructura de carga es vital para el

crecimiento de la industria, pues se relaciona directamente con la aceptación de los clientes hacia los VE. Con ese fin, China planificó la construcción de 4.3 millones de puntos de carga y 2397 estaciones públicas de carga a terminar antes de 2020. Sin embargo, la relación de puntos de carga y ventas de VE ha tenido una tendencia a la baja, la proporción fue de 16% en febrero de 2017, lo que indica que más de seis VE compartieron una pila de carga.

### 8.10.1. Objetivos de la política industrial

China está realizando un particular esfuerzo para reemplazar los vehículos convencionales por eléctricos. En la **ilustración 8-13** se describen cuáles son las principales entidades del gobierno chino (y sus responsabilidades) que fueron claramente confirmadas en el Aviso sobre la emisión Planificación para

el Desarrollo de la Industria Automotriz de Energía Nueva y Ahorro de Energía (2012-2020) por el Consejo de Estado.

El Plan Hecho en China 2025 Programa de Desarrollo Nacional (publicado en mayo de 2015 por el Consejo de Estado) resalta la importancia del desarrollo industrial de la electromovilidad y establece objetivos para los fabricantes de vehículos chinos.

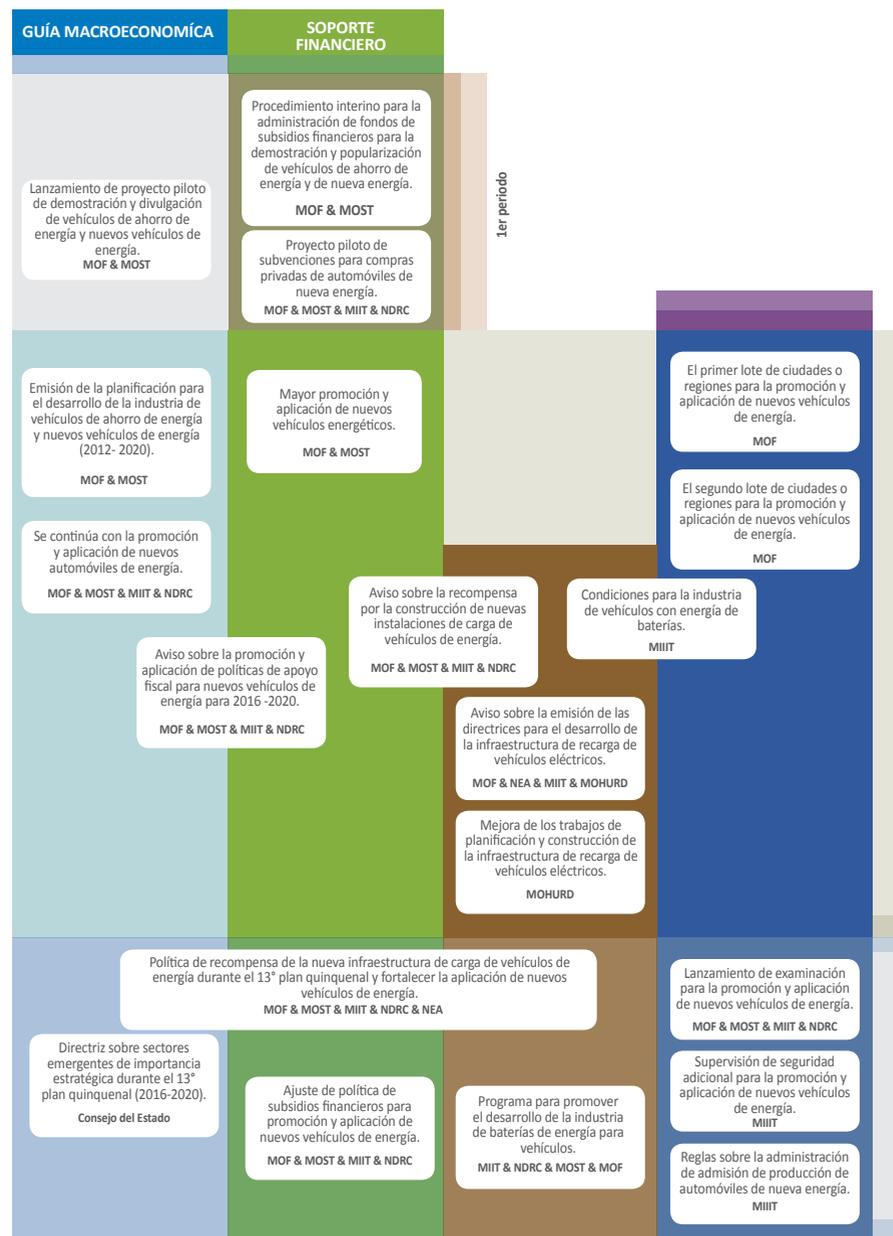
En este documento se establece que cerca de dos millones de VEB y VEHE están en los planes de producción para 2020 y este valor aumentaría a tres millones para 2025 (80% de participación del total de ventas de vehículos). Las exportaciones chinas de VEB y VEHE tendrían una participación de 10% con respecto a las exportaciones totales de vehículos para 2025. Estos objetivos también

**Ilustración 8-13**  
Principales actores en la política industrial china



Fuente: Retzer, Huber y Wagner (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

## Ilustración 8-14 Resumen de políticas de VE en China desde 2009 a febrero de 2017



Nota. MOF, Ministerio de Finanzas de China, MOHURD, Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural de China, SAT y Administración Estatal de Tributación de China. Fuente: Cheng y Tong (2017). Elaboración: GPAE-Osinermin.

incluyen tener una participación de 80% de los suministros principales de los VE. China está invirtiendo en I+D de componentes clave de la industria de la electromovilidad, estandarización y certificación, y cooperación internacional.

Asimismo, las políticas que mejoran la calidad del aire en las zonas urbanas son necesarias en China. En este caso, los gobiernos locales han tomado medidas sobre este tema, por ejemplo, en la ciudad de Shenzhen se ha reemplazado toda la flota de buses convencionales por más de 16 000 buses eléctricos. Además, se han desplegado incentivos estatales para fomentar el cambio hacia buses eléctricos, esto ha posibilitado que en 2016, el 70% del total de las ventas de buses fueran eléctricos.

Actualmente, en China operan más de 250 000 buses eléctricos producidos por fabricantes chinos como BYD y Yutong, los cuales se han expandido internacionalmente. Por ejemplo, BYD ha enviado una flota de buses eléctricos hacia Londres, la más grande de Europa.

### 8.10.2. Políticas de fomento de la electromovilidad en China

En línea con el desarrollo de la industria de VE, los gobiernos han emitido una serie de medidas con el fin de mantener el desarrollo de la industria saludable y estable.

Las políticas se clasifican en cuatro categorías: (i) orientación macroeconómica, (ii) apoyo financiero, (iii) facilidad de carga y baterías y (iv) supervisión (ver **ilustración 8-14**).

El desarrollo masivo de VE en China comenzó en 2009 con la ejecución del proyecto piloto

10 ciudades 1000 VE, el cual se planteaba implementar 1000 VE en 10 ciudades por cada año. La primera etapa del desarrollo de VE (2009-2012) tuvo como programa piloto los subsidios al consumo de estos vehículos, con el objetivo de fomentar el ahorro de energía. La segunda etapa comenzó con la publicación del Plan el Desarrollo de la Industria Automotriz de Energía Nueva y Ahorro de Energía (2012-2020) en julio de 2012. En este se establece —por primera vez— que el VEB es una prioridad estratégica y un plan de venta de 500 000 unidades en 2015 y cinco millones en 2020. En 2013, se continúa con la Promoción y Aplicación de Automóviles de Nueva Energía, donde se determinan estrategias para la eliminación gradual de los subsidios y los estándares para los mismos, pues estos dirigen no solo el mercado, sino también la orientación tecnológica. Asimismo, se establecen políticas de subsidios y también exenciones de impuestos para las compras de VE.

En 2016, el 13° Plan quinquenal para el desarrollo económico y social de China incluyó a los NVE como una de las seis

industrias emergentes estratégicas. Las posteriores políticas se enfocaron en los incentivos financieros (subsidios) y no financieros y supervisión, con el objetivo de un desarrollo sostenible y ordenado de la industria de VE.

### 8.10.3. Instrumentos económicos

Según Retzer *et al.* (2018), el gobierno chino brinda generosos subsidios para los VE de pasajeros que pueden llegar hasta los 8500 euros (USD 9527), considerando características de rango de kilometraje, factores de densidad energética y consumo de energía (ver **anexo 3**). Además, en algunas ciudades, los gobiernos locales pueden otorgar subsidios adicionales. Otra medida para favorecer a los NVE es la eliminación del impuesto a la compra, salvo para un número reducido de NVE importados.

Entre 2009 y 2015, China destinó un total de 4500 millones de euros para el pago de subsidios para la compra de NVE. Cabe destacar que ninguno de los NVE importados recibe subsidio

**El gobierno chino brinda subsidios de hasta USD 9527 para VE de pasajeros.**

por parte del Estado. Si bien China ofrece varios tipos de montos de subsidios según las características de los NVE, la tendencia es que los requerimientos técnicos también aumenten cada año. Por ejemplo, el mínimo rango para el subsidio de VEB de pasajeros se incrementó de 100-150 km a 150-200 km, entre 2017 y 2018. Para el mismo caso, los requisitos de densidad energética pasaron de 90 Wh/kg a 105 Wh/kg.

Los vehículos exonerados del impuesto deben estar en el Catálogo de los NVE, que tiene secciones para vehículos de pasajeros, buses y vehículos de propósito especial<sup>105</sup>. En el caso de los buses eléctricos, los subsidios se han reducido entre 33-50% desde el inicio del programa en 2009. Para que un bus eléctrico califique al subsidio, requiere como mínimo de un ahorro del 60% de combustible en los VEHE, carga rápida de la batería de un mínimo de 3 C<sup>106</sup>, y si la batería no cuenta con carga rápida, debe tener una densidad energética de 115 Wh/kg.

Los subsidios también promueven la operación de buses eléctricos y los requisitos son que el bus tenga un registro posterior al primero de enero de 2015, el modelo del bus tiene que estar dentro del Catálogo de los NVE y con un kilometraje anual no menor a 30 000 km. Los subsidios, dependiendo del tipo de tecnología, se muestran en el **cuadro 8-7**.

**Cuadro 8-7**  
Subsidios 2015-2019 para la operación de buses con diferentes tipos de tecnologías

Tecnología	Longitud del vehículo (L)		
	6 m ≤ L < 8 m	8 m ≤ L < 10 m	L ≥ 10 m
VEB	40 000 RMB 5 400 EUR	60 000 RMB 8 100 EUR	80 000 RMB 10 800 EUR
VEHE	20 000 RMB 2 700 EUR	30 000 RMB 4 000 EUR	40 000 RMB 5 400 EUR
VECC	60 000 RMB 8 100 EUR		
Súper condensador	20 000 RMB 2 700 EUR		
VEH	20 000 RMB 2 700 EUR		

Fuente y elaboración: Retzer *et al.* (2018). Elaboración: GPAE-Osinermin.

## RECUADRO 8-10

### ¿Por qué una placa cuesta más que un automóvil en China?

Según The Economist (2018), los sistemas de asignación de placas de matrícula surgen en China en 2011 con el fin de recortar los problemas de congestión en la ciudad y los efectos subyacentes, como la contaminación acústica y polución. En Beijing, por ejemplo, para obtener una placa de matrícula, cerca de 2.8 millones de personas compitieron por 6460 placas. En Shanghái, se subastan en línea. En la última subasta, el promedio de la oferta ganadora fue de USD 14 022 (más de lo que cuesta comprar un auto de fabricación nacional), donde 217 000 postores compitieron por 9855 matrículas. Por otro lado, ciudades como Guangzhou, Shenzhen, Hangzhou y Tianjin han adoptado un modelo híbrido, es decir, un porcentaje de las placas se distribuye por lotería y el resto se vende en una subasta.

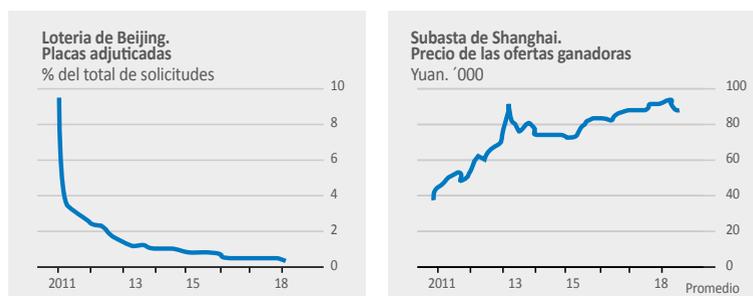
Sin embargo, estos métodos tienen algunas falencias. En el sistema de loterías, se omite que cada persona tiene una valoración heterogénea sobre la placa de matrícula, y se abren las puertas

para un mercado negro de alquiler. Además, existen casos de corrupción, como el de Song Jianguo, quien requería de al menos 200 000 yuanes (USD 28 878) para garantizar la lotería. En Shanghái, las subastas evitan el mercado negro, sin embargo, también resta posibilidades a las personas con menor capacidad de pago. De hecho, el tener un auto en Shanghái, se ha convertido en un símbolo de estatus (solo lo pueden adquirir los más ricos). En el modelo híbrido se superan ambas situaciones, pero las probabilidades de ganar siguen siendo muy bajas (0.8%) y el promedio de las ofertas ganadoras en las subastas siguen creciendo.

No obstante, con la puesta en escena de los NVE y sus características ecoamigables, las grandes ciudades están asignando cuotas separadas de placas para este tipo de vehículos. Con una mejor probabilidad, solo cuatro personas compiten por cada una.

Gráfico 8-13

Resultados de la lotería y subastas de las placas de matrículas



Fuente: The Economist (2018)<sup>107</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

El esquema actual de subsidios para los buses eléctricos es más restrictivo que el anterior en respuesta a casos de fraudes. Esto ha ocasionado que la política de incentivos se enfoque en reducir los subsidios de compra y pagar incentivos para el uso de dichos buses. El ahorro que se genera para el Estado, luego se canaliza en el desarrollo de infraestructura de carga y operación. Los subsidios locales están programados para ser eliminados con la finalidad de transparentar las condiciones de mercado.

#### 8.10.4. Instrumentos no económicos

En China, el incremento en las ventas de los NVE se debe, en parte, a restricciones sobre el uso de los vehículos convencionales. Por ejemplo, en Beijing, Shanghái y Shenzhen se aplican sistemas de asignación de placas de matrículas. En la primera ciudad, cada mes se realiza una lotería de placas y la probabilidad de obtener una ha disminuido de 6% a 0.2% desde febrero de 2011 hasta febrero de 2018. No obstante, la probabilidad de obtener una placa para un NVE es de 80%. En Shanghái, cada mes se realiza una subasta de placas de matrículas donde estas son vendidas aproximadamente en 12 000 euros. Este proceso no aplica para los futuros propietarios de NVE. En el caso de Shenzhen, se emplea un modelo mixto. Las personas que desean adquirir vehículos convencionales participan en una lotería y no existe límite en el número de placas para los NVE (ver recuadro 8-10).

También existen restricciones al uso de los vehículos convencionales, dependiendo de la calidad del aire. Por ejemplo, en Beijing, si se supera el nivel de contaminación del aire establecido por tres días consecutivos, se prohíbe la conducción de estos vehículos. No obstante, los VE están libres de esta norma.

#### 8.10.5. Regulación de acuerdo al promedio de consumo de combustible corporativo

El MIIT publicó la versión final del Método Paralelo de Administración sobre el Promedio de Consumo de Combustible Corporativo (CAFC, por sus siglas en inglés) y créditos para los NVE en 2017. Esta disposición define al CAFC como un componente regulatorio, el cual asigna a cada productor automotriz una meta de CAFC, que está calculada en función de la flota de vehículos que vende la empresa y los pesos de estos vehículos. Luego este valor se compara con el CAFC real de cada empresa. Si el valor real del CAFC es menor al de la meta, se generarán puntos positivos (créditos) a favor de la empresa, de lo contrario se tendrá puntos negativos (débitos). Este mecanismo ajusta los valores

meta de los CAFC hacia abajo año tras año y promueve la producción de vehículos con cero emisiones de GEI.

#### 8.10.6. Regulación en base a los créditos para los NVE

La regulación del Método Paralelo de Administración sobre el CAFC y créditos para los NVE por el MIIT está enfocada en vehículos para la venta doméstica producidos en China e importados. Todos los productores de automóviles con una fabricación anual de al menos 30 000 unidades en China están incluidos en este nuevo sistema de puntos para los NVE. Este sistema consiste en asignar al productor un total de puntos del 10% del total del volumen de ventas en 2019 (por ejemplo, si el productor tiene una venta anual de dos millones debe alcanzar un total de 200 000 NVE puntos). El porcentaje subirá

a 12% para 2020. En comparación con la regulación de Cero Emisiones (Zero Emission Vehicle) de California, el requisito de volumen de producción es más restrictivo en China. Para los VEB y VECC, los puntos son asignados según una ecuación lineal de acuerdo con el rango del vehículo o el ratio de desempeño (número máximo de puntos cinco):

VEB → NVE puntos: 0.012\* rango [km] + 0.8  
VECC → NVE puntos: 0.0160\* desempeño del sistema [kW]

En el caso de los VEHE (con un mínimo de rango de batería de 50 km) se le asignan dos puntos NVE. También la regulación considera penalidades en los puntos NVE de acuerdo a los siguientes criterios:

El número de puntos NVE por VEB se podrá reducir a la mitad si:

- Un rango mínimo de 100 km y una velocidad mínima de 100 km/h no pueden ser mantenidas en 30 minutos.
- El consumo de energía supera el límite superior (24.2 kWh/100 km). Un VEB con un consumo menor al límite inferior (12.67 kWh/100 km) recibe un premio del 20% de los puntos.

El número de puntos NVE por VECC se podrá reducir a la mitad si:

- El mínimo rango es menor a los 300 km.
- El desempeño del sistema es menor a 10 Kw o 30% del sistema de propulsión eléctrica.

Hay cuatro posibles escenarios de acuerdo con el cumplimiento de las empresas con respecto a su CAFC meta y a los puntos NVE establecidos (ver cuadro 8-8 y anexo 4).

Cuadro 8-8  
Eventos de acuerdo al cumplimiento de las empresas chinas

Valores límite de CAFC	Cumplido	No hay mecanismo de compensación automática. Cualquier déficit en los puntos NVE debe compensarse mediante la compra de puntos NVE de otra empresa. Los puntos NVE deben ser usados o vendidos en el mismo año en el que se generaron (exceptuando los puntos CAFC, válidos hasta por tres años, sujetos a deducción).	No hay sanciones
	No cumplido	En caso de no compensar con la compra o transferencia de puntos NVE/CAFC, se sancionan con pagos de multas, amenazas de cierre de producción de vehículos de energía, etc.	Se activa un mecanismo de compensación o desactivación con las siguientes cuatro opciones: 1. Generación de puntos de NEV mediante la fabricación o importación de NEV. 2. Transferencia de puntos CAFC por empresas afiliadas (agrupación). 3. Transferencia de puntos CAFC del año anterior (con un 20% de descuento). 4. Adquirir puntos NVE de otras empresas empresariales no afiliadas.
		No cumplido	Cumplido
		Cuota de puntos NVE	

Fuente: Retzer et al. (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Según el MIIT, en 2017, el promedio de consumo de combustible fue de 6.05 L/100 km y 99 compañías recolectaron 123 814 000 créditos positivos y 1 689 000 créditos negativos por consumo. Para compensar los créditos negativos, el MIIT ha creado una plataforma en línea para intercambiar puntos del CAFC y NVE.

### 8.10.7. Requisitos para compañías extranjeras

Vale la pena anotar que el gobierno chino ha impuesto una serie de medidas para proteger la industria de NVE local y, al mismo tiempo, tratar de maximizar el beneficio de las empresas mediante la obtención de conocimiento de empresas extranjeras. A continuación se mencionan las principales:

- China obliga a los productores de vehículos motorizados extranjeros que planean operar en el país, a establecer un *joint venture* con una empresa nacional. De esta forma, ha protegido industrias clave y ha ganado conocimiento.
- China impulsa la industria nacional en toda la cadena de producción de los NVE, por ejemplo, las empresas que producen

sus NVE en China, pero no sus baterías, están fuera del programa de subsidios. Las baterías aprobadas para el subsidio de los NVE deben estar contenidas en la Lista Blanca.

- Como parte de las políticas de la NDRC, China incluyó a los NVE dentro del Esquema de Comercio de Emisiones (ETS, por sus siglas en inglés), que se espera se complete para 2020. Este esquema está limitado al sector energético, no obstante, regula más de 3Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> y busca incorporar seis sectores adicionales de la industria de altas emisiones. El ETS establece objetivos según el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> generado por las empresas, aquellas que no cumplan deben compensar el déficit mediante compras de cuotas de emisión de carbono o, de lo contrario, enfrentar multas de hasta un millón de RMB (135 000 euros)<sup>108</sup>.

### 8.10.8. Políticas sobre estandarización

Dentro de la industria de vehículos eléctricos, los estándares pueden desempeñar un papel importante, pues permiten la relación entre

productos, mercado, tecnología y la industria. Las primeras normas correspondientes a estándares se emitieron en 2001, y trataron sobre temas de seguridad. A partir de 2009, se encontraban más relacionadas con los componentes e infraestructuras de carga y, a medida que crecía la demanda, los tipos de estándares fueron aumentando. A continuación, se mencionan algunos de los temas principales de este nuevo enfoque de estandarización:

#### a) Reciclaje de baterías de tracción

La preocupación por el reciclaje de baterías tiene sus inicios a mediados de 2011, cuando la NDRC en cooperación con el Ministerio Federal del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania (BMU), realizaron un estudio de factibilidad sobre recomendaciones para establecer un sistema piloto para reciclar baterías de tracción de vehículos eléctricos en China.

A inicios de 2018, el MIIT y otros departamentos gubernamentales emitieron una regulación temporal sobre el reciclaje de baterías de tracción para NVE. En este se establecen lineamientos para su uso integral cuando están fuera de servicio. Acorde con el reglamento, los fabricantes de NVE están obligados a proporcionar un sistema de reciclaje que garantice información técnica sobre el desmontaje y la reutilización de las mismas, siguiendo todos los requisitos legales y técnicos relacionados con el almacenamiento y transporte. En esa línea, el MIIT anunció el lanzamiento de proyectos piloto destinados a reducir la contaminación de las baterías, además anunció una Lista Blanca de cinco empresas de reciclaje de baterías a mediados de 2018, elegidas en función de su escala, tasa de automatización, bajo consumo de energía, estándares de protección ambiental, utilización

eficiente de los recursos y tecnología limpia y altamente eficiente.

#### b) Infraestructura de carga

La infraestructura de carga para NVE se ha ido ampliando continuamente, no obstante, la proporción de vehículos eléctricos por postes de carga es apenas de 3.8 a 1. Es así que en el 13° Plan Quinquenal (2016-2020) se incluyen especificaciones que permitan la aceleración de la construcción de infraestructura de carga

de vehículos eléctricos. Según este documento, se debería pasar de las 159 000 estaciones de carga existentes a cinco millones en 2020. Por lo tanto, la cobertura de la infraestructura de carga para espacios públicos, áreas residenciales, estacionamientos y otros sitios importantes deben mejorarse. China tiene una tasa de crecimiento de infraestructura de 50% y debe seguir creciendo a ese ritmo exponencial para alcanzar la meta. De hecho, Shanghai ya tiene más columnas de carga que toda Alemania.

China está enfocada más en el número de las estaciones de carga que en su rendimiento. Los rendimientos de sus estaciones deben tener 60 kW, a diferencia de Alemania, que busca alcanzar 350 kW para 2025. Ambos países buscan un modelo que permita el funcionamiento sostenible de las estaciones, en particular de aquellas de carga rápida. En el **cuadro 8-10** se presenta un resumen de todas las medidas adoptadas por China para fomentar la electromovilidad.

**Cuadro 8-10**  
Resumen de las medidas a favor de la electromovilidad en China

Medidas	Descripción	
Mecanismos de incentivos financieros	Liberación del impuesto de compra	Si el vehículo a comprar está dentro de la lista del catálogo de NVE, entonces no se debe pagar ningún impuesto de compra.
	Subsidios	Acorde con las especificaciones del vehículo, cada compra de automóvil incluirá un reembolso de hasta 66 000 RMB (8500 euros).
Mecanismos de incentivos no financieros	Concesión de matrículas	Las posibilidades de obtener una matrícula mediante el método de lotería tradicional son mínimas (0.2%). Sin embargo, las posibilidades en la lotería de matrículas NEV por separado son mucho más altas (80%).
	Días de prohibición de conducir	Los vehículos convencionales de gasolina y diésel tienen prohibido circular en Beijing durante aproximadamente un día a la semana acorde al número de placa de matrícula. Durante los días con alta contaminación del aire, estas restricciones son aún más severas. No obstante, estas limitaciones no se aplican a los NVE.
Requerimientos para las manufactureras	Consumo corporativo promedio de combustible (CAFC)	Si se exceden los límites de consumo de la flota corporativa, se emiten las multas en función al peso.
	Método para la administración paralela de créditos CAFC y NEV	Los puntos CAFC y NVE son negociables. Se imponen multas a los fabricantes que finalicen el año con puntos negativos.
	Certificación para obtener una licencia de fabricación NEV	Con el fin de asegurar la garantía de calidad, los subsidios para vehículos producidos se combinan con una licencia de fabricación de NVE que debe solicitarse.

Fuente: Retzer et al. (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 8-9**  
Primer lote de empresas de reciclaje de baterías NEV aprobadas

Número	Provincia	Empresa
1	Zhejiang	Huayou Cobalt
2	Jiangxi	Ganzhou Highpower Technology
3	Hubei	GEM
4	Hunan	Brunp
5	Guangdong	JHD

Fuente: Retzer et al. (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

# IV ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL PERÚ

---



## 09 | NOTICIAS DE ELECTROMOVILIDAD

Entre el segundo semestre de 2018 y el primero de 2019, se han dado diversos acontecimientos nacionales e internacionales que tuvieron como protagonista a la electromovilidad. Estos incluyen inversiones, descubrimientos de yacimientos mineros, alianzas empresariales, avances tecnológicos, aprobaciones normativas y eventos que buscaban el intercambio de ideas de negocio entre los sectores público y privado, entre otros.

# CAPÍTULO 9

## NOTICIAS DE ELECTROMOVILIDAD

El presente capítulo presenta noticias<sup>1</sup>, principalmente a nivel nacional, sobre avances en electromovilidad.



Foto: Minem.

**NACIONAL**

8 de junio, 2018

### Ministro anunció novedades en su sector

*Fuente: Radio Nacional*

El ministro de Energía y Minas anunció que su despacho está elaborando el marco normativo para promover el ingreso y uso de autos eléctricos e híbridos en el país. Dicho marco regulatorio será trabajado por la Dirección de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas (Minem) y del Proyecto Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación (NAMA).



Foto: Shutterstock.

**NACIONAL**

11 de julio, 2018

### El potencial de la movilidad eléctrica en el Perú

*Fuente: Gestión*

En una entrevista, Wilson Monteiro, director general de ABB (empresa dedicada a tecnologías digitales para la industria) mencionó: “Perú posee las mejores condiciones para introducir los vehículos eléctricos debido al exceso de capacidad de generación eléctrica, que es 70% mayor con respecto a la demanda, y no produce el petróleo suficiente para abastecer el consumo de combustibles, ya que se importan alrededor de 140 mil barriles de petróleo por día, para ser convertido en diésel y gasolina, usados por los distintos vehículos de transporte. La potencia total instalada de generación eléctrica supera los 12 000 MW, mientras la máxima demanda durante 2017 alcanzó los 6300 MW. (...) En este contexto, el Perú debería promover la adquisición de vehículos eléctricos para revertir esta balanza energética negativa”.



Foto: Shutterstock.

**NACIONAL**

18 de julio, 2018

### Perú podría liderar el ranking de reservas de litio del mundo

*Fuente: RPP*

La minera Macusani Yellowcake ha informado que se encontró en Puno el mayor yacimiento de litio en el mundo. Según la minera, este hecho nos coloca en el puesto cinco del mundo, pero estudios podrían ubicarnos en el puesto número uno. Se espera explotar este yacimiento para 2021.



Foto: Shutterstock.

**NACIONAL**

7 de agosto, 2018

### Ingreso de autos eléctricos requiere tener puntos de recarga de energía

*Fuente: Andina*

En una entrevista, Daniel Schmerler, presidente del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin), destacó la importancia de los puntos de recarga en la promoción de autos eléctricos en el país. Asimismo, señaló que fue algo que hicieron los países más avanzados en esta industria, como Noruega, que tiene 43% de su parque automotor en vehículos eléctricos, o China, cuyo servicio público de taxi está orientado -casi totalmente- a vehículos eléctricos.



Foto: Minem.

**NACIONAL**

8 de agosto, 2018

### Gobierno oficializa congreso para promover información sobre autos eléctricos

*Fuente: Andina*

El Ministerio de Energía y Minas (Minem) oficializó el I Congreso de Electromovilidad, que se realizó el 6 de setiembre en Lima, con el objetivo de promover el intercambio de información sobre la industria de los autos eléctricos. Mediante Resolución Ministerial N° 297-2018-MEM/DM, se oficializó dicho encuentro para contribuir con un necesario intercambio de información de todas las instituciones públicas y privadas, así como de expertos internacionales de la electromovilidad.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

8 de agosto, 2018

### Promoverán autos eléctricos

Fuente: *Gestión*

El Ministerio de Ambiente (Minam) informó que coordina con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y Produce, a fin de evaluar la reducción de costos y créditos a los conductores que incorporen el uso de vehículos con motores eléctricos para reducir la generación de emisiones y el ruido.



Foto: Shutterstock.

## INTERNACIONAL

9 de agosto, 2018

### Producirán vehículos a batería

Fuente: *La República*

La marca china Great Wall Motors Company y la alemana BMW firmaron recientemente un contrato de *joint venture*, por el cual crean Spotlight Automotive Ltd., empresa conjunta con una inversión de alrededor de USD 780 millones. Su finalidad es construir una planta para producir 160 mil vehículos a batería eléctrica al año.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

12 de agosto, 2018

### El litio de Perú abastecerá a la producción de autos eléctricos

Fuente: *La República*

El Ministerio de Energía y Minas (Minem) trabajará en las normas necesarias para desarrollar una industria del litio en Perú que pueda abastecer la producción mundial de autos eléctricos. Así lo mencionó el viceministro del Minem. “El litio, así como el cobre, son metales del futuro porque forman parte de la demanda para los autos eléctricos y las baterías. Tenemos el reto, desde ahora, de implementar todas las normas para apoyar el desarrollo de esta nueva industria de forma correcta y sostenible”, resaltó.



Foto: Shutterstock.

## INTERNACIONAL

17 de agosto, 2018

### Rolls-Royce impulsa los barcos híbridos y totalmente eléctricos

Fuente: *Gestión*

Rolls-Royce Holdings Plc comenzó a ofrecer sus propios motores de barcos a batería en una iniciativa que muestra el ímpetu detrás de un impulso hacia los barcos híbridos y totalmente eléctricos. En el caso de los híbridos, las baterías se activarán para proporcionar propulsión adicional en los buques, así como potenciar las funciones de “hotel” en los cruceros que requieren grandes cantidades de energía.



Foto: LOGÍSTICA 360°.

## NACIONAL

8 de setiembre, 2018

### Automóviles eléctricos

Fuente: *Correo*

La empresa ABB presentó en Lima el primer cargador rápido (modelo Terra 53) para autos híbridos y eléctricos, cuya potencia de 50kW permite recorrer hasta 250 km (distancia de Lima a Chincha). Así, en solo 15 minutos, se podrá cargar un vehículo con un costo 10 veces menor que la gasolina.



Foto: MTC.

## NACIONAL

13 de setiembre, 2018

### MTC evalúa regular ingreso y circulación de vehículos eléctricos

Fuente: *La República*

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ya trabaja medidas para estandarizar la normativa para la inclusión de las nuevas tecnologías vehiculares que nos permitirán tener unidades con eficiencia energética y menos contaminantes en el Perú. La estrategia normativa del MTC para la electromovilidad contempla establecer el marco normativo que garantice el ingreso y circulación de vehículos eléctricos, así como su utilización en la prestación de servicios de transporte sostenible.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

14 de setiembre, 2018

### Mototaxis eléctricos a partir de 2019

Fuente: Peru21

El ministro de la Producción anunció que el próximo año se implementará un proyecto que permitirá la circulación de mototaxis en Lima, Moyobamba, Pucallpa e Iquitos. “Se trabajará en la conversión de motores con la industria metalmeccánica (...). Una moto que recorre 60 km al día gasta entre S/ 15 y S/ 22 diarios en gasolina, el equivalente en energía eléctrica es entre S/ 2 y S/ 3”, precisó.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

18 de setiembre, 2018

### Cargadores de autos eléctricos pagarían menos por la energía

Fuente: Gestión

El Ministerio de Energía y Minas (Minem) evaluará la posibilidad de que quienes provean los surtidores de electricidad -cargadores, también llamados “electrolineras”- para suministrar la energía a vehículos eléctricos, sean considerados clientes libres del mercado eléctrico, entre otras medidas que se preparan para promover la penetración de ese tipo de unidades motorizadas en el país, según adelantó el viceministro del Minem.



Foto: AATE.

## NACIONAL

20 de setiembre, 2018

### Gobierno busca inversiones para el sector transportes

Fuente: Diario Uno

El Gobierno peruano busca atraer inversiones en Corea del Sur para proyectos de infraestructura, tales como la Carretera Longitudinal de la Sierra - Tramo 4 y las Líneas 3 y 4 del Metro de Lima, informó ProInversión. “Tenemos programadas más de 10 reuniones bilaterales con importantes empresas coreanas, en las que además de los proyectos en el sector transportes, promoveremos proyectos en energía, agua y saneamiento, y telecomunicaciones”, indicó el director de Servicios al Inversionista de ProInversión, César Peñaranda.



Foto: Minem.

## NACIONAL

23 de setiembre, 2018

### Los buses verdes llegaron al Perú

Fuente: La República

Este lunes empieza a circular, en San Isidro, el primer bus de transporte público 100% eléctrico del Perú. Aún no estamos como en Chile, donde pronto saldrán a rodar 200 vehículos similares, pero hacia allá vamos. El Gobierno prepara el marco legal y hasta se ha animado a importar su propio bus. Asimismo, Frank Muehlon, director de movilidad eléctrica de la multinacional ABB, que visitó Lima esta semana, dice que tenemos un escenario idóneo para este tipo de tecnologías. “Tienen energía limpia y la producen en grandes cantidades -dice-. Al mismo tiempo, son importadores de petróleo. Mientras más vehículos eléctricos tengan, consumirán más electricidad local y tendrán menos necesidad de importar petróleo. Adicionalmente, reducirán su huella de carbono”, declaró.



Foto: Tesla, Inc.<sup>3</sup>

## INTERNACIONAL

26 de setiembre, 2018

### Acuerdo de Tesla y Ganfeng

Fuente: Gestión

El mayor productor chino de litio, metal usado en baterías de vehículos eléctricos, llegó a un acuerdo con Tesla Inc. para suministrarle una quinta parte de su producción, lo que destaca el impulso hacia los acuerdos de suministro. “Tesla especificará a sus proveedores de baterías que compren productos de hidróxido de litio a Ganfeng Lithium Co. y a su filial”, dijo la empresa con sede en Jiangxi.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

5 de octubre, 2018

### Audi traerá autos eléctricos en 2019

Fuente: El Peruano

La empresa alemana fabricante de autos Audi proyecta traer vehículos eléctricos, entre 2019 y 2020, anunció la CEO de esa compañía, Alexandra Bonnemaïson. “Sobre los autos eléctricos hay una buena noticia, pues ya vienen. Sería a partir del próximo año”, declaró en el seminario Business Women Summit 2018. Este anuncio se da en un contexto en el cual el Gobierno busca promover el ingreso al país de autos menos contaminantes mediante la modificación del impuesto selectivo al consumo (ISC). Pese a la medida tributaria, la CEO de Audi dijo que la empresa alemana se muestra optimista sobre la economía peruana.



Foto: Shutterstock.

## INTERNACIONAL

14 de octubre, 2018

### Nueva arma de Uber

Fuente: Gestión

Uber Technologies Inc. anunció con bombos y platillos en Londres que aumentará en 15 peniques (20 centavos de dólar) por milla las tarifas de los conductores, dinero que se destinará a financiar la compra de vehículos eléctricos por parte de dichos conductores. Este sería un movimiento de la empresa para mantener su liderazgo en Londres.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

19 de noviembre, 2018

### Engie incursionará en leasing de autos eléctricos en el Perú

Fuente: El Comercio

La masificación de los vehículos eléctricos (VE) está cambiando la forma de entender el transporte. Engie, firma eléctrica, se encuentra abocada a abrir el negocio de la electromovilidad en el país, aun antes de que exista una masa crítica de VE. Para ello, apuesta por el equipamiento de carga vehicular -con su propia marca de cargador eléctrico- y también por el *leasing* (alquiler) y el desarrollo de plataformas digitales, para efectuar pagos *online* de cargas eléctricas.



Foto: Shutterstock.

## INTERNACIONAL

4 de diciembre, 2018

### Empresa china se asocia para producir litio en Chile

Fuente: Expreso

La empresa china Tianqi se asoció con la productora chilena de litio SQM tras comprar USD 4 mil millones de acciones subastadas por la empresa canadiense Nutrien. El paquete es del 23.77 % de las acciones. El interés chino en una participación minoritaria se explica por las expectativas de la producción mundial de litio para fabricar baterías para autos eléctricos



Foto: Produce.

## NACIONAL

30 de octubre, 2018

### Mypes: vehículos eléctricos dinamizarán empleo por conversión de motores

Fuente: Andina

El ministro de la Producción sostuvo que el ingreso de vehículos eléctricos al país generaría trabajo para las mypes en la fabricación de autopartes y ensamblaje. "Un vehículo eléctrico ha sido elaborado en un taller que cuenta con 20 trabajadores. La idea es que se desarrolle esta actividad para generar mayor trabajo y empleo en las pequeñas empresas", agregó.



Foto: Shutterstock.

## INTERNACIONAL

13 de noviembre, 2018

### VW se alista para producir 50 millones de vehículos eléctricos

Fuente: Gestión

En Volkswagen se están preparando para producir 50 millones de vehículos eléctricos, dijo el presidente ejecutivo Herbert Diess a la publicación germana *Automobilwoche*. La plataforma para vehículos eléctricos contempla el ensamblaje de 50 millones de autos, afirmó Diess, y agregó que la adquisición de baterías también fue preparada para manejar esa cantidad. "Hemos comprado baterías para 50 millones de vehículos", agregó. Volkswagen Group vendió 10.7 millones de vehículos en 2017.



Foto: MTC.

## NACIONAL

14 de diciembre, 2018

### Luz verde a auto eléctrico

Fuente: La República

El Gobierno modificó el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV) con la finalidad de incorporar al parque automotor peruano vehículos a la vanguardia de las nuevas tecnologías, con diseños y fuentes de energía innovadoras como los autos eléctricos y bicicletas de pedaleo asistido, informó el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). El Decreto Supremo N° 019-2018-MTC, señala que, además de incluir una adecuada clasificación y regulación en la normativa vigente (como es el caso de los cuatriciclos) se implementará, a más tardar el 31 de diciembre de 2020, el Registro Nacional de Homologación Vehicular.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

16 de enero, 2019

### Empresa española proyecta fábrica de autos eléctricos para la minería

Fuente: *La Razón*

La empresa española fabricante de autos eléctricos, QEV Tech, ha iniciado conversaciones con mineras peruanas para desarrollar prototipos de vehículos eléctricos (VE), y evalúa instalar una fábrica en el Perú. Esta se encargaría de ensamblar las partes proporcionadas por los proveedores globales; a lo que QEV añadiría la ingeniería de diseño.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

4 de febrero, 2019

### La primera flota de buses eléctricos llegará a Lima antes de un año

Fuente: *El Comercio*

En entrevista, Simone Tripepi, Jefe de Enel X para Sudamérica señaló que el negocio de Enel no es vender vehículos eléctricos, pero se beneficia de ello. Enel ha pasado de ser un generador y distribuidor de electricidad a un operador de soluciones basadas en energía con la creación de Enel X (2017). En el tema de la electromovilidad no pretendemos vender carros, pero sí financiarlos, porque las entidades bancarias todavía no entienden cómo estructurar este tipo de negocio. Aunque eso va a depender de los tiempos de la licitación pública, creo que la primera flota de buses eléctricos llegará a Lima antes de un año”, agregó.

## NACIONAL

4 de febrero, 2019

### Etna ya planea baterías para autos eléctricos

Fuente: *Gestión*

Etna vislumbra que el negocio de vehículos a combustión va a tener un fin. Por ello, trabaja en la investigación y desarrollo para saber en qué momento pueden entrar al rubro de baterías para autos eléctricos. “Si bien es un plan a largo plazo, en el que se tendría que invertir en una planta eléctrica para entrar al negocio”, sostuvo el gerente comercial de la firma, Raúl Salvatierra. Además, señaló que la importación de baterías el último año creció 10%, cuando en el mercado de consumidores de baterías solo necesitaba un incremento de 4%. Ello, a juicio de Salvatierra, habría generado una guerra de precios entre las marcas foráneas.



Foto: ETNA<sup>4</sup>.



Foto: Minem.

## NACIONAL

26 de abril, 2019

### Gobierno prepublicará en las próximas semanas norma sobre transporte eléctrico

Fuente: *Andina*

El Ministerio de Energía y Minas (Minem) señaló que sigue firme en su propósito de impulsar el transporte eléctrico en el país, razón por la cual en las próximas semanas prepublicará una norma técnica que debe aportar a la regulación del mismo. La viceministra de Electricidad, Patricia Elliot, afirmó que el objetivo es recibir sugerencias de los distintos actores vinculados para consolidar un dictamen idóneo. “El transporte eléctrico nos permitirá reducir las emisiones contaminantes en el país, con el correspondiente efecto positivo en la salud de las personas”, manifestó.



Foto: Engie Energía Perú.

## NACIONAL

26 de abril, 2019

### Presentan primer bus 100% eléctrico para la minería peruana

Fuente: *Andina*

La empresa Engie Perú presentó el primer bus 100% eléctrico para la minería peruana. Este nuevo bus está debidamente acondicionado para viajes interprovinciales y será utilizado para el traslado del personal del proyecto minero Cerro Corona ubicado en el departamento de Cajamarca. “El bus se trasladará desde Lima hasta Cajamarca, pasando por las ciudades de Chimbote y Trujillo, entre otras; y enfrentando diversas geografías, tipos de suelo y carreteras. Con esto, queremos demostrar que el transporte eléctrico no solo es posible en Lima, sino también en otras condiciones al interior del país”, señaló el subgerente de Engie, Daniel Cámac.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

29 de abril, 2019

### Lanzan el primer bus eléctrico con ruta comercial

Fuente: *El Comercio*

El fabricante chino de vehículos eléctricos BYD y la empresa de transportes ETUL 4 lanzaron el primer bus eléctrico con recorrido comercial de Lima. La unidad, un bus BYD modelo K9G para 80 pasajeros, será la primera en operar en el sistema de transporte tradicional, en la ruta de San Juan de Lurigancho a Chorrillos. El vehículo estará operativo durante tres meses, lapso en el cual recogerá datos sobre las pistas limeñas para poner a rodar, posteriormente, una flota de

buses 100% eléctricos. BYD está a la espera de la normativa del Ministerio de Energía y Minas (Minem) que permitirá promocionar y difundir los vehículos eléctricos en todo el territorio peruano.



Foto: Minem.

## NACIONAL

31 de mayo, 2019

### Primeros taxis eléctricos en Lima

*Fuente: El Comercio*

Las calles de Lima ya cuentan con sus primeros taxis eléctricos. La empresa Taxi Directo, de la mano de BYD, es la primera en apostar por estos vehículos. Ha adquirido dos de ellos y a fin de año espera contar con 20 más para renovar su flota. Asimismo, según Patricio Portaro, gerente general de Taxi Directo, una de las ventajas de contar con un taxi eléctrico está en el ahorro del costo del mantenimiento: el gasto mensual es de S/ 50, a diferencia de los autos convencionales que oscilan entre S/ 250 y S/ 500 al mes. Además, afirma que, para un recorrido de 200 km, un taxi regular gasta al día S/ 50 en gasolina o S/ 25 en GLP o S/ 20 en GNV, mientras que el costo con uno eléctrico representa una décima parte (S/ 5). Asimismo, su batería de Litio NCM garantiza 300 km de autonomía urbana con una sola carga.



Foto: Shutterstock.

## NACIONAL

4 de junio, 2019

### Firma canadiense anuncia descubrimiento de nueva área rica en litio

*Fuente: El Comercio*

Plateau Energy (compañía canadiense de exploración y desarrollo de litio y uranio) anunció una nueva área de descubrimiento de afloramiento de litio a 6 km al oeste de su proyecto Falchani (6° recurso de litio en roca más grande del mundo), localizado en la región de Puno. El mapeo, hasta la fecha, ha identificado el potencial para que esta nueva zona de mineralización de litio se extienda a una distancia de al menos 1.5 km de norte a sur.



Foto: Cruz del Sur<sup>2</sup>.

## NACIONAL

7 de junio, 2019

### Cruz del Sur y BYD realizan alianza para impulsar la electromovilidad en Perú

*Fuente: El Economista*

Cruz del Sur informó que apuesta por unidades ecoamigables, innovando a favor del ambiente. “En Cruz del Sur buscamos seguir innovando en nuestro servicio para la satisfacción y bienestar de nuestros pasajeros. La electromovilidad es una importante innovación para una ciudad como Lima que padece serios problemas de contaminación ambiental. Mediante este proyecto con BYD, buscamos incursionar en un nuevo rubro, para aportar a una mejor eficiencia en el tránsito urbano y disminuir la emisión de gases tóxicos que inciden en el calentamiento global”, indicó Luis Ramírez, Director Gerente.



## 10 MEDIDAS ADOPTADAS POR EL PERÚ

Si bien, como hemos visto en el **capítulo 8**, otros países en el mundo -incluyendo nuestros pares en Latinoamérica- han implementado importantes políticas en electromovilidad, el desarrollo en el Perú todavía es incipiente. En este capítulo se reseñan las principales medidas y proyectos adoptados hasta la fecha.



Motos eléctricas circulando por las calles de Lima. Foto: Minem.

# CAPÍTULO 10

## MEDIDAS ADOPTADAS POR EL PERÚ

La electromovilidad es una tendencia mundial que viene siendo adoptada a fin de reducir la dependencia de combustibles fósiles, mejorar la calidad del aire en las ciudades y reducir la contribución al cambio climático por parte del parque automotor. En nuestro país, el desarrollo es prácticamente nulo, comparado con el observado en otros. Sin embargo, vale la pena mencionar aquellas medidas aprobadas por el Estado, así como la experiencia de proyectos piloto por parte del sector privado -algunas veces en alianza con el público-, a fin de identificar qué políticas adicionales deben aprobarse y qué posibilidades existen para implementar los pilotos realizados a una mayor escala.

### 10.1. PROYECTO PARA LA PROMOCIÓN DEL TRANSPORTE TERRESTRE ELÉCTRICO

Como parte de los compromisos adoptados por el Perú, en la edición número 21 de la Conferencia Climática de las Naciones Unidas (COP 21), llevada a cabo entre noviembre y diciembre de 2015, el Ministerio de Energía y Minas (Minem) lanzó el proyecto de Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés) para el sector generador de energía. Los NAMA son financiados por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés). De los cuatro planteados, aquel publicado en julio de 2017

tiene como objetivo: “Promover la elaboración de políticas de alcance público que establezcan mecanismos que permitan masificar el uso de tecnologías energéticamente sostenibles, a través de la masificación de vehículos eléctricos”<sup>1</sup>. De acuerdo con lo referido por el propio ministerio, se buscan los siguientes resultados<sup>2</sup>:

- Análisis de las normas para promover el transporte eléctrico a nivel nacional.
- Implementación de pilotos con buses y vehículos livianos eléctricos.
- Promoción del desarrollo de infraestructura para la masificación de transporte eléctrico.

- Implementación del etiquetado y fichas de homologación de vehículos eléctricos en el sector público.

- Un cambio de cultura hacia un transporte eficiente y limpio.

### 10.2. MODIFICACIÓN DE LA TASA DE IMPUESTOS PARA COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS

En mayo de 2018, mediante el Decreto Supremo (DS) N° 094-2018-EF, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), en coordinación con el Ministerio del Ambiente (Minam), cargó con mayores impuestos

MiBus recorre las principales calles del distrito limeño de San Isidro.

a los combustibles, tomando en cuenta su grado de nocividad. De esta manera, se corrigió la distorsión que hacía que el gasohol de 97 octanos pague más impuesto selectivo al consumo (ISC) que el diésel, cuando este último resulta más nocivo. Esta medida, reconociendo que la actual flota vehicular descansa en combustibles fósiles, busca reorientar a los consumidores hacia opciones menos contaminantes, y reducir así las emisiones de CO<sub>2</sub>. De acuerdo con el Banco Mundial, en 2014, entre los países de la Alianza del Pacífico, Perú fue el que emitió mayores emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita*; y, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el transporte terrestre genera un porcentaje significativo de emisiones (Vargas, 2018).

Por otra parte, en el caso de los vehículos, hasta antes de la modificación de mayo de 2018, la norma no realizaba distinciones en la tecnología. Es decir, el Texto Único Ordenado de la Ley del Impuesto General a las Ventas (IGV) e ISC establecía que todos los vehículos nuevos para el transporte de personas<sup>3</sup> estaban sujetos a una tasa de 10%, mientras que la tasa para el mismo tipo de vehículo, pero usado, correspondía a 30%<sup>4</sup>.

Mediante el DS N° 095-2018-EF, al no mencionarse los vehículos nuevos eléctricos, a gas e híbridos, en la práctica se les suprimió el ISC. A aquellos nuevos a gasolina se les aplicará una tasa de 10%, con el objetivo de



Foto: Engie Energía Perú.

incentivar la adquisición de vehículos menos contaminantes. Algo similar sucede con los vehículos que utilicen diésel o semidiésel, que tienen una tasa de 20% si son nuevos. Cabe mencionar que, en junio de 2019, mediante el DS N° 181-2019-EF, se uniformizó la tasa del ISC aplicable a los vehículos usados importados, con un valor del 40%.

El bus es cargado en las oficinas de Engie en San Isidro.

### 10.3. BUS ELÉCTRICO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN SAN ISIDRO (LIMA)

Si bien el bus eléctrico que recorre San Isidro comenzó operaciones en setiembre de 2018, forma parte de un acuerdo propuesto previamente por la municipalidad de dicho distrito. Este sucedió en 2016, cuando la comuna propuso el Pacto por la Movilidad Urbana Sostenible como instrumento de gestión para solucionar problemas como la congestión, caída de velocidades de circulación, contaminación, accidentes de tránsito y ruido y, sobre todo, el deterioro de otros modos alternativos de transporte. A la fecha, 63 empresas e instituciones han firmado el pacto y se encargan de asegurar los principios en el diseño de movilidad deseada para el distrito: sostenibilidad, accesibilidad, seguridad, eficiencia, calidad de vida, dinamismo económico e integración<sup>5</sup>.

En San Isidro ocurren más de 524 000 viajes diarios, 137 000 de residentes y los otros 387 000 de visitantes (Municipalidad de



Foto: El Comercio Perú<sup>6</sup>.

San Isidro, MSI, 2018). Con el objetivo de ofrecer un medio de transporte totalmente sostenible, la MSI, en cooperación con Engie Perú, una de las empresas firmantes, planteó la implementación del Plan Piloto del Proyecto MiBus, cuyo financiamiento y operación serán cubiertos por la empresa en su totalidad. Sin embargo, la Sub Gerencia de Movilidad Urbana se encarga de hacer el seguimiento y evaluación del proyecto. Proyectos similares han sido impulsados en países donde dicha empresa tiene presencia, como Chile, México y Brasil. De esta manera, en setiembre de 2018, los socios presentaron el primer bus eléctrico de Lima que recorre las principales calles del distrito limeño de San Isidro y que puede ser utilizado por vecinos y visitantes. Para su funcionamiento, la empresa ha instalado cargadores eléctricos en sus oficinas ubicadas en San Isidro, alimentados por 100 paneles fotovoltaicos solares de 30 kW. Según Iván Veloso, gerente de desarrollo del proyecto de Engie: "El 25% de energía anual de Engie proviene de los paneles solares ubicados en el techo del edificio. Es con esta energía que se carga el bus"<sup>7</sup>.

Por su lado, el ministro de Energía y Minas señaló: "Tenemos un bus funcionando al 100% con energía eléctrica, lo que nos permite contribuir con uno de los objetivos de este gobierno, que es reducir las emisiones de dióxido de carbono. Este edificio cuenta con paneles solares que generan energía para el bus, por lo que realmente es un círculo virtuoso que ayuda a reducir las emisiones de dióxido de carbono del sector transporte, que en el Perú son del 10%, aproximadamente [...]. Es importante que el transporte público utilice buses en base a electricidad, no híbridos, sino 100% electricidad"<sup>8</sup>. En su primer mes de operación, 5000 personas se trasladaron en el bus y se dejaron de emitir más de 10 toneladas de dióxido de carbono al ambiente<sup>9</sup>.

Bus eléctrico destinado al transporte del personal de la mina Cerro Corona.

### 10.4. MODIFICACIÓN DEL REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS

En diciembre de 2018, mediante el DS N° 019-2018-MTC, el gobierno peruano modificó el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV) con el objetivo de integrar al parque automotor a los vehículos fabricados con tecnología novedosa y que usen energía innovadora, como los autos eléctricos y bicicletas de pedaleo asistido. Asimismo, se propone contar con un Sistema Nacional de Homologación Vehicular, el cual se apoyará en el Registro Nacional de Homologación Vehicular. La norma detalla que dicho registro será un instrumento importante para que el Estado verifique si los modelos nuevos, ya sean importados, fabricados o ensamblados en el país, cumplen con los estándares ambientales, de eficiencia energética y seguridad vial. Esta medida debe implementarse, a más tardar, el 31 de diciembre de 2020. El objetivo es modelar una norma común y viabilizar los mecanismos para un control competente del registro, tránsito y operación en el Sistema Nacional de Transporte Terrestre (SNTT) de los vehículos importados antes de que ingresen en el país.

Además, como requisito técnico, los vehículos eléctricos que brinden el servicio de taxi deberán tener una autonomía mínima de 200 km con una potencia máxima no menor



Foto: Engie Energía Perú.

de 80 kW. También se señala que los límites máximos de emisiones atmosféricas exigidos por el DS N° 010-2017-MINAM no son aplicables a los vehículos eléctricos o a los de la categoría O (remolques). El RNV incluye nuevas definiciones, entre ellas figuran: bicicleta con sistema de pedaleo asistido (SPA), cuatriciclo, potencia nominal máxima, autonomía, vehículo eléctrico, vehículo híbrido convencional, vehículo híbrido enchufable y vehículo eléctrico con autonomía extendida.

### 10.5. PRESENTACIÓN DEL PRIMER BUS ELÉCTRICO PARA MINERÍA

El 26 de abril de 2019, en el distrito de Hualgayoc (Cajamarca), la empresa Engie Perú presentó el primer bus 100% eléctrico que, a partir del 19 de mayo del mismo año traslada al personal de la mina Cerro Corona, perteneciente a Gold Fields. Durante la

presentación, el viceministerio de Energía y Minas señaló que: “La electromovilidad es una tendencia a nivel mundial y el Perú está caminando hacia eso. Por ello, en el Minem estamos trabajando para impulsar el ingreso de esta tecnología al Perú”<sup>10</sup>.

La unidad fabricada por BYD se moviliza entre Lima y Cajamarca, con escalas en diferentes ciudades, como Chimbote y Trujillo. Al cruzar diversos tipos de suelo y relieve, se demostrará que el transporte eléctrico no es una idea solo viable en Lima, sino también en zonas del interior del país. El bus tiene una autonomía de 280 km por cada carga de cuatro horas y puede llegar hasta los 100 km/h<sup>11</sup>. Asimismo, pese a que su precio de mercado es mayor al de un bus promedio con motor de combustión interna, su costo de operación resulta 87% menor. Por ejemplo, cargar completamente la batería cuesta entre S/ 36 y S/ 38, mientras que reabastecerlo de combustible, aproximadamente S/ 296<sup>12</sup>. Cabe indicar que, exclusivamente para el vehículo, Engie ha instalado un sistema de carga eléctrico a 3998 msnm, lo que convierte a esta electrolinera en la más alta del mundo.

## 10.6. BUSES ELÉCTRICOS CON RECORRIDO COMERCIAL

El 29 de abril de 2019, la empresa de transportes Etul 4, en convenio con el fabricante chino BYD, lanzó el primer bus

Bus eléctrico presentado para la ruta San Juan de Lurigancho-Chorrillos.



Foto: Electrotransporte<sup>14</sup>.

eléctrico con recorrido comercial de Lima. Este vehículo cuenta con una capacidad de 80 pasajeros y corresponde al modelo K9G. Según lo referido por el gerente general de BYD, cubrirá la ruta comprendida entre los distritos limeños de San Juan de Lurigancho y Chorrillos, recorriendo 240 km diarios y transportando, en promedio, a 21 600 pasajeros por mes.

Por otra parte, para setiembre de 2019, se tiene proyectado<sup>13</sup> que Enel X, teniendo como socios a Hydro-Québec, Global Sustainable Electricity Partnership, y con el apoyo de Protransporte, el Minem, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el Minam, ponga en operación un bus eléctrico comercial en la ruta roja de los corredores complementarios, cuyo recorrido se realizará en el eje Javier Prado – La Marina – Faucett.

De acuerdo con lo indicado por la empresa, si bien su negocio no es la venta de vehículos, los financiará, pues los entes bancarios aún no saben cómo estructurar este emprendimiento. Cabe mencionar que el proyecto no se trataría solo de electromovilidad, pues los buses además

contarían con aire acondicionado, WiFi y cargadores para *smartphone* (disponibles en las unidades y paraderos).

Tal como se ha realizado en proyectos anteriores donde ha operado Enel (Santiago, Bogotá y Barcelona), una vez que el bus entre en operación, durante seis meses recolectará datos de las pistas limeñas, costos locales e impacto ambiental para crear las líneas base que le permitan electrificar masivamente el transporte público de la ciudad; apoyándose en un programa de capacitación técnica sobre la tecnología que genere conocimiento y reduzca mitos.

## 10.7. MOTOTAXIS ELÉCTRICOS

Los mototaxis son un medio de transporte utilizado en las zonas periféricas de Lima, y bastante extendido en diversas ciudades del país. En el caso de la región Ucayali, por ejemplo, existían aproximadamente 5000 mototaxis en 2013 (INEI, 2015). Al utilizar motores de combustión interna, este tipo de movilidad está asociada los problemas ambientales que generan los



Foto: Shutterstock.

Bus eléctrico usado en el servicio Transantiago (Chile).

automóviles convencionales; es decir, producen contaminación atmosférica y sonora que afecta severamente el bienestar de los ciudadanos.

En este contexto, en 2011, se fundó la empresa Ecoenergy SAC en Pucallpa. En sus inicios, se dedicó al rubro de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos. Sin embargo, en 2013, luego de reconocer que podía mejorar los factores mencionados anteriormente, investigó acerca de alternativas para mototaxis, surgiendo dos caminos: adaptar los vehículos existentes a un sistema de propulsión eléctrico o diseñar un nuevo modelo e introducirlo al mercado. La primera opción resultó no ser rentable debido a que las dimensiones de los mototaxis que circulaban no eran las adecuadas para instalar el sistema de baterías. Por tal motivo, la empresa se decantó por la segunda alternativa.

En 2014, por medio de Innóvate Perú, una institución gubernamental del Ministerio

de la Producción encargada de cofinanciar proyectos científicos y tecnológicos, la empresa pudo adquirir nuevos conocimientos sobre electromovilidad y desarrollar un modelo de negocio. Sin embargo, a partir del proyecto piloto, la empresa concluyó que desarrollar su propio vehículo (presentado en 2016) haría que incurra en costos muy elevados debido a la escasez de tecnología y materiales en el país. Como solución, encontró un modelo existente validado. KYTO Green Technologies, una empresa establecida en Hong Kong en 2012, había desarrollado un mototaxi apto para recorrer las calles de la Selva.

Posteriormente, Ecoenergy SAC contó nuevamente con el apoyo económico de Innóvate Perú. Esta vez, para validar el esquema de negocio que había desarrollado en la fase piloto. Mediante un convenio con la empresa eslovaca GEM Motors y la Sociedad Alemana de Inversión y Desarrollo (DEG, por sus siglas en alemán), obtendría los motores eléctricos que serían instalados en la carrocería producida por KYTO Green Technologies. En 2018, durante la validación del modelo, se pusieron a prueba 11 mototaxis eléctricos que circularon en Pucallpa: se adaptó previamente el motor y el vehículo a las condiciones locales, como los factores climáticos y topográficos de la región.

En 2019, la empresa tiene previsto incrementar su flota a 100 unidades<sup>15</sup>, donde se aplicarán los conocimientos adquiridos en las fases anteriores. Para lograrlo, planea conseguir más fondos mediante las estrategias de *crowdfunding*, *crowdinvesting*, créditos bancarios y la búsqueda de inversionistas privados. En la actualidad, los mototaxis eléctricos han penetrado con éxito en el mercado asiático, tal es el caso de países como India, China y Japón<sup>16</sup>.

No obstante, si los vehículos se vendiesen en el país, el precio llegaría a S/ 15 mil<sup>17</sup>, una cifra muy alta para la mayoría de mototaxistas. Por ello, la propuesta de la empresa consiste en alquilarlos a S/ 40<sup>18</sup>, una inversión que puede competir con este concepto de negocio que ya existe en Pucallpa con mototaxis que funcionan a base de gasolina y conforman aproximadamente el 10% del mercado<sup>19</sup>. Luego de que los conductores, seleccionados y capacitados por la empresa devuelvan las unidades en la tarde o la noche, Ecoenergy se encargará de su mantenimiento y las cargarán en la madrugada.

Los vehículos desarrollados serían una variación de los ya conocidos mototaxis. Es un diseño de tres ruedas, más grande y espacioso, que tiene una velocidad máxima de 60 km/h y puede soportar un peso de hasta 500 kg. Cuenta con dos motores de 4 kilowatts (uno en la llanta delantera y otro en la parte posterior derecha) y ocho baterías de plomo recargables que le dan una autonomía mayor a 130 km. Además, que no utilice aceites ni bujías ni cadenas, hace que sea un medio de transporte silencioso<sup>20</sup>.

A futuro, la empresa planea mejorar el modelo con motores de 6 y 8 kilowatts y baterías de



Proyecto piloto de  
Ecoenergy SAC:  
desarrollo de un prototipo.

Foto: Electromovilidad Perú<sup>21</sup>.

lítico. Si bien esto incrementaría el precio de venta o alquiler de los vehículos, tendrían una mayor potencia que les permitiría recorrer por zonas fangosas o trochas propias de la Selva<sup>22</sup>.

Asimismo, lejos de la Amazonía, en Lima, se han desarrollado ideas similares. Una de ellas es un transporte ecológico creado por un grupo de ingenieros y docentes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Consiste en un vehículo compuesto por un panel solar flexible adquirido en Europa, una motocicleta eléctrica y el chasis de un mototaxi. En verano, puede funcionar plenamente con la energía captada en el día; pero cuando el cielo está nublado o es de noche, solo puede captar el 10% o 20% de la energía necesaria y debe comenzar a funcionar la batería eléctrica para

dar movimiento a la unidad. El proyecto fue patentado ante Indecopi en junio de 2012 y se encuentra a la espera de inversión para ser perfeccionado<sup>23</sup>.

Finalmente, en 2017, un mototaxi eléctrico fue presentado por la empresa Senatinos en el Parque Industrial de Villa El Salvador. Esta se encarga de convertir las motos que funcionan con gasolina o gas a un sistema eléctrico con baterías de 48 y 60 voltios, lo que hace que los conductores gasten entre S/ 3.00 y S/ 4.50 por recarga, un monto bajo comparado a los S/ 20 o S/ 32 por reabastecimiento de combustible<sup>24</sup>. En el siguiente capítulo ampliamos el potencial de la electromovilidad en el transporte público.



Foto: Asociación Automotriz del Perú<sup>25</sup>.

Segundo modelo desarrollado en  
cooperación con GEM Motors y  
KYTO Green Technologies.



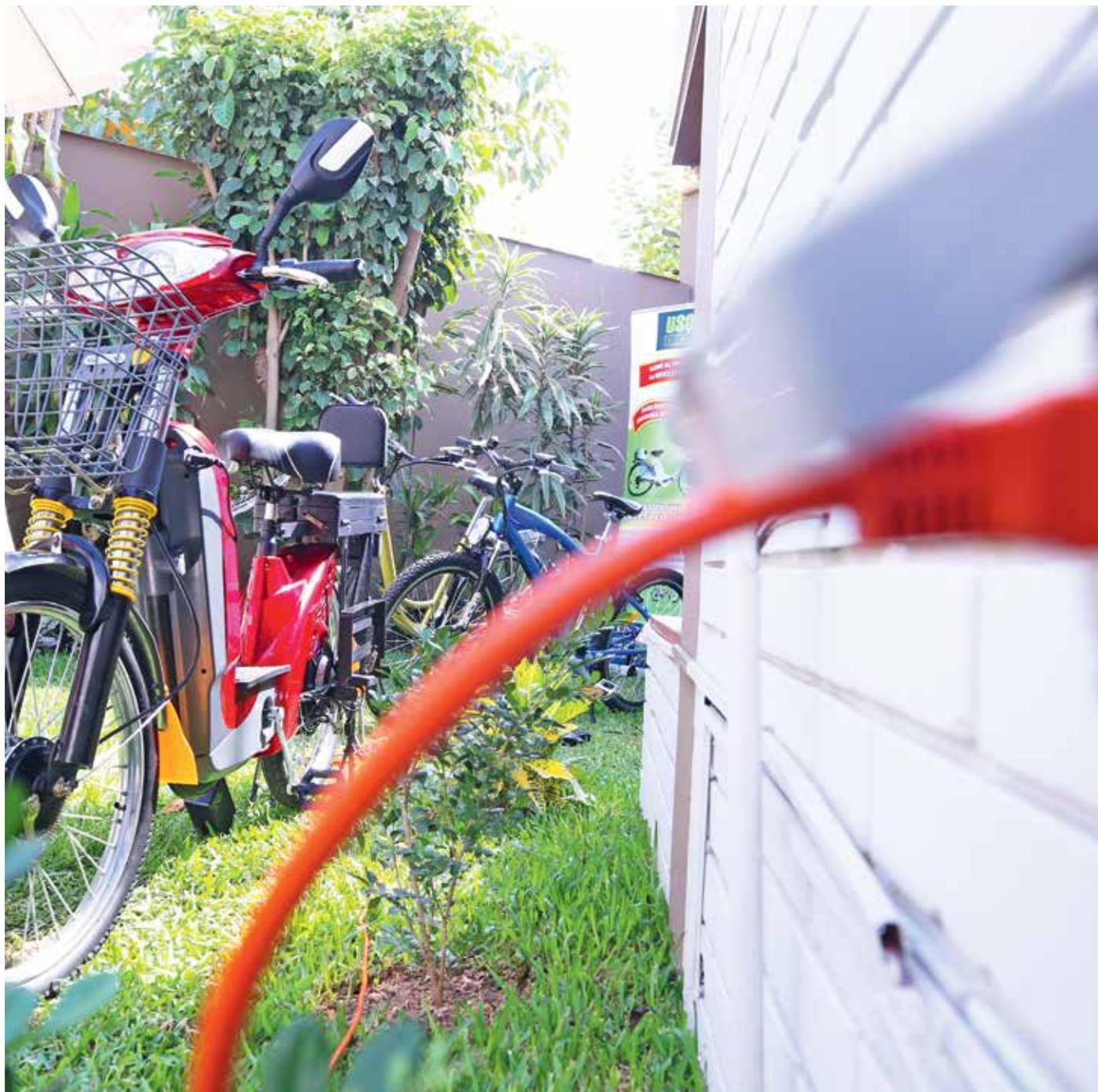
Un panel solar, un chasis de mototaxi convencional y un motor eléctrico forman parte del vehículo desarrollado por docentes e ingenieros de universidades peruanas. Foto: UNMSM<sup>26</sup>.



# 11

## POTENCIALIDAD PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO

La ausencia de un transporte articulado y planificado es precisamente una oportunidad para emprender una política de ordenamiento y reforma, implementando un sistema electrificado, eficiente, seguro y ambientalmente sostenible.



Motocicleta eléctrica. Foto: Minem.

# CAPÍTULO 11

## POTENCIALIDAD PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO

Cerca de la mitad de la energía primaria consumida en nuestro país proviene del petróleo. Esto significa que un importante porcentaje de la actividad nacional se realiza con combustibles contaminantes y nos hace vulnerables a cambios en el precio internacional. En este escenario, la electrificación del transporte representa un instrumento para solucionar los problemas mencionados. El transporte público, ampliamente usado por los ciudadanos y con diversos problemas, es el medio adecuado para iniciar la expansión de la movilidad eléctrica.

Este capítulo comienza presentando la matriz de energía primaria en el país. Como se verá, un importante porcentaje de nuestra actividad se realiza con petróleo. Sin embargo, la generación de nuestra energía eléctrica es mayoritariamente limpia y tenemos un importante potencial solar. Esto indica que la promoción de la electromovilidad debe ir acompañada de políticas que mantengan nuestra capacidad de producir energía limpia y aprovechar recursos renovables. Luego, se abordará el sistema de transporte público en Lima y Callao y el estado de la calidad del aire de la ciudad capital, a fin de resaltar el enorme potencial que tiene la electromovilidad en este tema.

### 11.1. MATRIZ DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL PERÚ

En 2018, el consumo de energía primaria en el Perú fue de 27.1 millones de toneladas de petróleo equivalente (TOE, por sus siglas en inglés), siendo el petróleo el recurso energético que más predominó, con una participación del 45.76% del total. A su vez, como se puede observar en el **gráfico 11-1**, hubo una relativa importancia de la hidroelectricidad y el gas natural, que presentan una participación del 25.83% y del 22.51%, respectivamente. Por otro lado, la energía renovable aún se encuentra incipiente dentro de la matriz de energía primaria dado que posee solo el 2.3%.

Cabe mencionar que dichas cifras se han mantenido más o menos estables en los últimos años, pues como se puede ver en el **gráfico 11-2**, la participación promedio del petróleo en el periodo 2016-2018 ha sido de 46.55%. Por otro lado, también en dicho periodo, el gas natural ha sido desplazado a un segundo lugar de la matriz de consumo de energía primaria por la electricidad.

En suma, una gran parte de la actividad de nuestro país se basa en el petróleo, lo cual, además de exponernos a variaciones en su precio internacional, genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático, y

contaminantes locales que ocasionan graves problemas de salud a la población. En ese sentido, existe espacio para que crezca la electrificación del transporte a partir de energías renovables.

## 11.2. MATRIZ DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Si bien la matriz de energía primaria ha mostrado ser casi en un 50% atribuible al petróleo y, por lo tanto, altamente contaminante, este no es el caso de la generación eléctrica. En el **gráfico 11-3** se muestra la matriz de generación eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) según el tipo de recurso energético que se ha empleado en la producción. Se puede notar que gran parte de las centrales eléctricas en el Perú usan recursos hídricos y gas natural, con una participación del 55.23% y 37.17%, respectivamente. La producción de electricidad por medio de recursos renovables (energía solar, eólica y biomasa) fue del 7.23%

Casi el 50% de la energía primaria en el Perú proviene del petróleo.

Más del 50% de la energía eléctrica generada en el Perú proviene de centrales hidroeléctricas.

del total de la producción. Mientras tanto, los derivados del petróleo (diésel y residual) y el carbón, representaron un 0.28% y 0.08% de participación, respectivamente.

Asimismo, como puede verse en el **gráfico 11-4**, en los últimos años, los recursos hídricos y los recursos energéticos renovables (RER) han ganado participación en la producción de electricidad. En el caso particular de los RER, su incremento se debe al marco legal que promueve la generación eléctrica mediante

recursos renovables, como el Decreto Legislativo (DL) de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables N° 1002 y el Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables Decreto Supremo (DS) N° 012-2011-EM, los cuales dieron origen a subastas cuyos proyectos se han ido materializando y poniendo en operación.

Así, dado el limitado nivel de contaminación que generan las plantas termoeléctricas que

funcionan con gas natural, nuestra matriz de generación eléctrica resulta bastante limpia. Por tal motivo, necesitamos preservar esta ventaja e inclusive profundizar la participación de energías renovables. En particular, debe tenerse en cuenta el potencial solar de nuestro país: el estudio más reciente es el "Atlas de Energía Solar del Perú", desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) en 2003 (ver **cuadro 11-1** e **ilustración 11-1**).

**Cuadro 11-1**  
Estimación del potencial solar en el Perú en kWh/m<sup>2</sup>

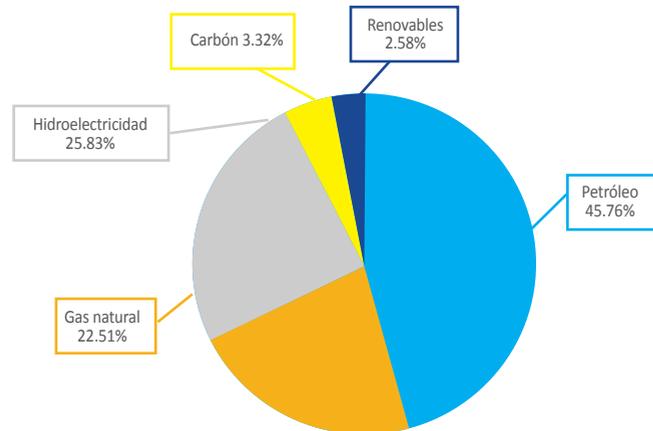
Territorio	Promedio anual (kWh/m <sup>2</sup> )
Costa Sur	6.0 - 6.5
Costa Norte	5.5 - 6.0
Sierra	5.5 - 6.0
Selva Sur	5.0 - 5.5
Selva Norte	4.5 - 5.0

Fuente: Tamayo (2011). Elaboración: GPAE-Osinergmin.



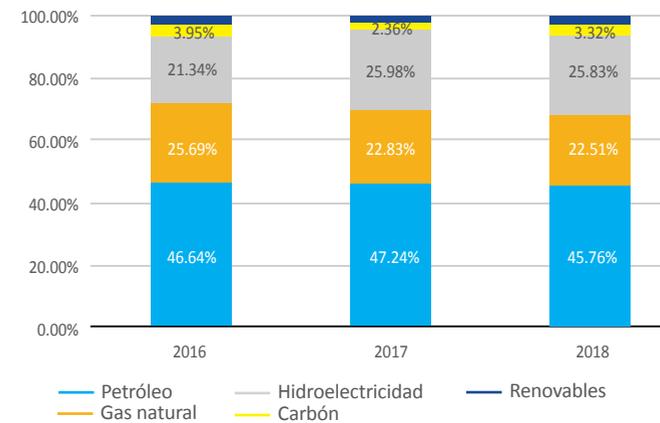
En los últimos años, los RER han ganado participación en la producción de electricidad. Foto: Enel Distribución Perú.

**Gráfico 11-1**  
Matriz de energía primaria en el Perú, medida por consumo según tipo de recurso energético (2018)



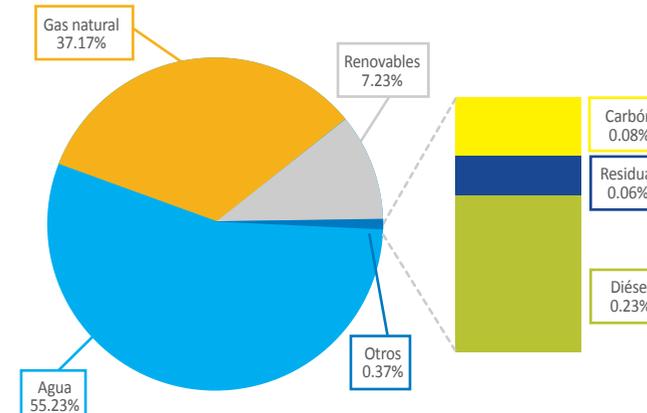
Fuente: BP plc (2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 11-2**  
Evolución del consumo de energía primaria en el Perú según tipo de recurso energético (2016 - 2018)



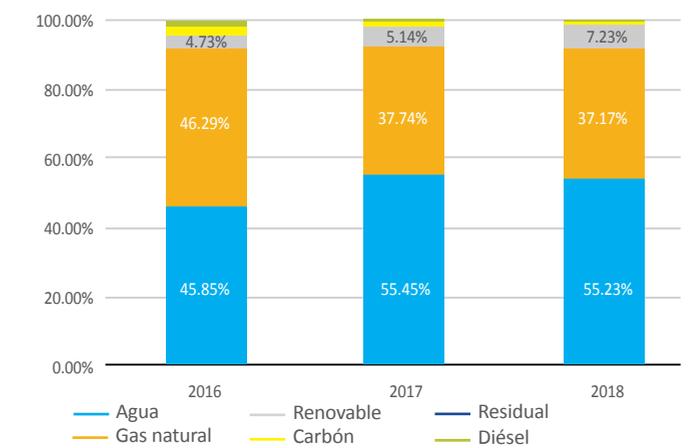
Fuente: BP plc (2018, 2019). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 11-3**  
Matriz de generación eléctrica en el Perú, medida por producción eléctrica (GWh) según tipo de recurso energético (2018)



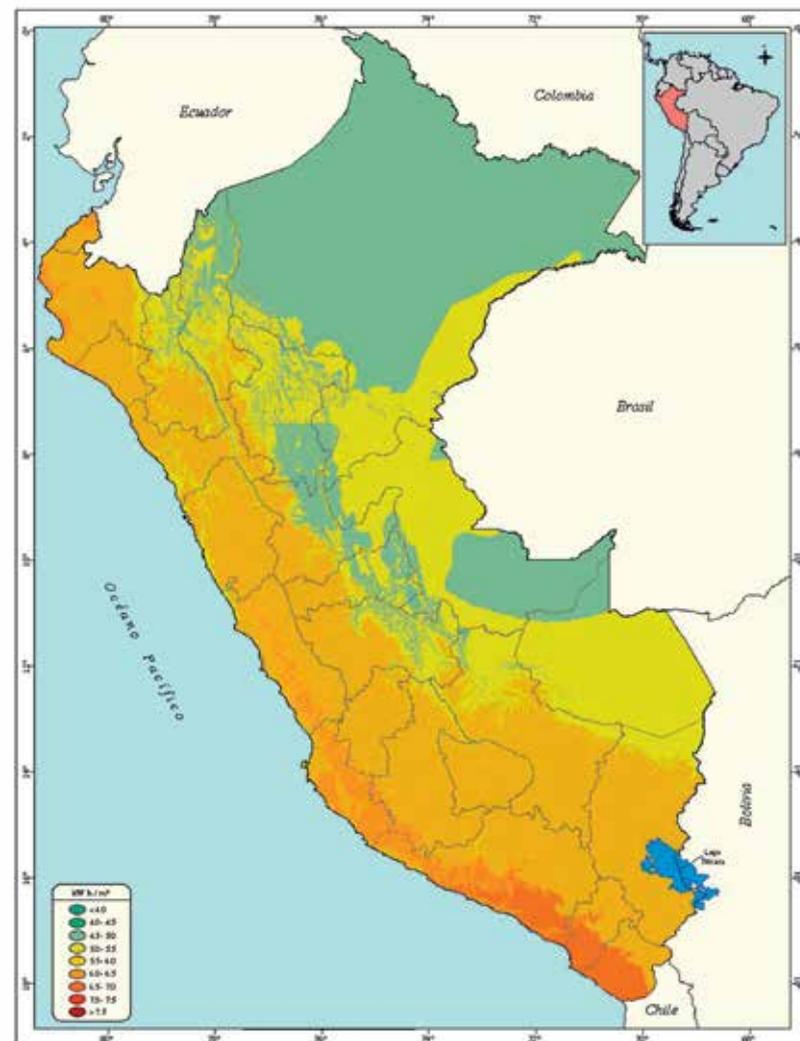
Fuente: COES. Elaboración GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 11-4**  
Evolución de la producción de electricidad del SEIN según tipo de recurso energético (2016 - 2018)



Fuente: COES. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Ilustración 11-1**  
Mapa del potencial solar en el Perú en kWh/m<sup>2</sup>



Fuente y elaboración: Tamayo (2011).

### 11.3. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA

En la actualidad, la calidad del aire en algunas ciudades del Perú, medida con la concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>, es preocupante. Este tipo de contaminante es causado, sobre todo, por los vehículos de motor de combustión interna, y los efectos que pueden tener en la salud de las personas son graves: debido a su tamaño tienen un alto potencial de penetración en las vías respiratorias. En la **ilustración 11-2** se muestra que el nivel del PM<sub>2.5</sub> en Lima se encuentra muy por encima del umbral máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Según valores tomados el 18 de junio de 2019, el nivel de contaminante en el aire de la capital peruana (39 µg/m<sup>3</sup>) no solamente es 3.9 veces el nivel recomendado por la OMS, sino que se encuentra significativamente por encima del

nivel registrado en otras ciudades capitales de América Latina, como Buenos Aires (12 µg/m<sup>3</sup>), Santiago (29 µg/m<sup>3</sup>) o Bogotá (15 µg/m<sup>3</sup>). Adicionalmente, debemos considerar que las emisiones de GEI se han incrementado durante los últimos años (ver **gráfico 11-5**), según la proyección realizada por el Ministerio del Ambiente (Minam).

Cabe mencionar que estas proyecciones incluyen las emisiones totales (emisiones brutas) y netas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano y óxidos nitrosos descargadas a la atmósfera por distintas fuentes emisoras, expresadas en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e). Como hemos visto en la primera sección de este libro, si bien algunos de estos gases pueden ser emitidos de manera natural, la actividad humana también contribuye a su producción. Dentro de estas actividades se encuentra el transporte terrestre, realizado en su mayoría por vehículos de combustión

interna. El **anexo 5** incluye un inventario detallado de estos gases por categoría y actividad económica (Minam, 2012).

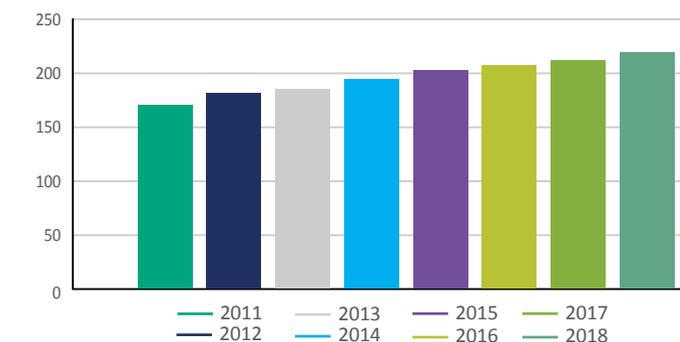
Con relación a los contaminantes, el **cuadro 11-2** presenta la evolución de la concentración media anual de dióxido de azufre en distintos puntos de medición ubicados en Lima Metropolitana. Como se mencionó, este se forma, sobre todo, por la quema de combustibles fósiles y, además de ser dañino para la salud de las personas, aporta a la acidez de las precipitaciones. Como puede verse, el nivel de concentración de este gas se encuentra por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) vigente a la fecha en el Perú (que asciende a 250 µg/m<sup>3</sup>), aunque dicha holgura se reduce de manera significativa si se compara con el estándar recomendado por la OMS<sup>1</sup> para concentración media en 24 horas (20 µg/m<sup>3</sup>). Incluso, el promedio anual de las mediciones realizadas en 2013 en El Agustino superó dicho nivel.

**Ilustración 11-2**  
Nivel de PM<sub>2.5</sub> en Lima en comparación a lo recomendado por la OMS



Fuente y elaboración: Breathe for Life 2030<sup>2</sup>.

**Gráfico 11-5**  
Proyección de emisiones de GEI a nivel nacional en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e)



Fuente y elaboración: Sistema Nacional de Información Ambiental (Sinia)<sup>3</sup>.

Por otra parte, con relación a la concentración de dióxido de nitrógeno, cuyo origen también se encuentra asociado a los procesos de combustión en el transporte, el **cuadro 11-3** presenta la evolución del promedio anual de las mediciones en distintos puntos de Lima. En todos los casos, el nivel de concentración de este gas se encuentra por debajo del ECA)

**Cuadro 11-2**  
Concentración media anual de dióxido de azufre en Lima Metropolitana (microgramos por metro cúbico -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Punto de medición	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017
Comas	11.55	4.35	5.43	11.58	9.81	9.28	2.50
El Agustino	11.10	7.72	14.29	22.28	8.14	6.21	-
Lima	-	-	-	9.15	8.15	7.76	-
Lince	-	-	-	-	10.68	7.23	9.01
San Juan de Miraflores	12.40	11.49	13.95	8.32	7.06	7.80	-

Fuente: Sinia<sup>8</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 11-3**  
Concentración media anual de dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana (microgramos por metro cúbico -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Punto de medición	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017
Comas	24.73	11.45	7.06	27.37	31.15	12.16	26.20
El Agustino	30.27	21.66	13.22	19.84	12.13	21.90	-
Lima	-	-	-	23.46	21.97	21.32	-
Lince	-	-	-	-	9.44	14.06	27.55
San Juan de Miraflores	19.67	12.90	45.26	22.27	27.96	22.47	-

Fuente: Sinia<sup>8</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 11-4**  
Concentración media anual de partículas suspendidas respirables  $\text{PM}_{10}$  (microgramos por metro cúbico -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Punto de medición	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comas	82.64	95.16	52.06	96.30	85.39	90.66	90.17	82.40
El Agustino	73.82	52.20	89.01	53.06	52.91	46.01	64.10	61.72
Lima	69.20	47.49	47.49	63.62	42.79	50.21	44.64	54.60
Lince	-	-	-	-	55.23	48.91	45.63	43.46
San Juan de Miraflores	78.73	65.25	61.20	28.98	51.80	74.10	78.98	88.70

Fuente: Sinia<sup>8</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

vigente a la fecha en el Perú (que asciende a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sin embargo, nuevamente, dicha holgura se reduce de manera significativa si se compara con el estándar recomendado por la OMS<sup>7</sup> para concentración media en 24 horas ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Incluso, el promedio anual de las mediciones realizadas en 2012 en San Juan de Miraflores superó dicho nivel.

Con relación al  $\text{PM}_{10}$ , perjudicial para la salud de los seres humanos, de acuerdo con las mediciones realizadas en distintos puntos de Lima, se observa que en todos los casos las concentraciones están por debajo del ECA vigente a la fecha en el Perú (que asciende a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sin embargo, la OMS recomienda niveles de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24 horas, con lo cual resulta claro que el nivel de calidad del aire con respecto a este contaminante no cumple con las recomendaciones internacionales.

Sobre el nivel de concentración de  $\text{PM}_{2.5}$ , si bien el del ECA vigente a la fecha en el Perú es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que permitiría que las mediciones se encuentren dentro de un nivel tolerable, la OMS tiene recomendaciones más estrictas. De acuerdo con la organización, el nivel máximo que debería alcanzar dicho contaminante es  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de media anual y  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 24 horas. Resulta claro, entonces, que no se cumple con las recomendaciones internacionales.

Al revisar estas cifras, podemos concluir que la calidad del aire en Lima debe motivar a las autoridades a emprender políticas públicas para su mejora, siendo la electromovilidad una oportunidad para generar un sistema de transporte limpio en beneficio de todos los ciudadanos.

**Cuadro 11-5**  
Concentración media anual de partículas suspendidas respirables  $\text{PM}_{2.5}$  (microgramos por metro cúbico -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Punto de medición	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comas	34.55	64.72	34.13	46.31	38.54	27.94	24.45	28.45
El Agustino	35.18	31.43	48.62	44.97	34.34	30.14	30.40	28.64
Lima	-	-	-	42.74	31.94	24.99	22.11	-
Lince	-	-	-	-	23.07	23.85	-	14.78
San Juan de Miraflores	32.91	11.49	33.66	23.03	33.89	34.54	28.67	19.46

Fuente: Sinia. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Cuadro 11-6**  
Vehículos por cada mil habitantes

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amazonas	5.78	5.79	5.75	5.61	5.49	5.38	5.36
Áncash	19.79	20.77	22.51	24.25	25.89	27.17	29.05
Apurímac	8.88	8.83	8.94	8.99	9.06	9.14	9.15
Arequipa	87.44	96.61	108.04	119.04	129.05	136.98	144.42
Ayacucho	8.78	8.78	8.92	8.86	8.84	8.74	8.68
Cajamarca	10.07	11.49	12.99	14.12	14.86	15.52	16.26
Cusco	35.37	37.78	41.54	45.72	49.53	52.56	55.87
Huancavelica	2.77	2.75	2.74	2.67	2.68	2.60	2.58
Huánuco	14.35	15.08	16.02	16.82	17.46	18.18	18.90
Ica	34.97	34.97	34.77	34.22	33.92	37.75	34.08
Junín	39.25	40.50	42.56	44.33	46.18	47.81	49.28
La Libertad	90.83	91.58	93.39	95.34	97.13	98.91	100.97
Lambayeque	37.99	40.57	43.85	46.89	49.50	51.69	53.72
Lima	131.16	139.15	148.54	157.01	164.18	170.23	175.48
Loreto	5.18	5.24	5.28	5.35	5.38	5.29	5.24
Madre de Dios	8.14	8.26	8.32	8.58	8.47	8.45	8.70
Moquegua	77.99	80.94	83.54	84.56	83.86	82.73	81.89
Pasco	25.09	24.69	24.32	23.69	23.03	22.37	22.21
Piura	20.55	21.91	23.56	25.37	27.10	28.41	29.62
Puno	25.26	27.17	29.44	31.29	32.13	32.64	33.37
San Martín	12.97	13.11	13.55	13.78	14.04	14.33	14.51
Tacna	126.44	130.41	135.08	137.90	139.76	141.01	142.72
Tumbes	13.93	13.87	14.27	14.34	14.37	14.37	14.34
Ucayali	16.09	16.29	16.72	17.20	17.86	18.27	18.57

Fuente: Sinia<sup>8</sup>. GPAE-Osinergmin.

## 11.4. ESTADO ACTUAL DEL TRANSPORTE EN LIMA

Lima es la ciudad con la tasa más alta de vehículos por mil habitantes en nuestro país. Como puede verse en el **cuadro 11-6**, de acuerdo con información del Minam, este indicador alcanzó 175.48 por cada mil habitantes. En segundo lugar y tercer lugar, encontramos a Arequipa y Tacna, con 144.42 y 142.72, respectivamente.

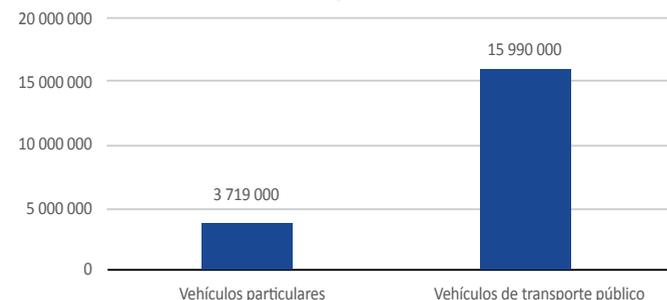
En Lima, el crecimiento del número de vehículos por mil habitantes ha sido de 42% en el periodo 2009-2016. Lima es la ciudad con mayor población del país. Junto con el Callao que, para efectos del transporte, forman una misma zona geográfica, reunían un total de 10 479 889 de habitantes para 2017, según cifras del último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

### 11.4.1. Situación del transporte en Lima

En Lima, para movilizarse, las personas usan, sobre todo, transporte público. Así, como puede verse en el **gráfico 11-7**, el número de viajes efectuados en transporte público por la población de Lima y Callao es de 15 990 000 al día, mientras que los viajes diarios realizados con transporte privado ascienden a 3 709 000.

Es decir, en Lima y Callao, según datos de la Fundación Transitemos, solo 19% de los ciudadanos utiliza sus automóviles particulares como medio de transporte. En contraste, el 81% de los ciudadanos usa algún tipo de transporte público, el cual incluye: transporte regular, taxis, la Línea 1 de Metro, Metropolitano y corredores complementarios. Según la Fundación Transitemos (2018), el

**Gráfico 11-6**  
Viajes motorizados por tipo de vehículo  
Lima y Callao



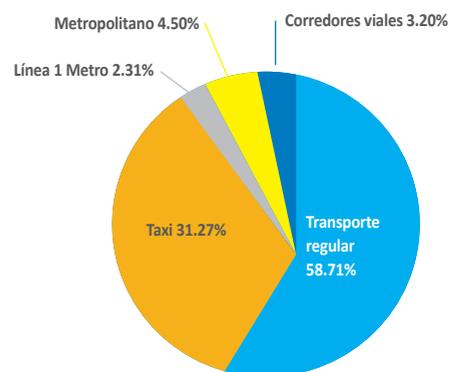
Fuente y elaboración: Fundación Transitemos (2018).

**Cuadro 11-7**  
Número de viajes diarios en Lima y Callao

Tipo de transporte público <sup>11.7</sup>	Número de viajes diarios	(%)
Transporte regular	9 388 528	58.71%
Taxi	5 000 000	31.27%
- Taxi formal	2 800 000	17.51%
- Taxi colectivo e informal	2 200 000	13.76%
Línea 1 Metro	370 000	2.31%
Metropolitano	720 000	4.50%
Corredores viales	511 472	3.20%
<b>Total</b>	<b>15 990 000</b>	<b>100%</b>

Nota. Transporte regular: bus, combi, coaster, mototaxi.  
Fuente: Fundación Transitemos (2018). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

**Gráfico 11-7**  
Distribución de los viajes diarios en Lima y Callao



Fuente y elaboración: Fundación Transitemos (2018).



En Lima y Callao, 81% de los viajes diarios se realiza en el transporte público. Foto: Shutterstock.

número de viajes realizados en transporte público durante 2018 fue 15 990 000 por día. De esta cifra, un gran porcentaje pertenece a los realizados en transporte regular y taxi, con un 58.71% y 31.21%, respectivamente.

Esto genera problemas debido a las deficiencias de estos tipos de transporte, como la ausencia de paraderos establecidos y que no existe un sistema de precios. Asimismo, solo el 56% de los taxis cuenta con licencia. Por otro lado, los viajes realizados en la Línea 1 del Metro, el Metropolitano y los corredores viales, representan el 2.31%, 4.50% y el 3.20% del total, respectivamente.

Estas estadísticas revelan que la gran mayoría (81%) de los viajes en Lima y Callao se realizan mediante transporte público. A su vez, del total de viajes realizados, únicamente el 2.31% (el correspondiente al Metro de Lima) se encuentra electrificado. Es decir, que existe una importante oportunidad para promover la electromovilidad por medio del transporte público, cuya planificación corresponde al Estado. En algunos casos, su implementación puede llevarse a cabo mediante modificaciones a las asociaciones público-privadas en marcha (Metropolitano o Corredores Complementarios), o la ejecución de la reforma del transporte regular, que actualmente representa la fuente principal del caos en el transporte de la capital.

## RECUADRO 11-1

### El sistema actual de transporte público en Lima y Callao<sup>9</sup>

#### i) Transporte regular

Constituido por las distintas líneas autorizadas por las municipalidades provinciales. Se realiza con vehículos tipo bus, coaster y combi. Cuenta con rutas autorizadas (que se renuevan cada uno o tres años, según disposición municipal), no sigue necesariamente un sistema autorizado de paraderos ni tiene una lista de tarifas reguladas. Tampoco tiene obligaciones con respecto a renovación de flota ni la calidad en la prestación del servicio. El transporte regular es el principal problema que debe ser solucionado en Lima. También se incluye a los mototaxis, con mayor incidencia en la periferia de la ciudad.

#### ii) Taxi

Los taxis en Lima se encuentran registrados en la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad. Sin embargo, existe un importante número de taxistas informales (sin incluir los conductores que actualmente realizan esta función mediante aplicaciones móviles). La tarifa no se encuentra regulada.

#### iii) Metro

Lima tiene actualmente solo una Línea de Metro que recorre desde Villa El Salvador hasta San Juan de Lurigancho. Actualmente se encuentra en construcción la Línea 2, que recorrerá desde Ate hasta el Callao, interconectando con la Línea 1 en la estación 28 de Julio.

#### iv) Metropolitano

Este sistema de transporte funciona sobre la base de un carril exclusivo para sus autobuses. Solo tiene una sola ruta que está dividida en diferentes servicios. Su recorrido parte desde el Parque Naranjal (Comas) hasta la Av. Mantellini (Chorrillos), en ambos sentidos, teniendo algunas rutas alimentadores y servicios especiales. Su tarifa se encuentra regulada, aunque los consorcios participan de forma mayoritaria en la decisión de su fijación.

#### v) Sistema de concesión de corredores complementarios

En 2014, la Municipalidad de Lima inició la puesta en marcha de las concesiones dedicadas a la operación de buses en corredores complementarios. Existen obligaciones progresivas de renovación de flota y calidad del servicio. La tarifa se encuentra fijada y se ha habilitado el pago mediante una tarjeta electrónica (Lima Pass), que también puede ser utilizada en el Metropolitano y viceversa. Sin embargo, la implementación de estos corredores ha quedado incompleta, ya que no se han puesto en marcha todos y, en los casos en los que se ha iniciado la operación, solo se ha realizado a nivel de rutas troncales, sin contar con rutas alimentadoras.



Foto: Shutterstock



Foto: Shutterstock



Foto: AATE



Foto: Shutterstock



Foto: Shutterstock

## RECUADRO 11-2

### Autoridad del Transporte Urbano para Lima y Callao



La ATU se encargará de planificar, gestionar, supervisar y fiscalizar el servicio de transporte terrestre de Lima y Callao. Foto: Shutterstock.

Con el objetivo de garantizar un sistema integrado de transporte que sea capaz de satisfacer las necesidades de traslado en Lima y Callao de forma eficiente, sostenible y accesible, se crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) mediante la Ley N° 30900, promulgada el 28 de diciembre de 2018. La ATU es el organismo encargado de la planificación, gestión, supervisión y fiscalización del Sistema Integrado de Transporte de Lima y Callao, con el fin de lograr una red que integre los servicios de transporte terrestre urbano masivo de pasajeros que sea eficiente, de calidad y económicamente sustentable.

Entre las principales funciones de la ATU se encuentra la aprobación del Plan de Movilidad Urbana para Lima y Callao, que debe considerar una integración multimodal de transporte motorizado y

no motorizado, desarrollar políticas para promover la movilidad sostenible que sean accesibles y de amplia cobertura, la aprobación de normas que regulen la gestión y fiscalización de los servicios de transporte dentro del territorio de Lima y Callao, y la aprobación de normas que regulen el Sistema Integrado de Transporte de Lima y Callao, entre otros.

La ATU está dirigida por un Consejo Directivo, el cual está conformado por ocho miembros designados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) por un periodo de cinco años. Dos miembros serán propuestos por el mismo MTC, un miembro por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), uno por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) y cuatro por las municipalidades provinciales existentes en el territorio.

### 11.5. OTRAS ALTERNATIVAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA

Si bien el presente libro se enfoca en automóviles y buses, creemos que es importante mencionar, dada su reciente expansión en distintas ciudades del mundo, formas alternativas de electromovilidad, tales como las motos eléctricas, bicicletas a base de electricidad y los vehículos de movilidad personal (VMP).

Los VMP fueron clasificados en el grupo movilidad de transporte urbano llamado micromovilidad para su incorporación en el Anexo II del Reglamento Nacional de Vehículos mediante la Resolución Ministerial N° 308-2019 MTC/01 02, que indica que dentro de los VMP podemos encontrar patinetas, monopatines, monociclos y vehículos autoequilibrados.

La misma resolución establece que estos vehículos se caracterizan por tener un motor eléctrico que puede ir hasta los 25 km/h y solo deben circular por el carril derecho de la calzada de las calles o el carril más cercano de las ciclovías<sup>10</sup>. Si bien la micromovilidad contribuye a la reducción del impacto del transporte en el ambiente, su motivación principal es evitar el problema del tráfico, siendo soluciones individuales de transporte. El desarrollo de la micromovilidad en el país es aún incipiente. En particular, estos vehículos se vienen expandiendo en algunos distritos de la ciudad capital por medio de plataformas de alquiler de *scooters* eléctricos.

Además de los VMP, las bicimotos y motos eléctricas también responden a esa doble necesidad de mitigar la contaminación y tratar de evitar el tráfico<sup>11</sup>. Los precios de compra de estas motos eléctricas oscilan entre S/ 3500 y S/ 5500, aproximadamente, según el Centro de Conservación de Energía y Medio

Ambiente (Cenergia)<sup>12</sup>. En el gráfico 11-8 se exponen algunas ventajas de la moto eléctrica con respecto a las tradicionales que funcionan a base de gasolina en torno a la eficiencia, ya que las eléctricas tienen un menor costo por kilómetro recorrido, además de menor costo de carga.

Los precios de las bicicletas eléctricas oscilan entre S/ 1800 y S/ 3200 y sus baterías tienen un tiempo de carga de entre cuatro y cinco horas, aproximadamente, con un costo de S/ 0.60<sup>13</sup>. Sin embargo, es importante no confundir el uso de estas bicicletas eléctricas con bicicletas o bicimotos que están diseñadas con un motor de combustión adaptado, debido a que, en la actualidad, el uso de estas últimas está prohibido según la última indicación del MTC. Por otro lado, las motos y bicimotos eléctricas se encuentran reguladas, exigiéndose para dichos vehículos patente B2, SOAT, placa, certificado de inspección y tarjeta de propiedad.

### Ilustración 11-3 Ámbitos de operación de los scooters eléctricos de alquiler en Lima



Scooters eléctricos estacionados en una calle de Miraflores (Lima). Foto: Shutterstock.



Patineta eléctrica. Foto: Shutterstock.

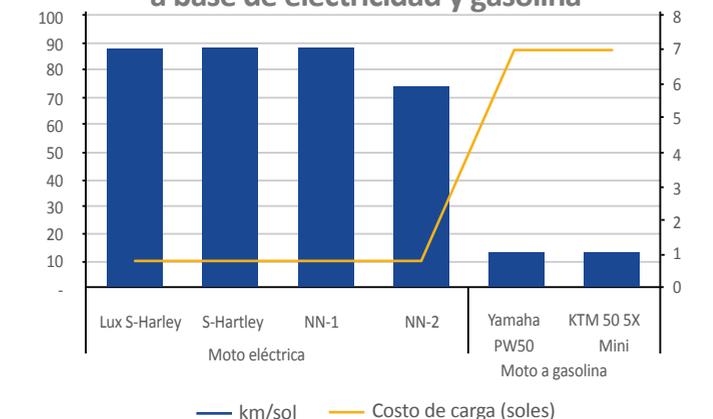


Monopatín o scooter eléctrico. Foto: Shutterstock.



Monociclo eléctrico. Foto: Shutterstock.

### Gráfico 11-8 Costo de carga y recorrido de motos a base de electricidad y gasolina

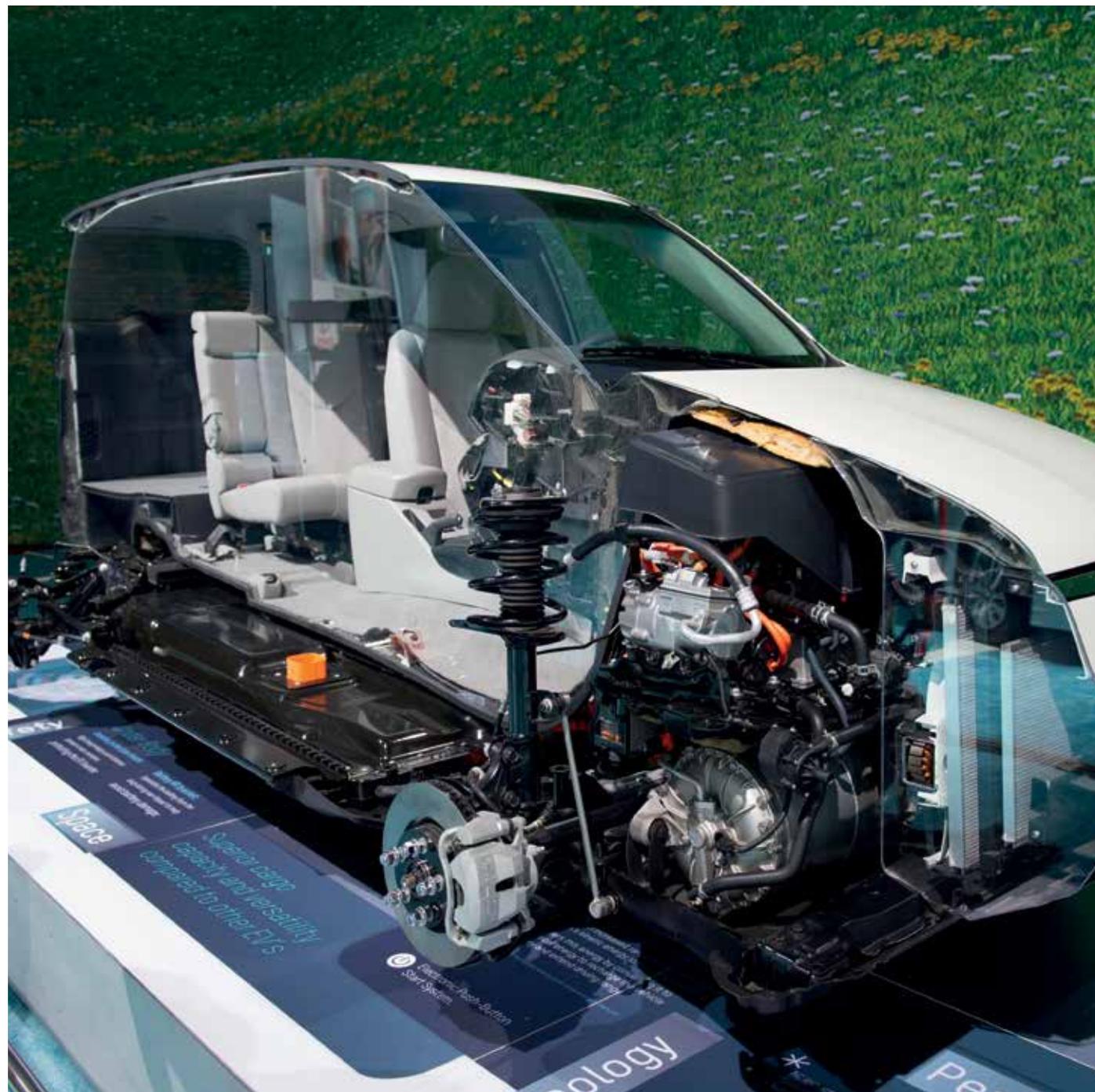


Fuente y elaboración: Centro de Conservación de la Energía y del Medio Ambiente<sup>14</sup>.



# 12 | POTENCIALIDAD PARA EL PAÍS: LITIO Y ELECTROMOVILIDAD

El litio es el componente principal de las baterías utilizadas actualmente en los vehículos eléctricos. El presente capítulo resulta de relevancia ya que nuestro país puede encontrarse en un punto de inflexión para la explotación del referido metal debido al reciente descubrimiento de importantes recursos en el sur.



Vista transversal de un vehículo eléctrico Toyota RAV4 durante una exposición en Los Ángeles (California). Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 12

## POTENCIALIDAD PARA EL PAÍS: LITIO Y ELECTROMOVILIDAD

El presente libro ha demostrado que la electromovilidad es una herramienta poderosa para llegar al objetivo de la descarbonización de las economías en el mundo. Sin embargo, a fin de garantizar la producción de vehículos eléctricos a precios cada vez menores, se necesita garantizar el suministro de metales tecnológicos, como el litio. Para comprender la relación del litio con la electromovilidad es relevante conocer su cadena de valor, desde su extracción hasta su empleo como insumo fundamental en las baterías de ion-litio de los vehículos eléctricos. Asimismo, dado su enorme potencial en el altiplano peruano, es importante entender el mercado e identificar retos y oportunidades para su explotación en el país.

### 12.1. ¿QUÉ ES EL LITIO?

El litio es el primer metal alcalino de la tabla periódica (símbolo, Li) y fue descubierto por el químico sueco Johan Arfwedson en 1817 mientras analizaba el mineral petalita. Se caracteriza por ser el metal sólido más ligero (la mitad de denso que el agua), suave, de color blanco plateado, de bajo punto de fusión y reactivo. También cuenta con otras propiedades físicas como: alta capacidad calorífica y conductividad térmica, excelente conductividad eléctrica y baja viscosidad (Schulz, DeYoung, Seal y Bradley, 2018, y Geological Survey, 2016).

Según la British Geological Survey (2016), no se encuentra en su estado natural sino en más de 100 minerales debido a su reactividad. Por lo tanto, su explotación está vinculada a la extracción de algunos de ellos (ver **cuadro 12-1**).

El litio también se encuentra en las salmueras continentales de los salares de Atacama (Chile), Uyuni (Bolivia) y Hombre Muerto (Argentina). Otros recursos de donde se puede obtener el litio son las salmueras de pozos petrolíferos, salmueras asociadas a campos geotermales, arcillas

sedimentarias y en el agua de mar. De acuerdo con información estadística de la United States Geological Survey (USGS, 2019), en 2018, el 53% de los recursos<sup>2</sup> de litio a nivel mundial estaba ubicado entre Argentina, Bolivia y Chile, zona denominada triángulo del litio (ver **gráfico 12-1**). Estos recursos mundiales crecieron 14% con respecto a 2017 (de 53.8 millones a 61.42 millones de contenido de litio). Cabe resaltar que, por primera vez, se incluye al Perú, con una participación de 0.21% del total global<sup>3</sup>.

**Cuadro 12-1**  
**Minerales más comunes que contienen litio**

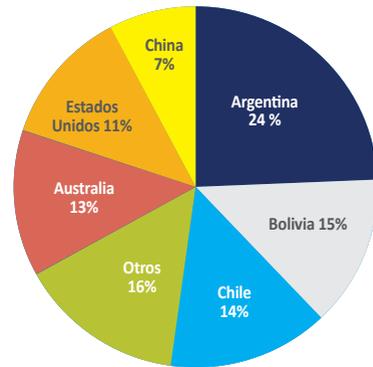
Míneral	Contenido de litio (Li%)	Apariencia
Espodumeno	3.70	Blanco, gris, rosado, lila, amarillo o verde, incoloro
Lepidolita	1.39 - 3.60	Incoloro, gris/blanco, amarillo, lila, vítreo perlado
Petalita	1.60 - 2.27	Incoloro, gris, amarillo o blanco
Eucryptita	2.10 - 5.53	Marrón, incoloro o blanco, vítreo
Amblygonita	3.40 - 4.70	Blanco, amarillo o gris, vítreo perlado
Hectorita	0.54	Blanco opaco
Jadarita	7.30	Blanco, porcelanato

Fuente: British Geological Survey, 2016. Elaboración: GPAE-Osinermin.



Litio en mineral. Foto: Shutterstock.

**Gráfico 12-1**  
**Recursos de litio (2018)**



Nota. Total: 61.42 millones de toneladas  
Fuente: USGS (2019). Elaboración: GPAE-Osinermin.

## 12.2. CADENA DE VALOR DEL LITIO

Las fuentes de recursos de litio son numerosas; sin embargo, actualmente solo existen dos procesos que permiten que su extracción sea económicamente rentable: mediante minerales y salmueras.

### 12.2.1. Proceso de obtención mediante minerales

El mayor grado de concentración de litio se encuentra en las rocas pegmatitas<sup>4</sup>, en especial, en el mineral espodumeno que tiene un contenido teórico de óxido de litio de 8.03%. Al igual que la minería tradicional, la primera etapa del proceso de producción de litio es la exploración, cuando

se identifican nuevos yacimientos mineros que, según sus características (dimensión y composición), incrementarán las reservas y, posteriormente, la producción. La segunda etapa es la explotación, que consiste en extraer el mineral con contenido de litio de los yacimientos. Una peculiaridad de este proceso es la presencia de economías de escala (el costo de extracción por tonelada disminuye mientras mayor sea la cantidad extraída). No obstante, el costo de extracción se incrementa a medida que disminuyen las reservas porque las empresas se ven obligadas a explotar zonas más alejadas y con menor concentración mineralógica de litio.

La tercera etapa es la de beneficio, considerada como la más importante de la cadena del valor de litio, porque procesa el mineral extraído para obtener productos con mayor valor agregado. En una etapa inicial, se obtiene el mineral primario de espodumeno de la cantera, luego se calcina a una temperatura de 1100°C para que facilite su trituración y molienda en grado en polvo. Para concentrar el polvo obtenido, se ingresa en un baño acuoso para que el mineral flote en forma de espuma. El concentrado de espodumeno al 6% entra en un proceso de lixiviación<sup>5</sup> en ácido sulfúrico a elevada temperatura para obtener la solución de sulfato de litio (Castelo y Kloster, 2015).

Como siguiente paso, los sólidos remanentes de la solución de sulfato de litio son separados mediante un baño de agua caliente y luego dicha solución es tratada con cal sodada para remover impurezas (por ejemplo, calcio, hierro, cobre). Después de varias etapas de eliminación de impurezas, la solución de sulfato de litio se transforma mediante la electrólisis<sup>6</sup> en un hidróxido de litio líquido de alta pureza. El hidróxido de litio se convierte luego en un monohidrato de litio (sólido) o se

burbujea con dióxido de carbono para obtener carbonato de litio (Castelo y Kloster, 2015)<sup>7</sup>.

### 12.2.2. Proceso de obtención mediante salmueras continentales

A partir de la década de 1960, la producción de litio desde salmueras —acumulaciones de agua salina subterránea enriquecida con litio disuelto— generó una revolución en la industria debido a los menores costos de producción comparados con la obtención de litio en base a minerales (Cochilco, 2009). El contenido de litio por salmuera varía considerablemente por la presencia de otros elementos, como el potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos. Esta característica hace que cada salmuera tenga un tratamiento particular. Sin embargo, todos los depósitos productores de salmueras de litio tienen algunas características comunes: i) clima árido, ii) cuenca cerrada que contiene una playa o salar, iii) hundimiento



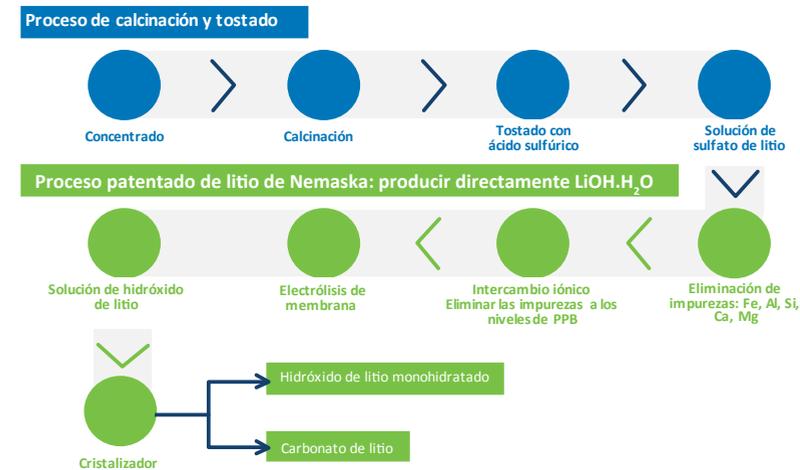
Proceso de obtención mediante salmueras continentales (Argentina). Foto: Shutterstock.

impulsado tectónicamente, iv) actividad ígnea o geotérmica asociada, v) rocas fuente de litio, vi) uno o más acuíferos adecuados y vii) suficiente tiempo para concentrar una salmuera (Bradley, Munk, Jochens, Hynek y Labay, 2013).

El proceso de producción de litio a partir de una salmuera —que normalmente lleva de 200 a 1400 mg/l de litio— empieza con su bombeo a la superficie y concentración por evaporación en una sucesión de estanques artificiales: cada uno tiene una mayor concentración de litio que el anterior. Después de unos pocos meses o hasta aproximadamente un año (dependiendo de las condiciones climatológicas), el concentrado de litio (1 a 2%) es procesado en una planta química para producir varios productos finales, como el carbonato de litio y el hidróxido de litio (Bradley *et al.*, 2013).

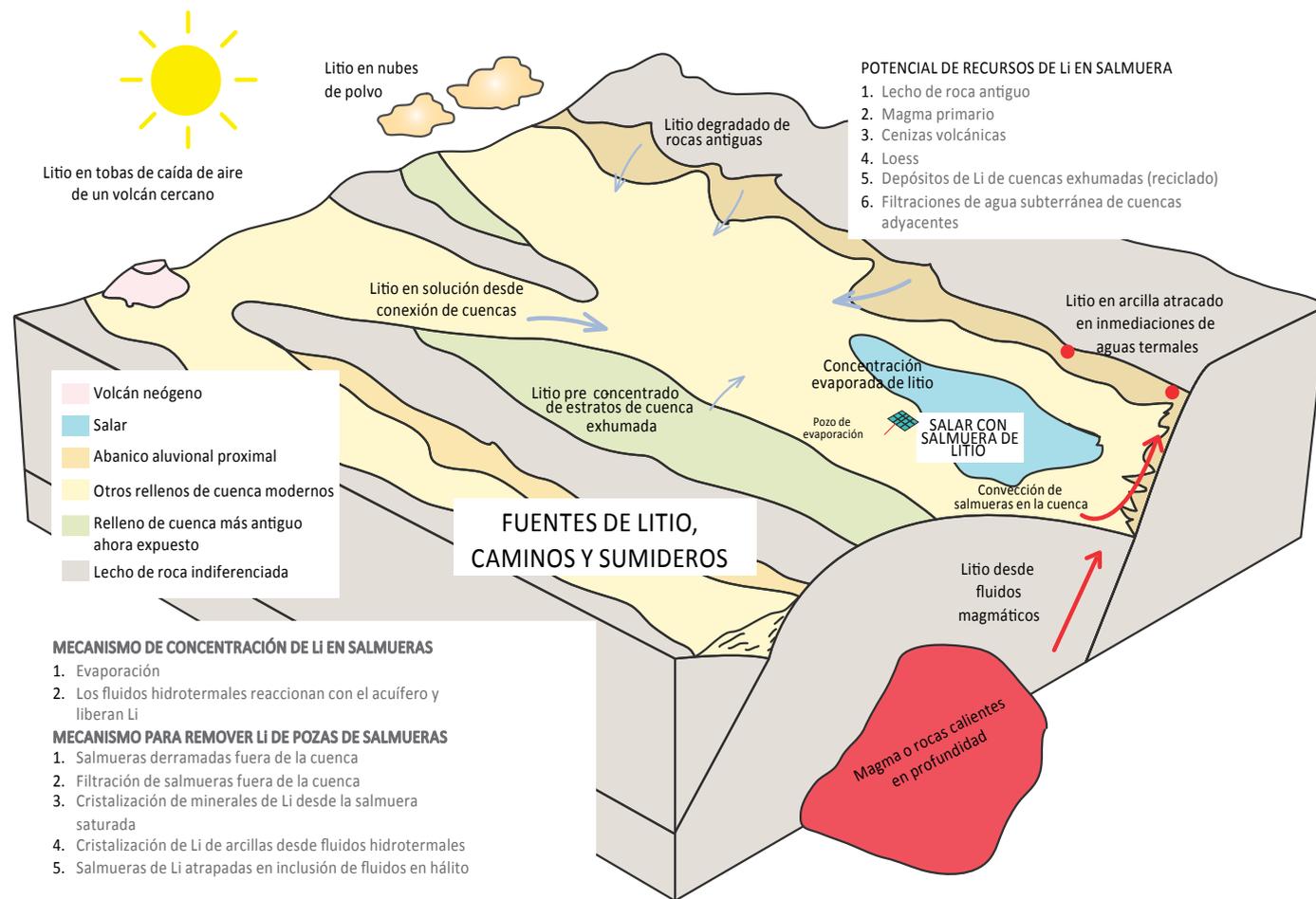
A partir del carbonato de litio se pueden obtener varios productos derivados, como el hidróxido de litio, cloruro de litio, butil litio y litio metal. El carbonato de litio se aplica en la industria del aluminio, baterías no recargables y recargables y farmacéuticos. El hidróxido de litio se puede emplear en las grasas lubricantes y en dispositivos inorgánicos. El cloruro de litio, por otra parte, se usa en los sistemas deshumidificadores y, los dos últimos, el butil litio y el metal litio, en el caucho sintético (ver **ilustración 12-4**).

**Ilustración 12-1**  
**Cadena de producción de litio mediante minerales**



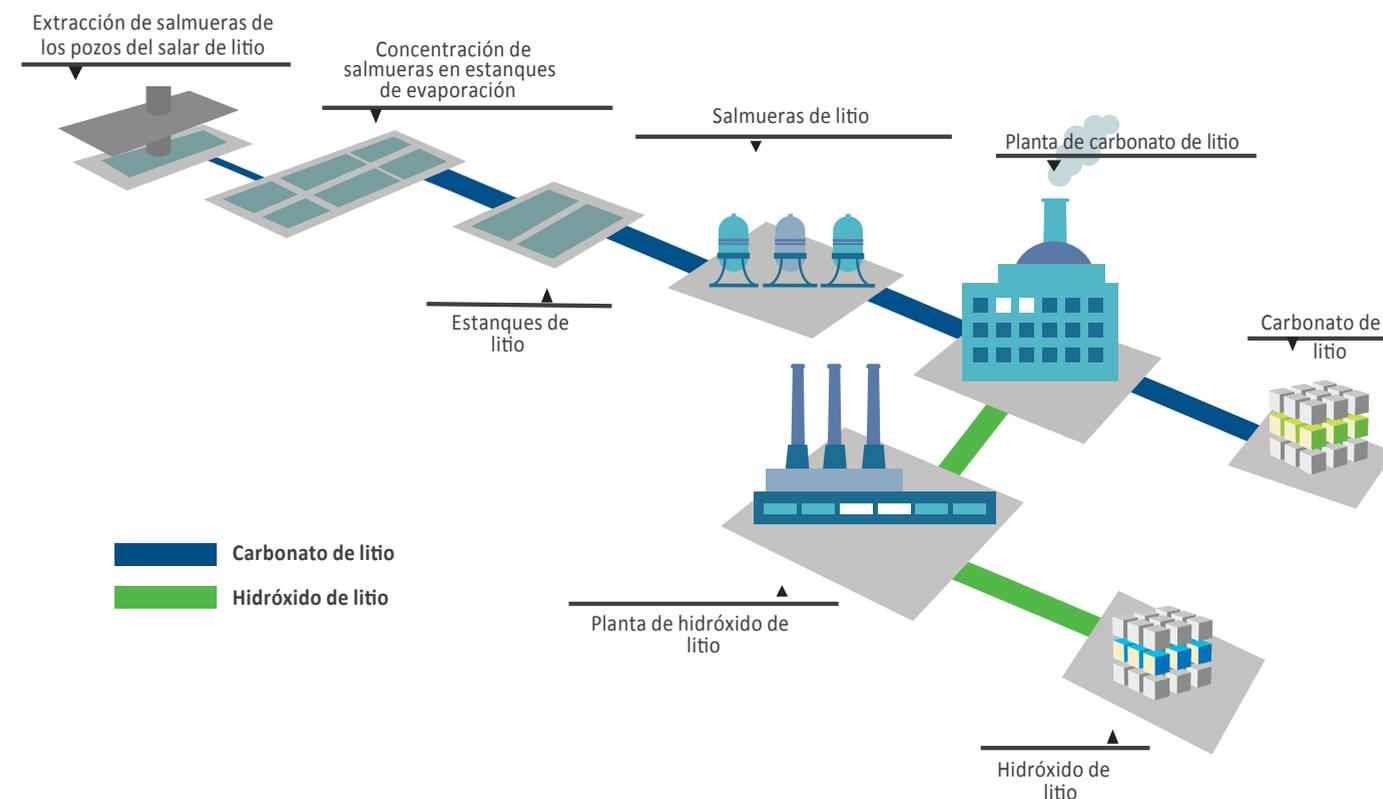
Fuente: Nemaska Lithium®. Elaboración: GPAE-Osinermin.

**Ilustración 12-2**  
**Modelo de depósito para salmueras de litio que muestra parte de un sistema de cuencas cerradas que consta de subcuencas interconectadas**



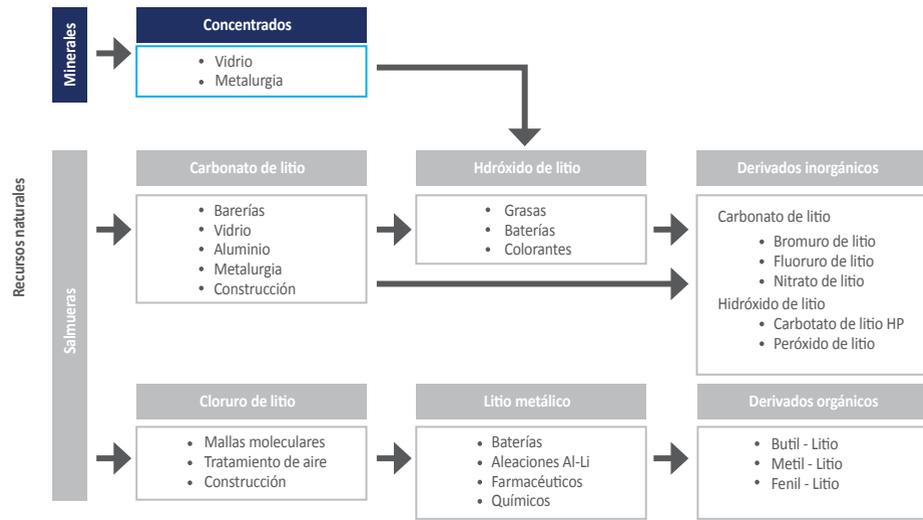
Fuente: Bradley *et al.* (2013). Elaboración: GPAE-Osinergrmin.

**Ilustración 12-3**  
**Cadena de producción de litio en base a salmueras**



Fuente: SQM<sup>®</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergrmin.

**Ilustración 12-4**  
Productos de litio y sus usos



Fuente y elaboración: SSPMicro con base en Cohlco y SQM<sup>10</sup>.

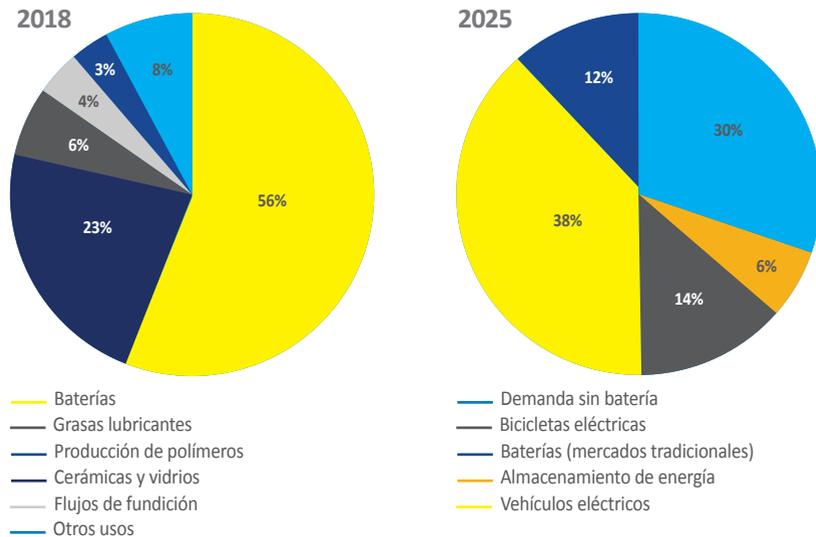
Actualmente, el litio se obtiene mediante minerales y salmueras continentales.

### 12.3. EL LITIO Y LA ELECTROMOVILIDAD

En las dos últimas décadas, el uso del litio ha cambiado drásticamente. Por ejemplo, en 1999, más del 60% era usado en cerámicas, vidrios y producción primaria de aluminio. Para 2018, el 56% era empleado en la industria de las baterías. Y, según proyecciones del Deutsche Bank, en 2025, el 70% de la demanda se empleará en baterías, especialmente para vehículos y bicicletas eléctricas (ver **gráfico 12-2**). Este gran cambio se debe a la evolución de la electromovilidad, que ha permitido sustentar la industria de las baterías de litio.

En el primer capítulo se explicó que la batería de tracción para los vehículos eléctricos, también llamada banco de baterías, es la pieza más importante y puede ser de tres tipos: i) de plomo ácido, ii) de níquel metal hidruro y iii) de litio (baterías de litio-ion y baterías de litio polímero<sup>11</sup>). La revolución del vehículo eléctrico está estrechamente ligada al cambio de baterías de plomo ácido y níquel metal hidruro por baterías de ion-litio debido a sus ventajas, tales como una mayor densidad energética, mejor confiabilidad y una mayor vida útil (ver **recuadro 12-1**).

**Gráfico 12-2**  
Uso del litio (2018 y proyección)



Fuentes: USGS (2019) y Deutsche Bank (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

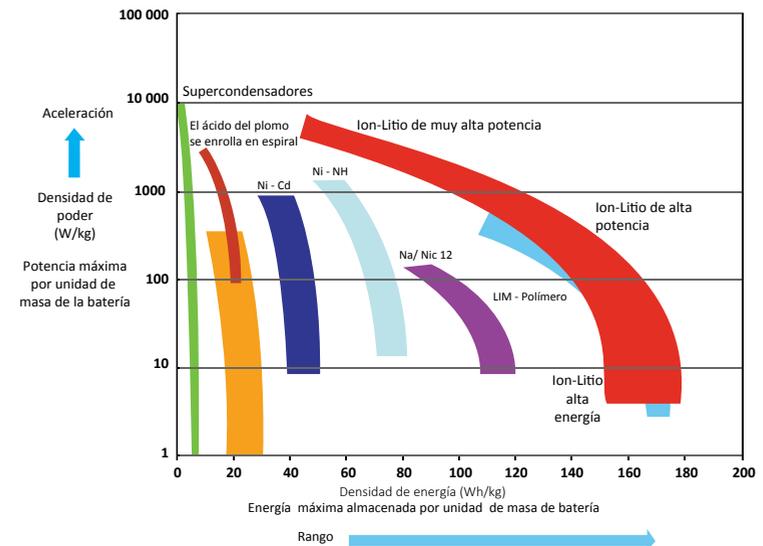
## RECUADRO 12-1

### Ventajas y desventajas de las baterías ion-litio

Las baterías de ion de litio (también llamadas ion-litio o Li-ion) producen gran energía y potencia por unidad de masa de la batería, esto permite que sean más ligeras y pequeñas que otras recargables. Estas características hacen que su uso sea popular en productos electrónicos, por ejemplo, el contenido de Carbonato de Litio Equivalente (LCE, por sus siglas en inglés) en un celular, en una tableta, en una computadora portátil y en herramientas eléctricas es de 3 gr, 18 gr, 30 gr, y 30 - 40 gr, respectivamente.

Las baterías de ion-litio, en comparación con las de plomo ácido y batería de níquel metal hidruro, permiten un uso más eficiente del espacio físico, mayor rendimiento total (del 80%-90%<sup>12</sup>, frente al 50%-65% de las baterías de plomo ácido), no tienen efecto memoria<sup>13</sup>, presentan una baja tasa de auto descarga<sup>14</sup> y tienen una alta vida útil. La principal preocupación de estas baterías es su seguridad. El oxígeno, junto a la combustibilidad del litio, puede ocasionar sobrecalentamientos, fugas, gases, estrés en las celdas y altas corrientes que generan cargas y descargas excesivas<sup>15</sup>.

**Gráfico 12-3**  
Potencia y energía por tipo de batería



Fuente y elaboración: International Energy Agency (IEA, 2009).

Las baterías de ion de litio permiten un uso más eficiente del espacio físico y mayor rendimiento total.

Actualmente, las baterías ion-litio se utilizan en los automóviles y buses eléctricos, y otros dispositivos para la movilidad eléctrica, tales como bicicletas eléctricas y patinetas. La **ilustración 12-5** muestra cuánto carbonato de litio equivalente podemos encontrar en vehículos eléctricos.

Pero el litio no es el único metal cuya demanda podría incrementarse como resultado de la expansión de los vehículos eléctricos. Así, el cobre también es muy demandado. Sin embargo, al menos a corto plazo, los analistas se muestran escépticos con respecto a la idea de que se desate un *boom* de demanda del referido metal por la electrificación del transporte<sup>16</sup>. El **recuadro 12-2** reseña brevemente la relación entre el cobre y la electromovilidad.

**Ilustración 12-5**  
Cantidad de LCE en vehículos



Fuente y elaboración: European Lithium y Visual Capitalist<sup>17</sup>.

## RECUADRO 12-2

### El cobre y la electromovilidad



El cobre, junto al litio, es uno de los principales componentes de los vehículos eléctricos. Foto: Shutterstock.

El cobre, por sus características de excelente conductividad térmica y eléctrica combinada con la ductilidad<sup>18</sup>, permite mejorar la producción y transmisión de energía. Es por ello que el metal rojo es empleado en la generación y transmisión de electricidad, fabricación de productos eléctricos y electrónicos, como insumo en la industria automotriz, entre otros. Según Cerro Verde (2018), la creciente demanda de vehículos eléctricos impulsará la demanda de cobre, debido a que estos requieren entre cuatro y cinco veces más cobre que los vehículos de motor de combustión interna. Asimismo, el cobre será empleado también en la infraestructura para la carga de baterías de los vehículos eléctricos, y las nuevas tecnologías para producir trenes y aviones podrían usar de dos a cuatro toneladas, duplicando el requerimiento de uno convencional.

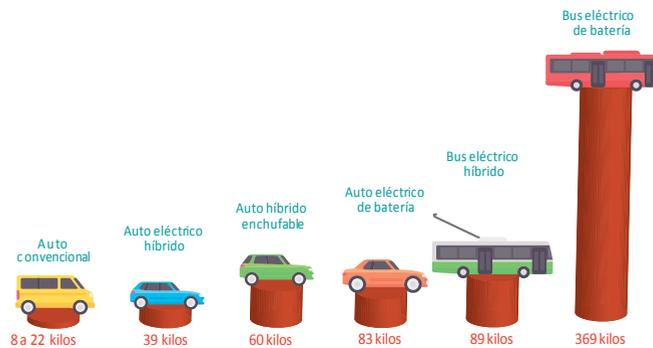
Según proyecciones de la International Copper Association, la demanda de cobre para vehículos eléctricos será de 1.7 millones de toneladas anuales para 2027, y se estima que a 2040, el 60% de los vehículos serán eléctricos (Cerro Verde, 2018).

En 2018, el Perú se ubicó en el segundo lugar en la producción mundial de mina del metal rojo —luego de Chile— y es el tercer

país con mayores reservas. Además, nuestro país tiene el costo promedio de producción de cobre más bajo comparado con China, Estados Unidos, Chile y Australia.

El Perú debe aprovechar sus ventajas comparativas y competitivas con respecto al cobre para que se constituya como un país líder en la producción de productos con mayor valor agregado, necesarios para la electromovilidad.

Gráfico 12-4  
Uso del cobre en vehículos eléctricos



Fuente: Cooper.org<sup>19</sup>. Elaboración: GPAE-Osinermin.

Cuadro 12-2  
Costo de producción del cobre por país

País	Costo promedio de producir una libra de cobre (en USD)
Perú	0.88
China	1.33
Estados Unidos	1.42
Chile	1.47
Australia	1.53

Fuente: Intéligo SAB, tomado de Gestión Minera (29.05.19). Elaboración: GPAE-Osinermin.

## 12.4. MERCADO DEL LITIO

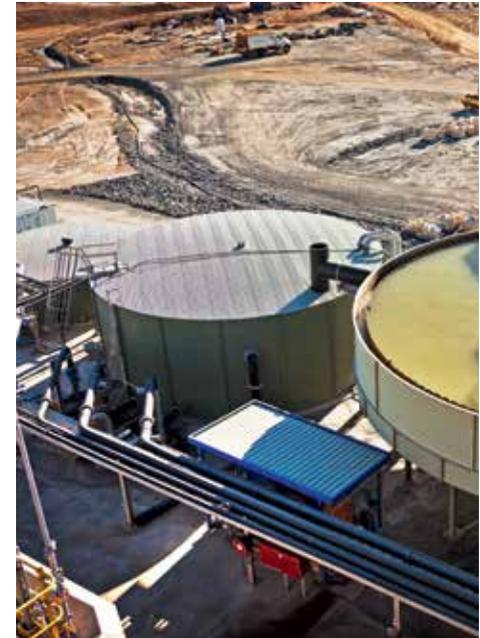
### 12.4.1. Reservas de litio

Las reservas de litio se cuadruplicaron desde el 2000 hasta 2018 debido a los descubrimientos en Chile y Australia. En 2018, el 98% del total de las reservas se concentró en Chile, China, Australia y Argentina. De todos estos países, Chile es el país que lidera el ranking con más de la mitad (57%).

### 12.4.2. Oferta de litio

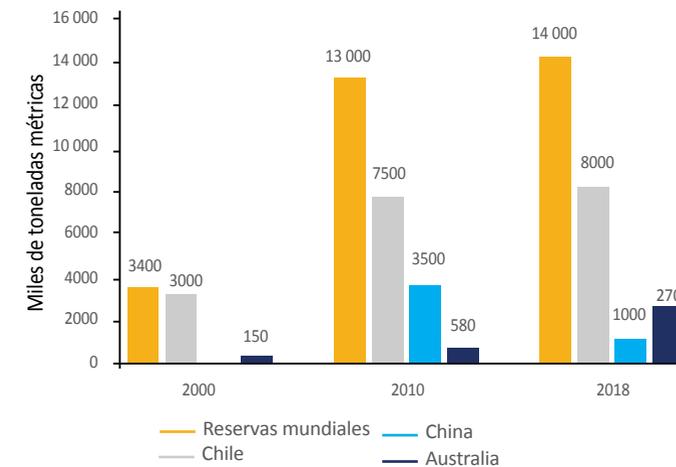
Entre 2000 y 2018, la producción de litio se sextuplicó, sobre todo por el fuerte crecimiento de la producción en Argentina y Australia (tasas anuales de crecimiento de 21% y 19%, respectivamente). A 2018, el 95.5% de la producción se concentró en Australia (60%), Chile (32.8%), China (9.4%) y Argentina (7.3%).

En relación a los costos de producción, según S&P Global Market Intelligence<sup>20</sup>, se espera que el *cash cost*<sup>21</sup> promedio de las minas de litio sea menos de la mitad de las salmueras en 2019. El *cash cost* de 11 productores de minas de litio sería USD 2540 por tonelada de LCE (t/LCE), mientras que el *cash cost* en nueve salmueras bordearía los USD 5580/t LCE. Para los productores de minas, el componente de mayor costo son los salarios. Esto se debe a que los salarios relativos son más altos en Australia, donde se ubican siete de los 11 productores evaluados. En el caso de las salmueras, el componente de mayor costo es el de los reactivos químicos<sup>22</sup>, que serán utilizados en los procesos de refinación del litio. Otro actor que incrementa el costo son las regalías. En Chile, la Corporación de Fomento de Producción (Corfo) incrementó las regalías para la Sociedad Química y Minera de Chile y Albermale, lo que hizo que se duplicaran en dos años de USD 740/t LCE a USD 1835/t LCE.



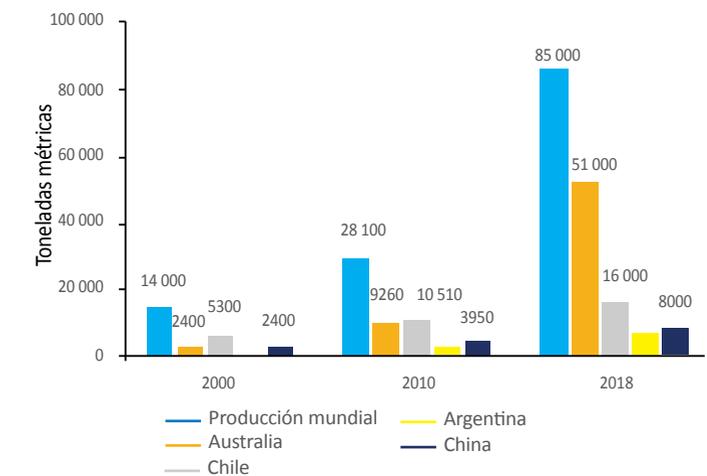
Planta de procesamiento en la mina de litio Galaxy en Ravensthorpe (Australia). Foto: Shutterstock.

Gráfico 12-5  
Evolución de las reservas mundiales de litio (2000, 2010 y 2018)



Fuente: USGS (2001, 2011, 2019). Elaboración: GPAE-Osinermin.

Gráfico 12-6  
Evolución de la producción mundial de mina (2000, 2010 y 2018)



Fuente: USGS (2001, 2011, 2019). Elaboración: GPAE-Osinermin.

De acuerdo con Cortegoso (2017), se espera que la oferta de carbonato de litio alcance una producción anual entre 500 y 650 mil toneladas para 2020, como puede verse en el gráfico 12-8.

### 12.4.3. Demanda de litio

Como se describió anteriormente, en las dos últimas décadas, la demanda de litio para baterías se ha incrementado

considerablemente por sus aplicaciones en dispositivos electrónicos (celulares, tabletas, computadoras portátiles), la electromovilidad y el almacenamiento de energía en general. En particular, según proyecciones de Bloomberg, el mercado global de baterías de ion-litio de vehículos eléctricos para 2019, tendrá como principal demandante a China, que representa más del 50% del total de la demanda. En menor medida participan Estados Unidos y el resto de Europa.

Asimismo, se espera que para 2030, la demanda del litio crezca a una tasa anual de 17%, es decir, de 80 700 toneladas métricas hasta 469 100 toneladas en el periodo 2019-2030. El uso del litio en los buses eléctricos y las baterías aumentaría en 637% y 718%, para el mismo periodo.

De las estadísticas anteriores se puede sostener que la demanda de litio estará ligada en el futuro a la cadena de valor de la electromovilidad.

### 12.4.4. Precio del litio

Desde 2000 hasta 2008, el precio del litio estuvo al alza, al igual que el resto de los metales, debido al *boom* de precios que hizo que las empresas más importantes aumentaran su producción y desarrollaran proyectos de expansión. Por ejemplo, Australia duplicó su capacidad de 2009 a 2011, mientras que Chile y Argentina desarrollaron expansiones en los salares. Luego, en plena crisis y con el estancamiento de las economías, se produjo una sobreoferta que afectó al precio de este mineral.

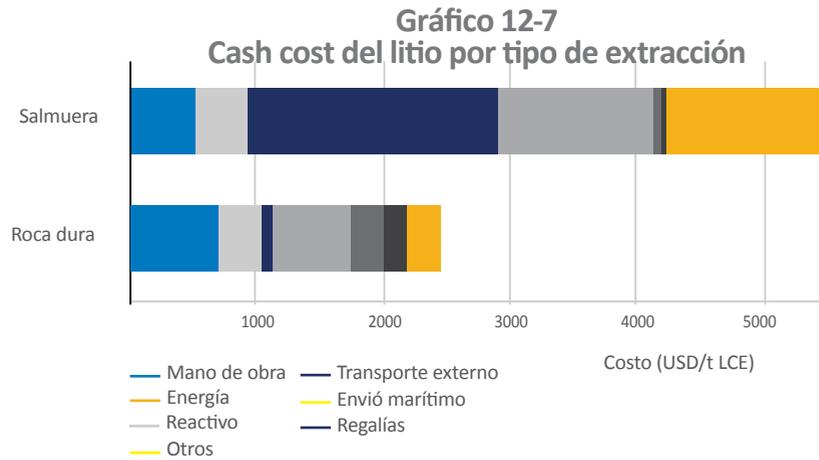
A partir de 2015, se presentaron dificultades de abastecimiento en el mercado de litio, lo cual impulsó el precio al alza, situación que permaneció hasta 2016. Cabe resaltar que, debido a la concentración del mercado (solo cuatro empresas representan casi el 80% de la producción), cualquier acontecimiento en ellas podría afectar el suministro del

La producción de litio está concentrada en cuatro principales empresas.

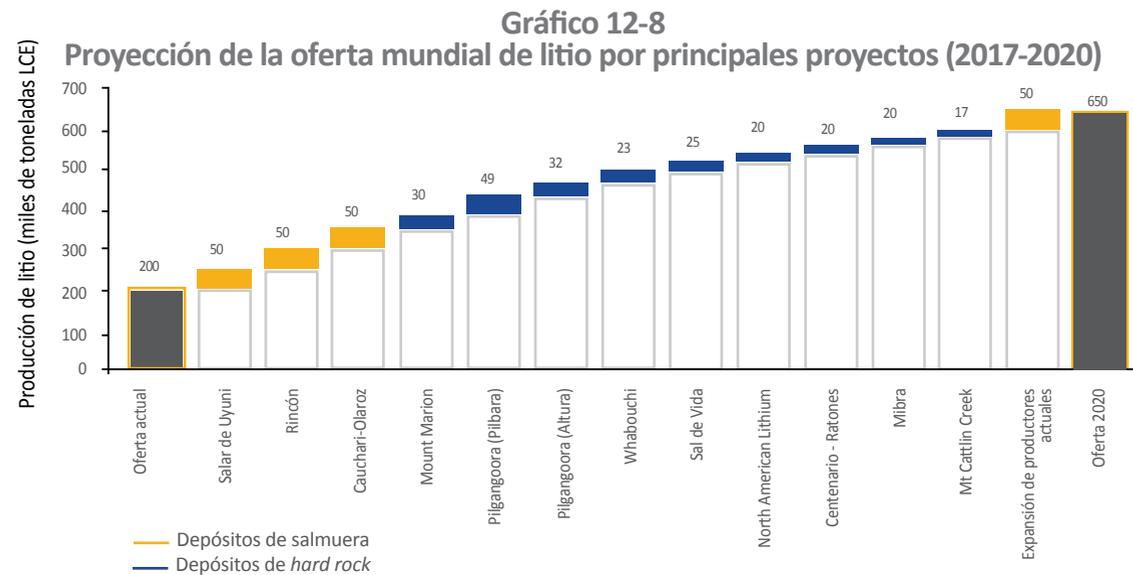
Se estimaron 4.71 millones de toneladas de carbonato de litio en el proyecto Falchani (Puno).

metal y, por ende, el precio. Ya en 2016, con la entrada de la producción del salar de Olaroz (Argentina), el mercado se equilibró. Actualmente, los analistas indican que el precio del litio es impulsado por el mercado de baterías de dispositivos electrónicos y, sobre todo, de los autos eléctricos, cuyas baterías requieren casi 6667 veces la cantidad de litio que necesita un *smartphone*<sup>24</sup>.

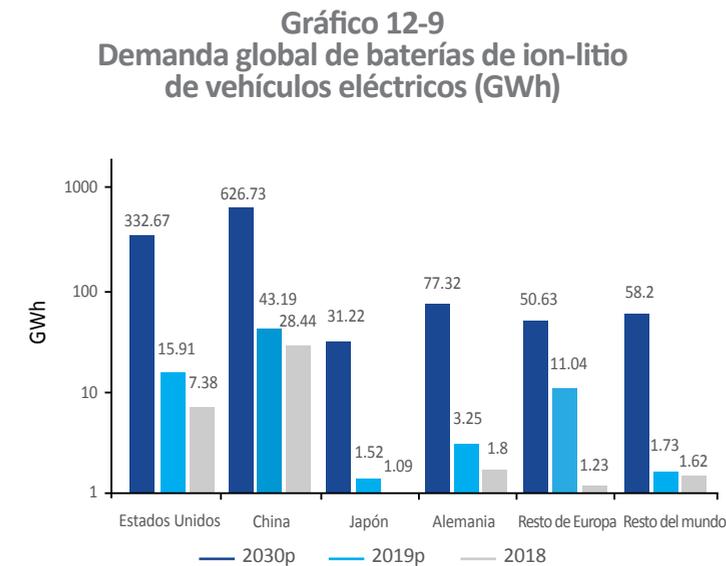
Con respecto a su evolución en los siguientes años, según la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME, 2018), dadas las expectativas de crecimiento en la capacidad de producción de litio hacia el periodo 2020-2021 y la tendencia de la demanda actual, en balance, se observaría un superávit de litio a corto plazo. En consecuencia, el precio seguiría una tendencia decreciente en ese mismo periodo (2018-2021). No obstante, si



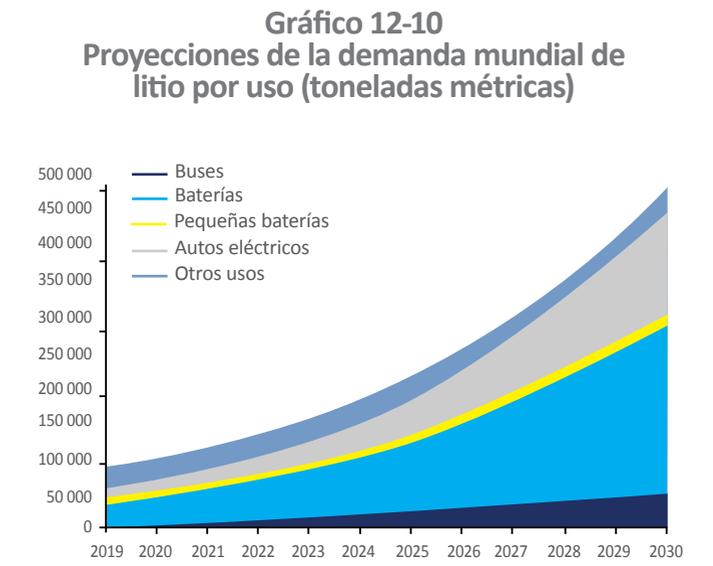
Fuente y elaboración: S&P Global Market Intelligence<sup>23</sup>.



Fuente: Theng (2018). Elaboración: GPAE-Osinermin.



Fuente: Bloomberg<sup>25</sup>. Elaboración: GPAE-Osinermin.



Fuente: Bloomberg<sup>26</sup>. Elaboración: GPAE-Osinermin.

el crecimiento de la demanda en la industria de electromovilidad continúa acelerándose, se espera que haya un ajuste en los excedentes del mercado hacia 2025. Así, los precios retomarán su tendencia creciente en la medida que el mercado se reequilibre.

El gráfico 12-12 muestra la proyección del precio del carbonato de litio hasta 2035. Las proyecciones dependen de lo que pase con la demanda. Si esta se incrementa según lo esperado, se prevé que los precios del carbonato de litio equivalente converjan a los USD 6000 por tonelada. En caso contrario, se esperaría un declive en el precio.

## 12.5. POTENCIAL Y PERSPECTIVAS DEL LITIO EN EL PERÚ

La historia del litio en el Perú inició con su descubrimiento en el Proyecto Falchani en

Macusani, provincia de Carabaya (Puno), a cargo de la empresa canadiense Plateau Energy Metals en 2017. Esta zona altoandina ha sido explorada desde 1980 en búsqueda de uranio y, recientemente, para encontrar yacimientos de litio. El proyecto de litio Falchani comprende dos concesiones mineras: Falchani y Ocasaca 4, con una extensión de 1700 hectáreas, propiedad de Global Gold. El idioma principal en Macusani es el quechua (84.12%), seguido del español (15.14%) y aymara (0.62%) (The Mineral Corporation, 2018).

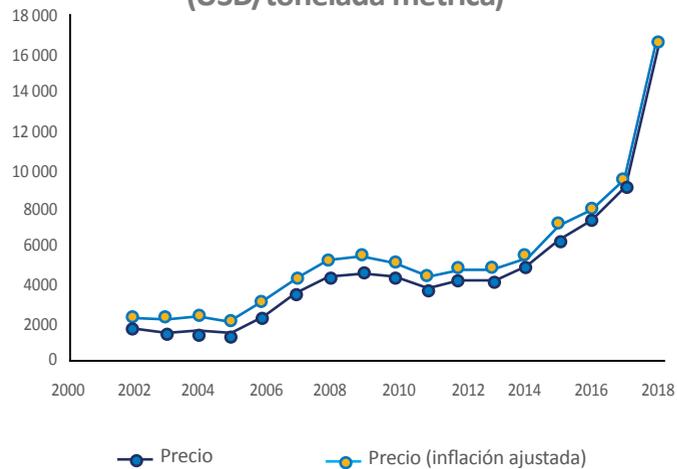
La cronología se remite al periodo comprendido entre noviembre de 2017 y el primer trimestre de 2019. En ese tiempo, se realizaron programas y trabajos metalúrgicos. Así, en julio de 2017, se descubrieron entre 2.2 y 2.5 millones de toneladas de carbonato de litio.

En los siguientes meses, se avanzó con exploraciones en las zonas este y oeste del

proyecto. En el primer trimestre de 2019, tras los trabajos de exploración en el proyecto de litio Falchani, los recursos se estimaron en 4.71 millones de toneladas de carbonato de litio. Para junio de este año, se tiene planeado tener lista la Evaluación Económica Preliminar (PEA, por sus abreviaturas en inglés) del proyecto<sup>27</sup>.

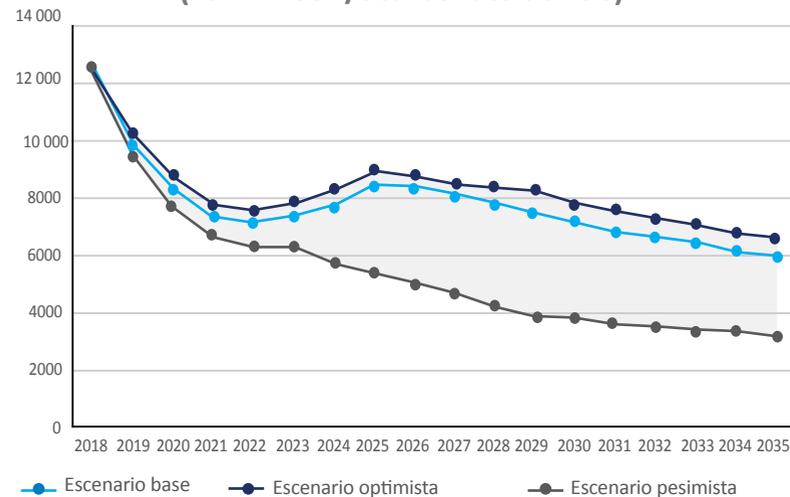
The Financial Times, en un reporte de noviembre de 2018, señaló que “es el primer descubrimiento de este tipo de mineral en el país andino [Perú] y se constituiría como uno de los 10 recursos de litio en piedra rocosa más grandes del mundo”<sup>28</sup>. Plateau Energy Metals estima poner el proyecto en operación comercial hacia 2021, con una inversión de USD 800 millones para explotar litio y uranio. Según la consultora Gèrens, se avcina un boom de metales no convencionales en línea con la demanda de la nueva tecnología, especialmente, en materia energética. Por otra

Gráfico 12-11 Evolución del precio del litio (USD/tonelada métrica)



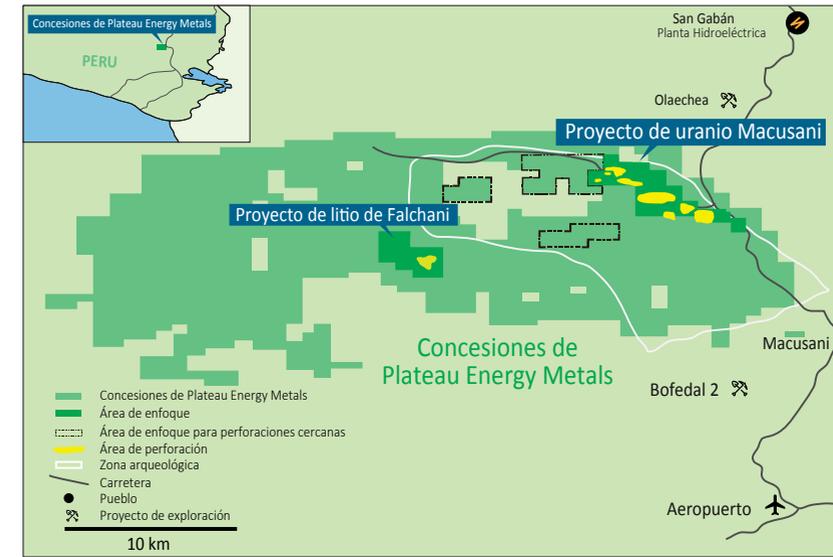
Fuente: Metalary<sup>30</sup>. Elaboración: GPAE-Osinermin.

Gráfico 12-12 Proyecciones del precio de litio (2017 MUSD/t carbonato de litio)



Fuente: UPME (2018). Elaboración: GPAE-Osinermin.

Ilustración 12-6 Proyecto de litio Falchani



Fuente: Plateau Energy Metals (2019). Elaboración: GPAE-Osinermin.

Ilustración 12-7 Proyectos de litio en Sudamérica



Fuente y elaboración: European Metals/ Investing News<sup>31</sup>.

parte, Financial Times señaló que el Perú se uniría a la “fiesta del litio” y rompería el triángulo<sup>29</sup> para formar un cuadrado.

Sin embargo, en la actualidad, el país aún está altamente concentrado en los metales tradicionales que, cada vez, empiezan a ser más sustituibles. Asimismo, resalta la consultora, está alejado de los “metales tecnológicos”, muy escasos y valiosos (más que el oro) para las aplicaciones tecnológicas. Una muestra es que aún no existe una normativa que acompañe la explotación de este tipo de minerales ni de los radioactivos. En el caso del depósito de Falchani, el litio se extraería a partir de un procesamiento de mineral con uranio radioactivo, señala Gèrens. Actualmente, el Ministerio de Energía y Minas (Minem) está trabajando con la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (Usaid) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), con la finalidad de elaborar un marco regulatorio para la explotación del litio en el país<sup>32</sup>.

Una de las formas de extraer el mayor beneficio de la extracción del litio es mediante el desarrollo de la manufactura. Para Casanova-Regis (Mayer y Vásquez, 2018), socio de la consultora KPMG, resultará “muy complicado que en el Perú se

Cuadro 12-3 Recursos de litio en Falchani

<b>Piedra volcánica rica en alto grado de litio ~3300 ppm Li</b>
Indicados: ~42.5 Mt at 3491 ppm Li (0.79 Mt Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
Inferidos: ~123.6 Mt at 3243 ppm Li (2.13 Mt Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
<b>Piedra volcánica rica en litio</b>
Indicados: ~60.9 Mt at 2954 ppm Li (0.96 Mt Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
Inferidos: ~260.1 Mt at 2706 ppm Li (3.75 Mt Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )

Nota. Data al 18 de abril de 2019.

Fuente y elaboración: Plateau Energy Metals (2019).

forme una industria alrededor del litio, porque nuestro país está poco industrializado”. A esto se agrega que nos encontramos relativamente lejos de los centros de fabricación de automóviles. Según el IPEN (Condori, 2018), en una presentación de octubre de 2018, “en la prospección y exploración de litio, Macusani se debe constituir como un laboratorio y dar pautas a futuras exploraciones de este elemento”. “[Existe] la oportunidad para el Perú de beneficiar dos recursos, uranio y litio están en el ingreso al mercado creando mayor valor agregado en la cadena de producción de este elemento estratégico”.

**Cuadro 12-4**  
**Instituciones vinculadas a la supervisión y fiscalización del litio y uranio**

Institución	Rango de acción
Minem	Licencia previa, construcción, operación, cierre, postcierre y garantías financieras
Osinerghmin	Supervisión de infraestructura y operación
IPEN	Normar, promover, supervisar y desarrollar las actividades de la energía nuclear
OEFA	Caracterización y vigilancia ambiental, gestión de desechos, protección ambiental
Sunafil	Protección ocupacional

Fuente y elaboración: Rodríguez, Zurita, Suclupe, Chávez y Huancaya (2019).



Procesamiento mecánico utilizado para refinar el concentrado de litio (Australia). Foto: Shutterstock.



# 13 | IMPACTO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL BIENESTAR SOCIAL

Los impactos del desarrollo de la electromovilidad en la economía peruana dependerán de las políticas económicas que fomenten la difusión de esta nueva tecnología en el parque automotor.



Autobuses eléctricos. Fuente: Shutterstock.

# CAPÍTULO 13

## IMPACTO DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL BIENESTAR SOCIAL

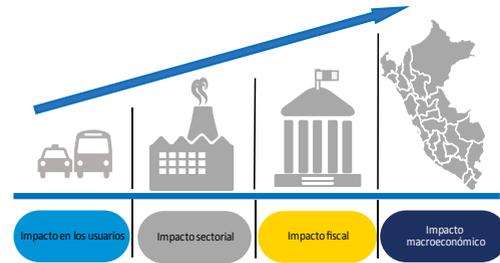
El presente capítulo realiza un análisis del costo total de propiedad (CTP) a fin de comparar los costos entre los vehículos con motor de combustión interna y los vehículos eléctricos. Seguidamente, se describe de manera general los posibles impactos de la electromovilidad en los diferentes sectores de la economía peruana bajo diversos escenarios. Los resultados indican que los impactos tendrán lugar en los sectores energía, transporte y minero, debido a su estrecha relación con el parque vehicular.

Como se ha visto a lo largo de este libro, la adopción de los vehículos eléctricos (VE) es considerada como uno de los instrumentos de política para la disminución del consumo de combustible y de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), en un esfuerzo por mitigar las causas del cambio climático. Al respecto, según Frost y Sullivan (Gómez-Gélvez, Mojica, Kaul e Isla, 2016), el volumen que alcancen las ventas de los VE dependerá de los cambios regulatorios, la aceptación del consumidor y el desarrollo de la tecnología. Se plantea entonces un análisis sobre los posibles impactos de la electromovilidad en cuatro niveles: el usuario, los sectores, el fisco y la economía nacional (ver **ilustración 13-1**).

En el caso del usuario, la adquisición de un vehículo implica un mayor costo de inversión, pero menores costos de operación y mantenimiento en comparación a los vehículos convencionales. Para establecer cuánto más caros resultan los VE, se calcula el costo total de propiedad (CTP) de los vehículos de motor de combustión interna, vehículos híbridos eléctricos y vehículos eléctricos, conforme a la metodología desarrollada en este capítulo. Aunque el costo elevado no es el único factor que restringe el avance de la movilidad eléctrica, esto permitirá ilustrar la necesidad de implementar incentivos para su adopción en el país.

A nivel sectorial, como puede verse en la **ilustración 13-2**, la adopción de los VE se encuentra relacionada, principalmente, con el sector energía, al requerir de energía eléctrica para operar, así como de infraestructura de carga para su operatividad. Por otra parte, en el sector transporte, la electromovilidad representa un cambio en la composición de la flota de vehículos (conformada casi en su totalidad por vehículos de motor de combustión interna) por unos que realizan una menor o nula contaminación (vehículos híbridos y eléctricos, respectivamente). Asimismo, de manera indirecta, la electromovilidad se relaciona con el sector minero debido a los requerimientos de cobre y la potencial explotación de litio en

### Ilustración 13-1 Niveles de impacto económico de la electromovilidad



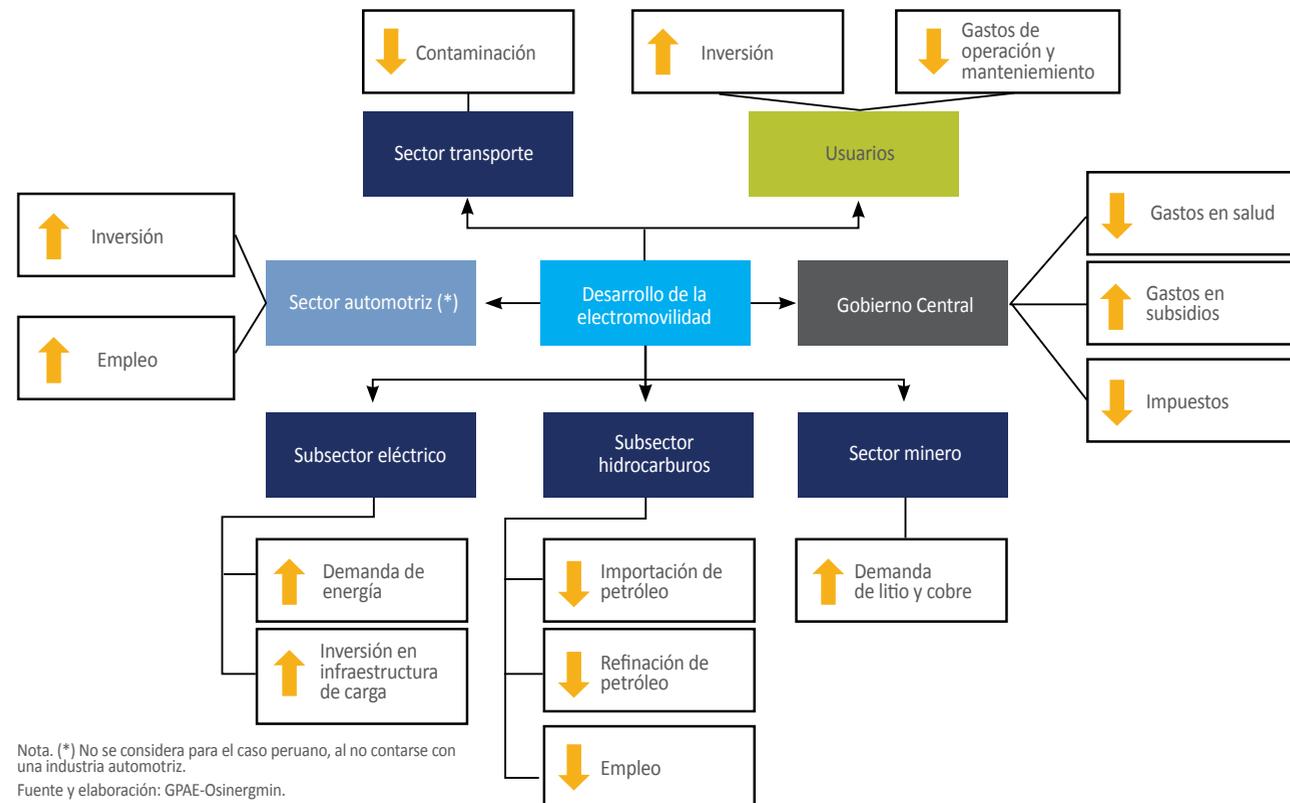
Fuente y elaboración: GPAE-Osinergmin.

el Perú, mineral necesario para la producción de baterías, así como de otros minerales que participan de manera intensiva en la producción de VE. La electromovilidad también impacta en el sector hidrocarburos, pues implica la menor importación y refinación de petróleo. Cabe señalar que, en aquellos países donde se cuenta con una industria automotriz, también ha implicado mayores inversiones y cambios en el empleo.

A nivel fiscal, si bien el presente capítulo no contempla el establecimiento de subsidios financiados con presupuesto público,

estos se encuentran identificados como un posible impacto. Asimismo, como ya se ha venido haciendo en nuestro país, el Estado reportaría menores ingresos en los impuestos por exoneraciones o reducciones en las tasas impositivas aplicables a la adquisición de vehículos. Al electrificarse el transporte, el Estado también dejará de percibir ingresos por impuesto selectivo al consumo (ISC) aplicable a los combustibles. Asimismo, se espera que, a mediano y largo plazo, el Estado incurra en menores gastos en salud, como consecuencia de la mejora en la calidad del aire en las ciudades.

### Ilustración 13-2 Impactos económicos de la electromovilidad, desagregado por sectores



Nota. (\*) No se considera para el caso peruano, al no contarse con una industria automotriz.

Fuente y elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 13.1. IMPACTO EN LOS USUARIOS

En esta sección del capítulo, se desarrolla un análisis del CTP para evaluar cómo los costos afectan la adopción de los VE por parte de los usuarios. El CTP es un modelo basado en el costo del ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés) que permite comparar, desde una base anual, los costos de inversión, operación y mantenimiento de los vehículos de motor de combustión interna (VMCI), eléctricos híbridos (VEH) y eléctricos de batería (VEB) para una cantidad de kilómetros recorridos al año.

Al respecto, se han publicado diversos cálculos del CTP para evaluar los costos de una nueva tecnología de vehículos, tales como los vehículos eléctricos comerciales, los buses eléctricos, los híbridos eléctricos enchufables y los vehículos automáticos (Palmer, Tate,

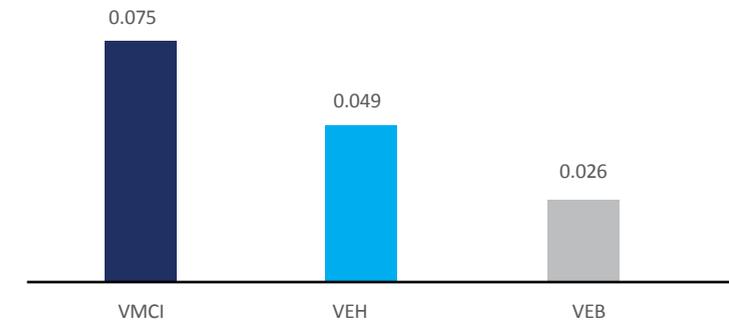
Wadud y Nellthorp, 2018). Asimismo, para el caso de América Latina, Gómez-Gélvez *et al.* (2016) desarrollaron un análisis del CTP donde cuantifican la diferencia del costo entre los vehículos de motor de combustión interna, vehículos eléctricos de batería y vehículos eléctricos híbridos.

Para el presente cálculo, se evalúa el CTP durante un periodo de ocho años para un grupo de vehículos de pasajeros correspondiente a los segmentos "B" y "C"<sup>1</sup>, con un recorrido anual de 22 000 km. En el grupo de vehículos del segmento "B" se consideró como VMCI al Kia Rio Sedan y el Toyota Yaris Sedan, como VEH al Toyota Prius C y como VEB al Renault Zoe; mientras que en el grupo de vehículos del segmento "C" se consideró como VMCI al Toyota Corolla, como VEH al Toyota Prius y como VEB al Nissan LEAF. El costo de operación de un vehículo eléctrico es menor que el de los vehículos

de motor de combustión interna, debido a un más bajo costo de mantenimiento y de combustible. Como se observa en el **gráfico 13-1**, en el Perú, el costo de la energía (USD / km) de un VEB resulta ser tres veces menor al de un VMCI y dos veces menor al de un VEH.

A fin de calcular el CTP, se siguió la metodología desarrollada en Gómez-Gélvez *et al.* (2016) utilizando información del mercado vehicular peruano (ver **anexo 7** para mayor detalle). Los resultados, mostrados en el **gráfico 13-2** indican que, para ambos segmentos de vehículos ("B" y "C"), los menores costos de funcionamiento (energía, mantenimiento y reparaciones) obtenidos por los VEB (Renault Zoe y Nissan Leaf) no compensan sus mayores costos de compra en comparación con los VMCI y los VEH. En ese sentido, puede contemplarse contar con subsidios públicos dirigidos a igualar los costos de los vehículos eléctricos a los VMCI, a fin de viabilizar su adopción por parte de los usuarios.

**Gráfico 13-1  
Costo de energía por kilómetro en el Perú (USD/km)**



Notas.

Se consideró un precio de 1.02 USD/litro para el Gasohol 90 Plus, correspondiente al distrito de San Isidro de fecha 6 de junio de 2019.

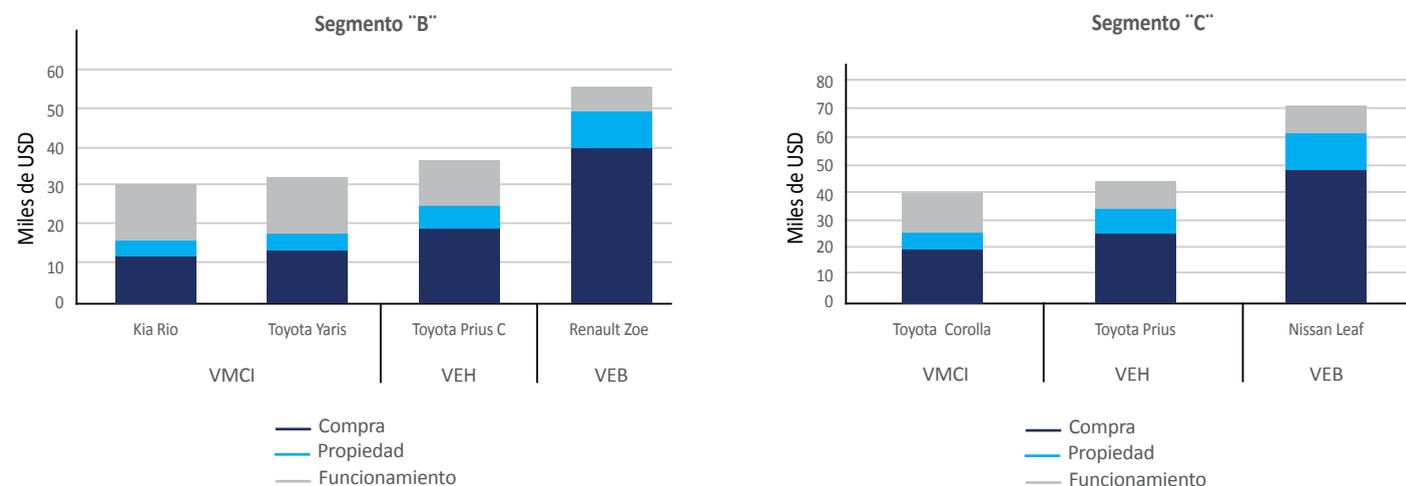
Se consideró un precio de 0.15 USD/kWh para la electricidad, correspondiente a la tarifa BTSB vigente al 4 de mayo de 2019 de Lima Norte.

Fuente: Gómez-Gélvez *et al.* (2016). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Por otra parte, en el caso de los VEH, los menores costos de funcionamiento del Toyota Prius C y Toyota Prius para los segmentos "B" y "C", respectivamente, están cerca de lograr compensar su mayor costo de compra, alcanzando un CTP similar al de los VMCI.

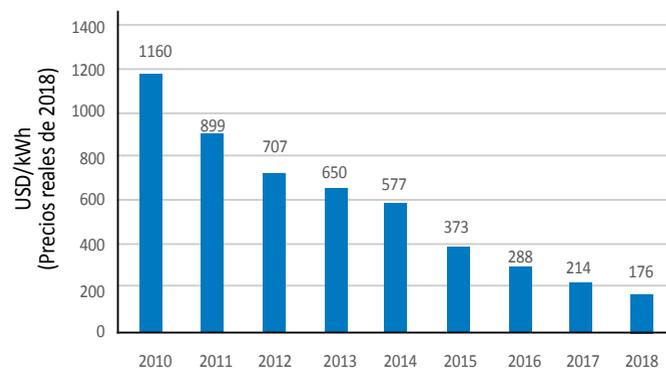
Finalmente, se espera que en un futuro, el costo de fabricación de los vehículos eléctricos disminuya como resultado de las innovaciones tecnológicas en la producción de baterías. Esto resulta factible, considerando que, de acuerdo con estimaciones de Bloomberg NEF (BNEF), el precio de las baterías de ion de litio, medido en USD/kWh, se redujo en un 20% anual entre los años 2010-2018 (ver **gráfico 13-3**).

**Gráfico 13-2**  
Comparativo del costo total de propiedad de los vehículos livianos en el Perú por tipo de combustible



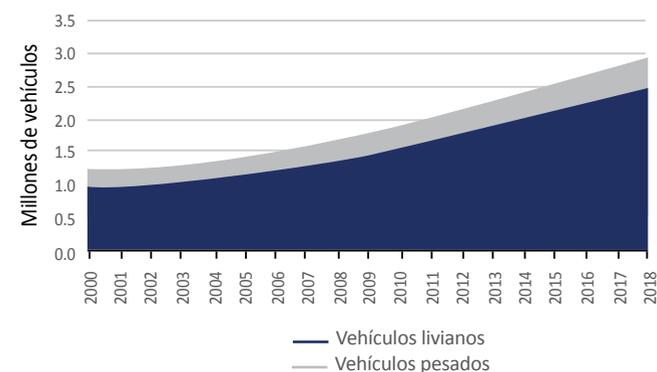
Fuentes: Páginas web de las empresas de vehículos incluidas, Osinergrmin y Comparabien. Elaboración: GPAE-Osinergrmin.

**Gráfico 13-3**  
Precios promedio de la batería de ion-litio



Fuente: BNEF. Elaboración: GPAE-Osinergrmin.

**Gráfico 13-4**  
Parque automotor circulante por clase de vehículo (2000 - 2018)



Fuente: OGPP-MTC. Elaboración: GPAE-Osinergrmin.

## 13.2. IMPACTOS SECTORIALES

### 13.2.1. Sector automotriz

En el Perú, la industria automotriz es pequeña y no existen fabricantes. Actualmente, se encuentra compuesta por empresas comercializadoras y centros de mantenimiento que se limitan al ensamblaje de chasis para camiones y ómnibus. Los vehículos son importados: los nuevos vienen desde las plantas de fabricantes en el exterior y, los usados, ingresan por los Centros de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios (Ceticos). Dentro de las razones por las cuales no es rentable producir en el Perú, se encuentran la competencia de los vehículos usados, la poca productividad de las plantas peruanas y las casi inexistentes barreras a la importación de vehículos (Kamiya y Ramírez, 2004).

A fines de 2018, el parque automotor peruano ascendió a un total de 2.8 millones de vehículos, del cual el 85% corresponde a vehículos livianos y el 15% a vehículos pesados (ver gráfico 13-4). Al respecto, el Perú cuenta con una de las penetraciones más bajas del parque automotor en América Latina, con 78 vehículos por cada mil habitantes<sup>2</sup> a 2015. En cuanto a las importaciones de vehículos livianos y pesados, estas se incrementaron en el periodo 2010-2013. Sin embargo, a partir de 2015, las ventas de vehículos se estancaron, afectadas por factores económicos, así como por el entorno político.

Por otra parte, con respecto a un futuro desarrollo de una industria de vehículos eléctricos en el Perú, esta no se considera debido a que se requiere de una oferta laboral altamente calificada y competitiva con la cual el país no cuenta, por tanto, no se generarán los consecuentes beneficios en la inversión y el aumento de empleo.

## RECUADRO 13-1

### Grupo AGP: innovación en la industria automotriz peruana



Autoglass Peruana es una empresa proveedora de lunas de alta calidad para el sector automotriz. Foto: Shutterstock.

En 1965, el Perú tenía 10 industrias automotrices en auge y una industria de construcción que requerían un proveedor de lunas de alta calidad. Ese mismo año se funda Autoglass Peruana, actualmente Grupo AGP, teniendo como objetivo ser líder en la industria de acristalamiento automotriz. En 1969, más del 50% de su producción era exportada fuera de Sudamérica. Actualmente, AGP exporta a todos los continentes.

En la década de 1980, la competencia creció junto a la producción automotriz a gran escala. En ese contexto, AGP innovó al implementar mejoras tecnológicas que le daban mayor valor agregado a su producto. Así, desarrolló su primera patente de vidrio blindado. Actualmente, AGP es uno de los principales productores del sector, contando con cuatro plantas a nivel mundial que dan empleo a mil trabajadores en Perú y más de 1800 en el resto del mundo; además, tiene una cartera de clientes que incluye algunas de las empresas más importantes de la industria automotriz, como Tesla, Audi, Porsche, Mercedes Benz, entre otros. La lección que nos deja esta empresa es que la inversión en I+D y la apuesta por generar propuestas diferenciadas generan bienestar económico.



El avance de la electromovilidad conduce a una reducción en la demanda de petróleo y de su refinación. Foto: Shutterstock.

### 13.2.2. Subsector eléctrico

El desarrollo de la electromovilidad beneficia al sector eléctrico por las mayores inversiones en infraestructura, necesaria para la recarga de los vehículos eléctricos; y mediante los gastos de los consumidores en el consumo de electricidad (Cambridge Econometrics, 2018). Al respecto, en el estudio del impacto de los VE en el sistema eléctrico de Alemania, elaborado por Schill y Gerbaulet (2015), se evidenció que bajo un escenario de alto desarrollo de la electromovilidad<sup>3</sup>, donde a 2030 el 13% de la flota vehicular sería eléctrica, el consumo de los vehículos eléctricos llegaba a corresponder alrededor de 1.6% del consumo total de energía.

Asimismo, el consumo de electricidad de los vehículos eléctricos permitiría contribuir a una operación más eficiente del sistema eléctrico,

al poder reducir las grandes diferencias producidas entre los periodos de bajo y alto consumo, así como por facilitar la integración de las energías renovables (Observatorio Tecnológico de la Energía, Obten, 2012).

### 13.2.3. Subsector hidrocarburos

El avance de la electromovilidad conduce a una reducción en la demanda de petróleo y de su refinación. En el caso de los países importadores netos de petróleo, como el Perú, la reducción de las importaciones es uno de los principales beneficios económicos generados por la electromovilidad. Por otra parte, en el caso de la industria de la refinación de petróleo, la penetración de los vehículos eléctricos podría acelerar la crisis de la capacidad de refinación, especialmente en países donde esta es utilizada a bajas tasas

debido a la movilidad compartida y la mayor eficiencia en el consumo de combustible vehicular. No obstante, como señalan Monzon, Aztiria y Stella (2018), en las regiones importadoras de combustible será difícil que los vehículos eléctricos acaben afectando la paridad de los precios de los refinadores en sus productos. Incluso, estiman para América Latina que, si el 100% de los vehículos vendidos fueran eléctricos, tomaría seis años desplazar las importaciones. Asimismo, no se prevé una participación significativa de las ventas de vehículos eléctricos antes de 2025.

En los países importadores de combustibles, donde no se proyecte un desplazamiento importante de los vehículos de combustión interna por los vehículos eléctricos, será difícil que las importaciones y refinación del petróleo se vean afectadas en gran medida. Por otra parte, en Kah (2018) se realizan diversas simulaciones del crecimiento de la demanda de petróleo para el transporte de pasajeros, encontrando un lento crecimiento de la demanda para años posteriores a 2020. Sin embargo, la declinación en la demanda de petróleo para vehículos de pasajeros no significará necesariamente una disminución de la demanda total de petróleo, debido a que puede haber un crecimiento suficiente de las petroquímicas, aviación y camiones que compensarían cualquier declive en el sector de vehículos de pasajeros.

### 13.2.4. Sector minero

El litio y el cobalto son componentes básicos de las baterías de iones de litio que alimentan de energía a los celulares, computadoras y vehículos eléctricos<sup>4</sup>. En el caso de los vehículos eléctricos, la cuota de demanda de litio usada para su producción aumentó de 20% en 2014 a 49% en 2018. Asimismo, de acuerdo con Bloomberg New Energy Finance

(BNEF), se espera que esta participación en la demanda aumente hasta llegar al 90% para 2030 (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, BBVA Research, 2018).

Además de la demanda de litio, la electromovilidad también representa una mayor demanda de cobre, siendo su uso relativamente nuevo en el ámbito de la producción de vehículos eléctricos<sup>5</sup> (Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, 2018a). Esto se explica porque los vehículos eléctricos contienen más de tres veces la cantidad de cobre requerido en un vehículo convencional (20 kg de cobre).

Por otra parte, el Perú es el segundo productor de cobre a nivel mundial, con una producción de 2.4 millones de toneladas en 2018 (11.6% de la producción

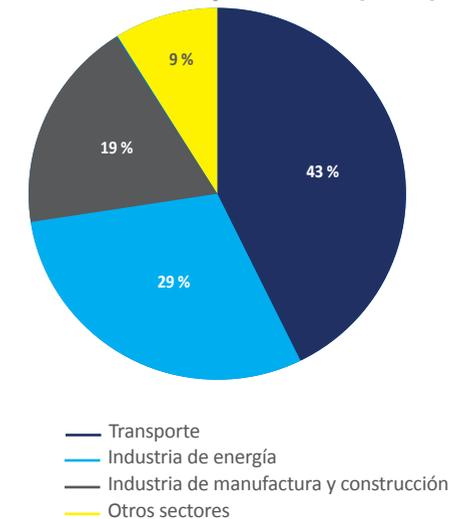
mundial). Mientras que, en el caso del litio, se encuentra como un potencial exportador a gran escala para inicios de 2022, año en el que se prevé el inicio de la operación del proyecto Macusani (en la provincia de Carabaya, Puno) de la compañía peruana Macusani Yellowcake. Al respecto, según declaraciones de la empresa, se proyecta exportar 60 000 toneladas anuales de litio a 2022. En ese sentido, se espera que el desarrollo de la electromovilidad<sup>6</sup> impacte en las exportaciones de cobre y la potencial exportación de litio, mediante una mayor demanda de estos minerales.

Finalmente, las exportaciones mineras implican una serie de ingresos para el Estado, los cuales pueden ser tributarios y no tributarios, que serán considerados en la siguiente sección.

### 13.2.5. Sector transporte

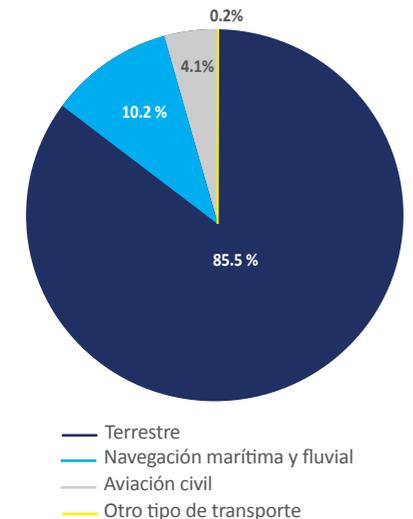
Como se ha mencionado en el presente libro, la compra de un VE supone el principal gasto, mientras que los costos de operación (combustible) y mantenimiento representan aproximadamente 9% del CTP, frente a un rango de 39%-49% en el caso de un VMCI. Así, el principal concepto de gasto de un VMCI se convierte en el principal concepto de ahorro en el caso de utilizar un VEB (100% eléctrico). Estos ahorros energéticos resultan mayores para los taxis, al realizar más recorridos. Por otra parte, el sector transporte constituye el mayor emisor de GEI y, por lo tanto, el más grande contaminador del aire que respiramos en las ciudades (ver gráfico 13-5). Como se puede observar en el gráfico 13-6, las emisiones de GEI del

Gráfico 13-5  
Emisiones de GEI de la quema de combustible por sector (2012)



Fuente: Ministerio del Ambiente<sup>7</sup>. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Gráfico 13-6  
Emisiones de GEI del sector transporte por tipo de fuente (2012)



Fuente: Ministerio del Ambiente. Elaboración: GPAE-Osinergmin.

transporte terrestre representaron el 86% del total; es decir, es el que genera mayor contaminación.

La energía consumida durante la fase de uso es uno de los principales contribuyentes de las emisiones. En ese sentido, la electromovilidad constituye una solución a los crecientes problemas de la contaminación, especialmente importante en las concentraciones urbanas, por las cero emisiones del tubo de escape (GEI y contaminantes de aire). No obstante, los VE no están libres de la generación de contaminantes si en la generación eléctrica se han utilizado combustibles fósiles y no energías limpias. Asimismo, la manufactura de los vehículos tiene un mayor impacto ambiental que el de los VMCI, al ser la producción de las baterías uno de los más grandes contribuyentes de emisiones.

En consecuencia, se espera que las emisiones contaminantes de la flota vehicular se reduzcan conforme se incremente la penetración de los VE, producto de un aumento en la eficiencia del combustible. Esto es importante en Lima, donde las concentraciones de contaminantes en algunas partes de la ciudad son más altas que en otras ciudades latinoamericanas con severa contaminación.

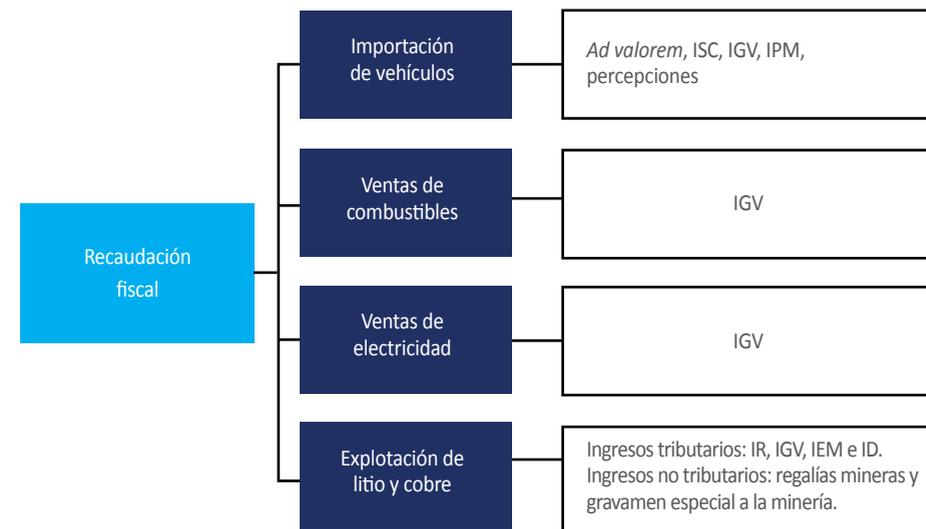
### 13.3. IMPACTO FISCAL

El crecimiento de la electromovilidad implicará una serie de impactos en los ingresos y gastos fiscales. Siguiendo a Ernst Basler + Partner, EBP Chile (2019), estos factores se pueden agrupar en efectos locales, referidos al impacto económico del nivel de penetración de vehículos eléctricos en el país; y en factores externos, referidos al impacto que tendrá el desarrollo del

mercado de VE a nivel mundial, donde la evolución de la electromovilidad en el país no es un factor importante. En la **ilustración 13-3** se muestra un resumen de los posibles impactos en la recaudación fiscal de la electromovilidad.

Como parte de los efectos locales, se cuentan con los siguientes factores: los ingresos percibidos por las importaciones de vehículos, derecho *ad valorem*, el ISC, el impuesto general a las ventas (IGV) y el impuesto a la promoción municipal (IPM), el IGV a los combustibles y a la electricidad, así como los gastos por subsidios a la compra de vehículos, en caso se opte por este tipo de política para incentivar la adopción de VE. Por parte de los gastos se cuenta con una posible reducción en salud debido a la menor contaminación del parque automotor. Además, se tienen los factores externos, cuyo impacto está afectado por la evolución del mercado de VE a nivel mundial, en el cual el desarrollo de la electromovilidad no es un factor importante. Estos factores son los relacionados con la explotación minera del cobre y del litio, y dentro de ellos están los ingresos tributarios y no tributarios.

**Ilustración 13-3**  
Electromovilidad y recaudación fiscal



Fuente y elaboración: GPAE-Osinergmin.

## 13.4. IMPACTOS MACROECONÓMICOS

### 13.4.1. Impactos en el PBI

El impacto en el Producto Bruto Interno (PBI) deriva de los menores gastos en la importación de petróleo y un mayor gasto en vehículos. Los mayores costos de los vehículos incrementan los precios al consumidor y disminuyen los ingresos reales. Sin embargo, los costos de la operación de los vehículos disminuyen por la mayor eficiencia en el consumo de

energía. El impacto a largo plazo dependerá de los costos de los vehículos, las baterías, la ubicación de las cadenas de suministro, entre otros factores.

### 13.4.2. Impactos en el empleo

El impacto en el empleo requiere considerar

las diferentes intensidades en los sectores afectados. En los países productores de VE, el cambio hacia la mayor automatización en la industria automotriz conllevará a reducir el número de puestos de trabajo. Asimismo, se espera que la fabricación de vehículos con baterías eléctricas sea menos intensiva en trabajo que los vehículos con

motores de combustión interna, mientras que los vehículos híbridos sean más intensivos en trabajo. No obstante, al no contarse con una industria automotriz en el Perú, la electromovilidad impactaría en los empleos de los sectores hidrocarburos y minería.



El sector minero sería uno de los beneficiados con el desarrollo de la industria de vehículos eléctricos. Foto: Shutterstock.

# V. HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD

---



# 14 | LECCIONES APRENDIDAS



Vehículo eléctrico conectado a una estación de carga. Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 14

## LECCIONES APRENDIDAS

La electromovilidad implica el reemplazo de una tecnología altamente contaminante en el transporte (vehículos de motor de combustión interna), por una tecnología que ofrece beneficios para el ambiente y la salud de los ciudadanos. Esta transición tecnológica, no obstante, también impone serios retos en su implementación. A fin de delinear algunas ideas relacionadas a una estrategia nacional para la expansión de vehículos eléctricos (VE) en el Perú, será de mucha utilidad revisar las lecciones aprendidas que se han obtenido de la revisión de la experiencia nacional e internacional en el presente libro.

### 1. La promoción de la electromovilidad debe contar con un plan y una estrategia

En todos los casos analizados, con menor o mayor énfasis, el Estado asume un rol planificador sobre la transición tecnológica. Esto implica que entiende las múltiples dimensiones relacionadas al problema del transporte contaminante (salud, dignidad en el transporte, eficiencia, protección al ambiente), y realiza un trabajo coordinado entre distintos ministerios y niveles de gobierno (nacional, regional y local). La formulación del plan implica el establecimiento de metas referidas al número de vehículos eléctricos en circulación

o al número de estaciones de carga a cierto año. Del mismo modo, las políticas deben identificar una línea base de la calidad del aire y establecer un objetivo de reducción de emisiones que pueda ser monitoreado. Para el logro de los objetivos, el plan deberá incluir las medidas a ser tomadas, así como la entidad encargada de ejecutarlas.

Antes de aprobar instrumentos para la promoción de la electromovilidad, deben conocerse las razones que restringen la penetración de VE. El costo elevado de dichos vehículos, la alta inversión en infraestructura de carga doméstica o la insuficiente infraestructura para carga pública son problemas que requieren instrumentos distintos.

### 2. La promoción de la electromovilidad requiere de la cooperación público-privada

Tanto en la investigación como en la implementación de programas pilotos, la revisión de la experiencia internacional demuestra que la cooperación público-privada es crucial para la introducción de la electromovilidad. Así, experiencias como la de los Países Bajos muestra que la industria y el Estado pueden trabajar juntos a fin de proveer tecnología e incentivos para su desarrollo e investigación. El sector privado posee el conocimiento y desarrollo tecnológico con respecto a vehículos, estaciones de carga y modelos de negocio, mientras que

el Estado es el encargado de establecer el marco institucional y normativo en el cual operan las empresas. Adicionalmente, puede otorgar financiamiento para el inicio de la implementación.

### **3. Los instrumentos económicos han probado ser una herramienta eficaz para la expansión de la electromovilidad**

Aunque implican un elevado esfuerzo fiscal, los instrumentos económicos han probado ser la forma más eficaz de garantizar el incremento del número de vehículos eléctricos en circulación. Esto se explica porque los usuarios perciben el elevado precio como la principal desventaja de estos vehículos. Subsidios, bonos o exenciones a impuestos al valor agregado y el impuesto a la compra del vehículo han demostrado ser efectivos en la promoción de la electromovilidad. Las deducciones al impuesto a la renta de los trabajadores pueden ser menos efectivas, dado que su efecto en la economía del usuario no es inmediato. Asimismo, debe considerarse que una forma de implementar incentivos económicos distinta a los subsidios, y que requiere un menor esfuerzo fiscal, es brindar financiamiento a tasas reducidas.

### **4. Los instrumentos económicos deben ser complementados con incentivos no económicos**

En el presente libro hemos revisado distintas medidas que pueden adoptarse a fin de reducir temporal o permanentemente el costo de operación del vehículo. Estas incluyen la excepción a medidas de restricción vehicular, el uso de carriles exclusivos, peajes gratis, estacionamientos

preferenciales, entre otros. Es evidente que, conforme se incrementa el número de vehículos en circulación, estos beneficios dejarán de ser atractivos. Sin embargo, mientras duren, a fin de facilitar su supervisión, los VE suelen contar con un elemento distintivo que los diferencie de los convencionales. Por ejemplo, en Noruega, se optó por placas con las iniciales EL, mientras que en California (Estados Unidos) se eligió un sistema de calcomanías.

Asimismo, debemos considerar que el propio sector privado puede tener políticas comerciales que favorezcan la adopción de vehículos eléctricos. Por ejemplo, mediante el portal Evgo, se anuncia que los usuarios en Estados Unidos que compren un Nissan LEAF EV podrán acceder a dos años de carga gratuita en las estaciones EVgo.

### **5. La electromovilidad es solo un componente de una política de transporte más amplia e integral**

La experiencia de Francia enseña no solo la importancia de fijarse metas de vehículos eléctricos y puntos de carga, sino de estudiar el sistema de transporte y pensar en su diseño eficiente e infraestructura, a fin de reducir las emisiones de gases. Esto implica la transformación del actual sistema de transportes, mediante modificaciones como se hizo en Chile con el Transantiago, realizando la renovación de la flota con buses eléctricos. Sin embargo, también implica medidas complementarias, como la implementación de bonos de chatarreo o programas de chatarrización remunerada, cuyo objetivo es reducir el número de unidades vehiculares obsoletas y contaminantes.

### **6. La electromovilidad es parte de un grupo de políticas más amplias pertenecientes a la llamada “transición energética”**

La electromovilidad es solo un componente dentro de la serie de cambios que están teniendo lugar en el sector energético a nivel mundial. Si bien existe una preocupación inicial en términos del impacto que podría tener la mayor demanda por energía, como consecuencia de la introducción de los vehículos eléctricos, se sabe que a largo plazo, estos aportarán seguridad en el suministro de la red mediante sus baterías. Así, se dará paso a figuras nuevas que coordinen estas transacciones, como los llamados “agregadores”.

### **7. La electromovilidad requiere de un marco normativo específico**

Se requiere la aprobación de un marco normativo que establezca de manera clara las reglas de juego para la electromovilidad. Deben definirse detalles técnicos y económicos con respecto a los operadores de puntos de carga (o electrolinerías). En Noruega, por ejemplo, estos se encargan de la operación y mantenimiento, teniendo como modelo de negocio la compra de energía a proveedores y la entrega a los usuarios finales de vehículos eléctricos.

Asimismo, se requiere de normativa tarifaria que favorezca la expansión de la electromovilidad. Una opción es permitir que las electrolinerías sean usuarios libres. Asimismo, en México, la Comisión Federal de Electricidad ha elaborado un programa para la instalación de medidores separados para cargadores de carga lenta (hasta 10kW), los cuales evitan que los hogares sean clasificados dentro de la tarifa doméstica de alto consumo.

### **8. El transporte público es el espacio más adecuado para iniciar la introducción de la electromovilidad**

En todos los países analizados, la introducción de la electromovilidad ha comenzado con el transporte público, debido a sus múltiples beneficios. El primero de ellos es el impacto de la medida: los vehículos públicos, a diferencia de los privados, circulan durante todo el día y cubren un número mayor de viajes. Adicionalmente, la diferencia entre el precio de un bus eléctrico y un bus con motor de combustión interna resulta relativamente menor que la observada en el caso de los automóviles. Al estar el transporte público operado o regulado por el Estado, esto favorece el establecimiento de obligaciones e incentivos a fin de renovar la flota de autobuses. Finalmente, implica por parte del Estado una señal al mercado sobre la conveniencia de esta tecnología.

### **9. Los vehículos híbridos son una opción que puede facilitar la transición tecnológica del transporte privado**

En un contexto en el que la gran mayoría de la flota vehicular está conformada por vehículos de motor de combustión interna que operan con combustibles fósiles, la introducción de vehículos eléctricos de batería puede generar resistencias o dudas. Como se ha mencionado, los usuarios suelen preocuparse por la autonomía de los VE, por lo cual los híbridos pueden ser una opción para un transporte menos contaminante y con menos reparos. Si bien este tipo de vehículos solo reduce, mas no elimina las emisiones, puede ser una buena forma de iniciar al transporte privado en opciones menos contaminantes. El caso neerlandés permite apreciar la importancia de la gradualidad: al inicio los vehículos híbridos fueron una forma de introducir

movilidad limpia, luego los incentivos se fueron retirando para centrarlos en los VE de batería, menos contaminantes.

### **10. El Estado tiene un rol en la solución de problemas de información**

Muchas de las barreras que enfrenta la electromovilidad son culturales; es decir, implican falta de información en el usuario con respecto a los beneficios de contar con un vehículo eléctrico. Así lo ha entendido Alemania, que ha reconocido en su plan nacional la importancia de fomentar la aceptación social. La experiencia internacional revisada señala la necesidad de que el Estado impulse campañas de sensibilización donde se resalten los atributos de los vehículos eléctricos y se brinde información acerca de los incentivos económicos, de existir. Asimismo, Chile y Australia han implementado un sistema de etiquetado de eficiencia energética vehicular y, en el caso particular de Australia, se ha desarrollado una web llamada Green Vehicle Guide, ambas herramientas poderosas de empoderamiento al usuario. En la misma línea, en el caso noruego, la Administración de Vías Públicas de Noruega desarrolló el servicio de guía para nuevos vehículos, que brinda información actualizada sobre todos los modelos disponibles en el mercado.

### **11. Los incentivos deben tener una vigencia que debe ser anunciada por el Estado**

El Estado debe ser transparente sobre la duración de los incentivos, pues la incertidumbre podría restarles efectividad. La experiencia noruega resalta la importancia de establecer metas y vigencias. Esto permite dar predictibilidad al mercado y acelera el proceso de decisión de los consumidores, a fin de aprovechar las ventajas ofrecidas por

el Estado. Asimismo, tal como se vio en el caso noruego, los incentivos pueden no ser retirados de manera inmediata, sino reducidos o recortados paulatinamente. Incluso en China, se ha optado por una estrategia para la eliminación gradual de los subsidios.

### **12. Los proyectos piloto son una forma de aprender antes de masificar**

En muchos de los países analizados, se ha iniciado la electromovilidad con proyectos piloto. La ventaja, como se hizo en el caso de la Oficina Postal Francesa, es que permite realizar pruebas para el funcionamiento de los vehículos eléctricos en la ciudad y la obtención de información relevante antes de que ganen mayor escala.

### **13. El otorgamiento de subsidios para movilidad privada, de existir, debe contar con criterios de focalización y perfeccionamiento**

Considerando que los recursos públicos son escasos, la aprobación de subsidios para la adquisición de VE para movilidad privada puede resultar difícil. Si bien el establecimiento de estas medidas parecería regresivo (quienes pueden adquirir VE son los que más ingresos tienen), también debe considerarse que la contaminación del aire afecta a los ciudadanos de manera desigual. Así, precisamente las personas de menores ingresos son quienes pasan más tiempo en las calles, por ejemplo, esperando el transporte público, problema que se agrava en países en desarrollo donde los sistemas son desorganizados o informales.

La experiencia internacional enseña que una primera forma de focalizar los subsidios es definir un tope para el valor de los vehículos a ser adquiridos, a fin de asegurar que no se subsidien vehículos demasiado caros. Sin embargo, esta información puede complementarse con data

socioeconómica, con el fin de orientar el subsidio a personas de menores ingresos, como es el caso del Estado de California, Estados Unidos.

Asimismo, la experiencia en China muestra la necesidad de ir modificando las condiciones de otorgamiento del subsidio, a fin de adaptarlo a los avances tecnológicos y garantizar que se está apoyando lo más eficiente (incremento de requerimientos técnicos en cuanto a rango mínimo en km y densidad energética Wh/kg).

#### **14. La electromovilidad es promovida en zonas con alta exposición a la contaminación**

La electromovilidad contribuye a la reducción de la contaminación local en áreas particularmente expuestas a este problema. La experiencia internacional muestra que el Estado puede definir zonas, como las zonas urbanas ambientales (ZUA) en Países Bajos o NAMA Zona Verde en Chile, donde se promueve el transporte sin emisiones y se restringe la circulación de vehículos. Estas últimas medidas pueden gatillarse a partir de valores altos en el monitoreo de la calidad del aire, como es el caso de China, o estar orientadas a la reducción del tráfico (Colombia). En este último caso, los VE pueden exceptuarse de dichas medidas a fin de otorgar incentivos a su adquisición.

#### **15. La electromovilidad también implica pensar en más que solo buses y automóviles**

La discusión de electromovilidad no puede reducirse únicamente al transporte público masivo y a los automóviles privados. El mototaxi es ampliamente usado en las zonas periurbanas de Lima, así como en otras ciudades del país. Debido a que su tecnología está basada en la combustión interna y el uso de combusti-

bles fósiles, también se emiten contaminantes. En tal sentido, el esquema exitoso realizado en Pucallpa muestra que el Estado debe promover la electrificación de este medio de transporte, así como de las motocicletas.

#### **16. La electromovilidad tiene mayor potencial de desarrollo si hay industrias locales relacionadas**

En la experiencia internacional analizada, los países hacen esfuerzos por promover la electromovilidad en contextos en los cuales dicho dinamismo favorecerá alguna industria nacional o local. Alemania, Francia y China, por ejemplo, son países con una importante industria automotriz, mientras que California se caracteriza por ser una potencia tecnológica a nivel mundial. Por otra parte, Australia y Chile son los dos mayores productores de litio en el mundo. Si bien se podría, como lo ha hecho México, promover la fabricación nacional de autobuses eléctricos, Perú debe trabajar fuertemente para aprovechar su ventaja competitiva con respecto al litio. Esto requiere la aprobación normativa, la prevención de conflictos sociales, el cuidado ambiental y un monitoreo constante del mercado, caracterizado por el avance tecnológico, ante la posible aparición de sustitutos del litio.

#### **17. Es necesario promover la investigación y desarrollo**

Todos los países analizados, en menor o mayor medida, han apoyado desde el Estado la realización de investigaciones y proyectos de prueba e innovación tecnológica. Esta inversión en conocimiento finalmente redundará en el desarrollo y la diseminación de nuevas tecnologías que permitan un transporte más eficiente y menos contaminante. Osinergmin publica este libro precisamente para contribuir a la discusión de las políticas públicas que promuevan la electromovilidad en nuestro país.



Vehículo 100% eléctrico fabricado por BYD. Foto: Minem.



# 15 | AGENDA PENDIENTE



Estación de carga de vehículos eléctricos. Foto: Shutterstock.

# CAPÍTULO 15

## AGENDA PENDIENTE

Como hemos mencionado en el presente libro, la electromovilidad es todavía un tema incipiente en el Perú. Sin embargo, la revisión de la experiencia internacional nos permite identificar algunos puntos que, como país, deben priorizarse en la agenda pendiente. Por ejemplo, la aprobación de una Estrategia Nacional de Electromovilidad, la electrificación del transporte urbano en Lima y otras ciudades, la promoción de innovación e investigación, la evaluación de incentivos económicos y no económicos, entre otros.

### Aprobación de una Estrategia Nacional de Electromovilidad

- Corresponde a los Ministerios de Energía y Minas (Minem), Transportes y Comunicaciones (MTC) y Ambiente (Minam) la elaboración y difusión de una Estrategia Nacional de Electromovilidad, donde se establezcan metas a los años 2030 y 2050.
- La referida estrategia debe incluir ejes estratégicos y el establecimiento de las medidas de política para lograr los objetivos trazados, designando claramente la entidad encargada de ejecutarlas. Osinergmin participará en el marco de su ámbito de competencia.

### Electrificación del sistema de transporte público en Lima

- La Municipalidad de Lima ha suscrito contratos de concesión para los servicios Metropolitano y Corredores Complementarios. El municipio, o la recientemente creada Autoridad del Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), deben evaluar realizar modificaciones contractuales que permitan incluir la obligación de renovar las flotas con buses eléctricos, sin alterar el equilibrio económico-financiero de las concesiones.
- Se debe continuar con el proceso de reordenamiento de rutas de transporte

regular, transformando la atomizada flota actual en una conformada por buses modernos y de gran capacidad. Las futuras concesiones deberán incluir dentro de sus contratos la obligación de utilizar buses eléctricos.

- Como parte del proceso de ordenamiento de taxis en Lima y Callao, debe evaluarse la electrificación del sistema, debido a que son la segunda forma de transporte público más utilizada (31.27% de los viajes diarios). Pueden evaluarse esquemas de préstamos con intereses reducidos mediante la Corporación Financiera de Desarrollo (Cofide).

### Promover tarifas para la recarga eficiente de vehículos

- Debe evaluarse el establecimiento de tarifas que fomenten el uso eficiente de la energía, mediante la recarga domiciliaria de vehículos eléctricos en la madrugada.
- Las electrolineras, por la necesidad de potencia que tienen, deberían operar como usuarios libres teniendo la posibilidad de definir un precio con el suministrador, creando así un espacio de libertad de precios que finalmente podrá trasladarse a los usuarios del vehículo eléctrico.

### Garantizar energía limpia para la recarga de vehículos

- Se debe acompañar el futuro incremento de la demanda con la promoción de energías renovables. De esta forma, podremos asegurar que los vehículos eléctricos sean recargados con energía limpia.

### Desarrollo de investigación, innovación y técnicos capacitados

- El Estado debe promover, mediante el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec), la investigación en temas relacionados a la electromovilidad, el desarrollo de baterías y la mejora en la eficiencia de baterías de litio.
- El Estado debe trabajar de cerca con el Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (Senati) a fin de garantizar la disponibilidad de técnicos especializados en la tecnología utilizada por automóviles y vehículos eléctricos.

### Profundizar medidas para la existencia de una flota menos contaminante

- El Ministerio de Economía y Finanzas

(MEF) debe evaluar un plan para continuar aplicando el impuesto selectivo al consumo (ISC) a los combustibles fósiles en función de su índice de nocividad.

- Los distintos niveles de gobierno deben iniciar un programa de chatarreo vehicular, con especial énfasis en vehículos cuya antigüedad sea superior a los 20 años.

### Desarrollo de infraestructura para la movilidad eléctrica

- Siempre que se cumpla con las normas de seguridad para instalaciones eléctricas, deben permitirse las estaciones de carga en lugares como centros de trabajo, centros comerciales, estacionamientos, entre otros.

- Deben preverse las obras de adecuación de la red eléctrica de baja tensión a fin de que esta permita la instalación de cargadores de vehículos eléctricos.

- El Estado debe promover el desarrollo de inversiones en infraestructura a fin de garantizar la disponibilidad de estaciones de carga. Para ello, debe analizar la conveniencia de que dichas inversiones se realicen mediante obra pública, asociaciones público-privadas y/u otro de modelo de negocio, teniendo en cuenta que el objetivo es el desarrollo de infraestructura adecuada y suficiente para la movilidad eléctrica.

### Evaluación de incentivos económicos y no económicos

- El precio de los automóviles eléctricos ha disminuido debido a los avances tecnológicos, sin embargo, aún continúan siendo menos atractivos que los vehículos convencionales. Teniendo en cuenta el

impacto en los ingresos fiscales, el Estado debe evaluar la conveniencia de establecer medidas adicionales para promover la compra de vehículos eléctricos (exoneraciones temporales del impuesto general a las ventas, IGV, a vehículos eléctricos u otorgamiento de subsidios focalizados a vehículos en determinado rango de precios).

- De manera temporal, los distintos niveles de gobierno pueden evaluar el otorgar incentivos no económicos (reducción o exoneración en peajes, tarifas de estacionamientos, impuestos vehiculares, entre otros).

### Desarrollar un marco normativo que permita la explotación del litio

- Si bien fueron hallados depósitos de litio y uranio, el Perú carece de un marco normativo para el desarrollo de estos minerales. El Estado debe aprobar uno que permita su aprovechamiento y su consecuente inserción en la industria de la electromovilidad mediante el suministro de la principal materia prima para la fabricación de baterías.

### Contar con una estrategia para la disposición de baterías

- A pesar del impacto positivo que tiene la electromovilidad en el ambiente, esta impone también un importante reto: la disposición de las baterías. No es un desafío nuevo (pues la mayoría de dispositivos móviles utilizan baterías de litio), pero la escala del problema sí es mayor, ya que un vehículo eléctrico utiliza baterías mucho más grandes. Al respecto, un primer paso es fomentar el segundo uso de las baterías una vez que ha transcurrido su vida útil. Luego se deben definir las condiciones para su disposición final para que se reduzca el impacto ambiental.

### Brindar información para garantizar la eficiencia en el mercado

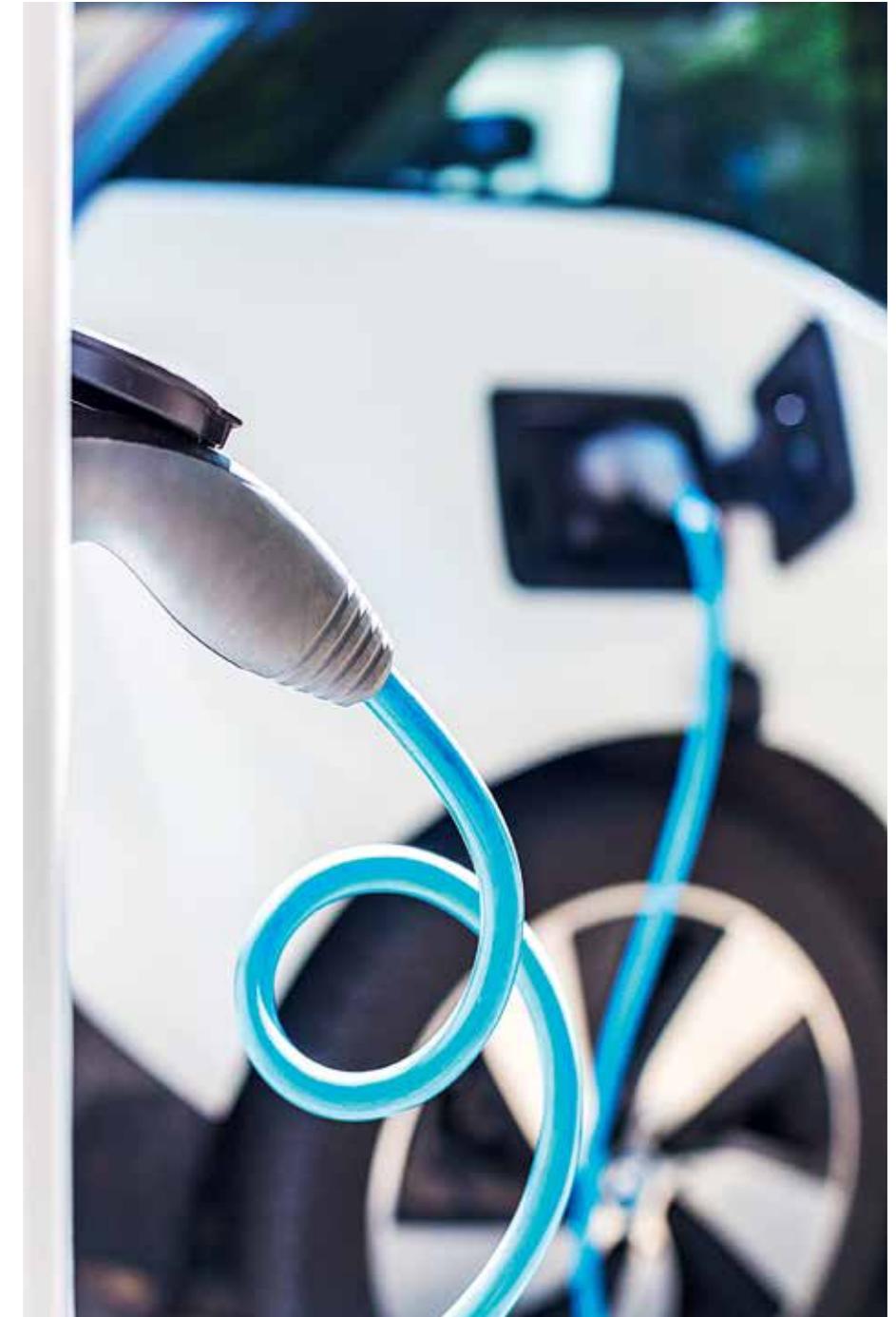
- Osinergmin puede contribuir a la transparencia y reducción de asimetrías de información mediante la aplicación Facilito, que puede brindar información sobre la ubicación y los precios de las electrolineras.
- El Minem debe evaluar trabajar en un sistema de etiquetado de eficiencia energética para los vehículos y realizar campañas de difusión de los beneficios de los vehículos eléctricos.

### Impulsar la electrificación del transporte en distintas ciudades del país

- En zonas periurbanas de Lima y Callao, y en otras ciudades del Perú, los mototaxis y las motocicletas son medios de transporte ampliamente utilizados. Desde el Estado debe fomentarse la electrificación de este tipo de transporte debido a que también realizan emisiones contaminantes.

### Contemplar que los vehículos eléctricos podrán inyectar electricidad a la red

- Se debe considerar que el concepto de gestión de la red de distribución cambiará con el aumento del número de los vehículos eléctricos en los siguientes años. Así, el vehículo no será solamente un elemento demandante de electricidad, sino que podrá inyectarla a la red.



Fuente de alimentación para carga de vehículos eléctricos. Foto: Shutterstock.



Foto: Automóvil eléctrico cargando. Fuente: Shutterstock.



Bus eléctrico en Varsovia (Polonia). Foto: Shutterstock.

# NOTAS

## CAPÍTULO 1

- 1 Glosario de términos. Información disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1383/anexo02.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1383/anexo02.pdf)
- 2 El Internet de las cosas, también llamado IoT por sus siglas en inglés, es la interconexión digital de dispositivos u objetos, desde sensores hasta los de uso cotidiano, mediante redes (Internet).
- 3 “Ten Ways Autonomous Driving Could Redefine the Automotive World”. Información disponible en <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-define-the-automotive-world>
- 4 “From Post-It Note to Prototype: The Journey of Our Firefly”. Información disponible en <https://medium.com/waymo/from-post-it-note-to-prototype-the-journey-of-our-firefly-30569ac8fd5e>
- 5 “FMVSS 141: Minimum Sound Requirements for Hybrid and Electric Vehicles”. Información disponible en [http://www.ntea.com/NTEA/Serving\\_the\\_industry/Advocacy/Regulatorybriefs/FMVSS\\_141\\_Minimum\\_sound\\_requirements\\_for\\_hybrid\\_and\\_electric\\_vehicles.aspx](http://www.ntea.com/NTEA/Serving_the_industry/Advocacy/Regulatorybriefs/FMVSS_141_Minimum_sound_requirements_for_hybrid_and_electric_vehicles.aspx)
- 6 “¿Por qué la OMS pide reducir el ruido de los coches, pero las marcas crean sonidos para sus eléctricos?”. Información disponible en <https://www.lavanguardia.com/motor/eco/20181029/452367936123/sonido-coches-electricos-seguridad-vial.html>
- 7 “Los coches eléctricos tendrán que emitir ruido a baja velocidad”. Información disponible en [https://www.elplural.com/motor/los-coches-electricos-tendran-que-emitir-ruido-a-baja-velocidad\\_99031102](https://www.elplural.com/motor/los-coches-electricos-tendran-que-emitir-ruido-a-baja-velocidad_99031102)
- 8 “Los coches eléctricos tendrán que hacer ruido a partir de 2020”. Información disponible en <https://www.adslzone.net/2018/03/01/>

coches-electricos-ruido-2020/

- 9 Debido a la presión de la industria, la fecha inicial (septiembre de 2019) fue prorrogada.
- 10 Por ley, los coches eléctricos deberán emitir sonido. Información disponible en <https://es.motor1.com/news/279613/legislacion-europea-coche-electrico-sonido/>
- 11 “Estados Unidos obliga los vehículos eléctricos a emitir un sonido de advertencia a partir de 2020”. Información disponible en <https://movilidadelectrica.com/ee-uu-obliga-vehiculos-electricos-emitir-sonido-de-advertencia/>

## CAPÍTULO 2

- 1 Imagen disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Cig%C3%BCe%C3%B1al#/media/Archivo:Cshaft.gif>
- 2 Imagen disponible en <https://x-engineer.org/automotive-engineering/internal-combustion-engines/ice-components-systems/how-an-internal-combustion-engine-works/>
- 3 En inglés, alternating current (AC).
- 4 Imagen disponible en [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv\\_Bild\\_183-1990-1126-500,\\_Kraftdroschke.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_183-1990-1126-500,_Kraftdroschke.jpg)
- 5 Imagen disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_veh%C3%ADculo\\_el%C3%A9ctrico#/media/File:Detroit\\_Electric\\_ad\\_1912.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico#/media/File:Detroit_Electric_ad_1912.jpg)
- 6 Imagen disponible en [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_the\\_electric\\_vehicle#/media/File:EdisonElectricCar1913.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_electric_vehicle#/media/File:EdisonElectricCar1913.jpg)
- 7 Imagen disponible en <https://www.forbes.com/sites/briansolomon/2014/06/12/tesla-goes-open-source-elon-musk-releases-patents-to-good-faith-use/#64e8f03c3c63>
- 8 No deben confundirse los VEPC con los VMCI que operan con hidrógeno como combustible alternativo, previamente reseñados. Ambos son vehículos que utilizan el hidrógeno como combustible. Sin embargo, en el caso de los VMCI, el hidrógeno pasa por un proceso de combustión, tal como lo haría la gasolina; mientras que, en el caso de los VEPC, el hidrógeno pasa por un proceso

de oxidación, liberando electrones que configuran la corriente eléctrica. Dicha corriente circulará a través de pilas de combustible que mueven motores eléctricos, motivo por el cual los VEPC no poseen banco de baterías.

- 9 “2019 Guide On How to Charge Your Electric Car with Charging Stations”. Información disponible en <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html>
- 10 “Level 1 vs Level 2 EV Charging Stations”. Información disponible en <https://www.clippercreek.com/level-1-level-2-charging-stations/>
- 11 “Electric Vehicle Charging: Types, Time, Cost and Savings”. Información disponible en <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles/car-charging-time-type-cost>
- 12 Imagen disponible en <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html>
- 13 “2019 Guide On How to Charge Your Electric Car with Charging Stations”. Información disponible en <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html>
- 14 “Levels of Charging”. Información disponible en <http://www.evtown.org/about-ev-town/ev-charging/charging-levels.html>
- 15 Imagen disponible en <http://www.pluginindia.com/blogs/electric-car-battery-swap-stations>
- 16 Imagen disponible en <https://newatlas.com/uk-electric-highways-trial/38897/#gallery>

## CAPÍTULO 3

- 1 “Contaminación del Aire Ambiental”. Información disponible en [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es)
- 2 Imagen disponible en <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- 3 “Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. Información disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

- 4 “Objetivo 13: Acción por el clima”. Información disponible en <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- 5 “Contaminación atmosférica”. Información disponible en: <https://www.airecantabria.com/contaminantes.php>
- 6 Imagen disponible en <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- 7 Imagen disponible en <http://www3.cec.org/islandora/es/item/986-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>
- 8 Imagen disponible en <https://elblogverde.com/que-es-la-lluvia-acida/>
- 9 “Calidad del aire y salud”. Información disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health>
- 10 Imagen disponible en <https://www.ambientologosfera.es/>

## CAPÍTULO 4

- 1 Descripción basada en Foley *et al.* (2011)
- 2 “Emissions from Hybrid and Plug-In Electric Vehicles”. Información disponible en [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_emissions.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html)
- 3 Siguiendo con el estudio hecho por la OMS, se estima que en el Perú anualmente 4239 muertes fueron ocasionadas por enfermedades causadas por contaminación atmosférica, siendo la más común la cardiopatía isquémica (bloqueo de arterias que llegan al corazón).
- 4 “Find and Compare Cars”. Información disponible en: <https://www.fueleconomy.gov/feg/findacar.shtml>. Última fecha de consulta: 16 de mayo de 2019.
- 5 La comparación de vehículos está basada en el informe que realizó Energy Sage, el cual toma en cuenta criterios de calidad, lujo y rendimiento. Al respecto, ver: <https://www.energysage.com/electric-vehicles/costs-and-benefits-evs/electric-car-cost/>

- 6 Semana Económica. Edición de 15/04/19.
- 7 “Find and Compare Cars”. Información disponible en: <https://www.fueleconomy.gov/feg/findacar.shtml>. Última fecha de consulta: 16 de mayo de 2019.
- 8 Imagen disponible en [https://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1279457#](https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1279457#)
- 9 Imagen disponible en <https://www.nissan.com.bn/2018/11/28/nissan-to-create-electric-vehicle-ecosystem/>

## CAPÍTULO 5

- 1 “Compare Side-by-Side”. Información disponible en <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=39839&id=39390&id=39842&id=39376>
- 2 “Cargadores rápidos de autos eléctricos se adelantan a baterías”. Información disponible en <https://gestion.pe/tecnologia/cargadores-rapidos-autos-electricos-adelantan-baterias-263384>
- 3 Según lo indicado en el Global EV Outlook 2018. Las estimaciones de los puntos de cargas se realizaron teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Para estimar los cargadores privados se asume que cada automóvil eléctrico está acoplado con 1.1 cargadores privados (nivel 1 o nivel 2), ya sea en el hogar o en el lugar de trabajo, en todos los países excepto China y Japón. Las estimaciones para China y Japón se basan en 0.8 cargadores por vehículo eléctrico, según la información reportada en una encuesta (observando una muestra de aproximadamente un tercio de los propietarios chinos de automóviles eléctricos) hecha por China Electric Vehicle Charger Infrastructure Promotion Allianza.

Se asume que los vehículos eléctricos de dos ruedas se cargan principalmente en salidas de nivel 1 y no se han incluido en la evaluación.

Los cargadores rápidos se calculan suponiendo que hay una salida disponible por cada tres autobuses utilizados en China. Esto se basa en la proporción informada para Shenzhen (Lu, Lulu y Zhou, 2018) y generalizada a nivel nacional.

Los cargadores pueden venir con diferentes conectores (por ejemplo, CC CCS y CHAdeMO); es posible cargar dos vehículos simultáneamente

si el cargador está equipado con un conector de Corriente Alterna y un conector de Corriente Continua. Sin embargo, este no suele ser el caso si el cargador tiene dos conectores de Corriente Continua diferentes. La evaluación tiene en cuenta el número de puntos de venta en función del número de automóviles que pueden cargar simultáneamente a la máxima potencia.

- 4 Descripción basada en Foley *et al.* (2011).
- 5 “Los vehículos eléctricos también contaminan’ ¿Es eso cierto?”. Información disponible en [https://www.motor.es/noticias/coche-electrico-contamina-201737700.html#disqus\\_thread](https://www.motor.es/noticias/coche-electrico-contamina-201737700.html#disqus_thread)
- 6 “Tesla Model 3”. Información disponible en [https://www.tesla.com/es\\_MX/model3?redirect=no](https://www.tesla.com/es_MX/model3?redirect=no)
- 7 “A los vehículos eléctricos no les gusta el frío: a partir de -6°C sus baterías pierden hasta un 41% de su carga”. Información disponible en <https://elperiodicodelaenergia.com/a-los-vehiculos-electricos-no-les-gusta-el-frio-a-partir-de-6oc-sus-baterias-pierden-hasta-un-41-de-su-carga/>
- 8 “Tesla y los autos eléctricos tienen un problema: el clima”. Información disponible en <https://www.elfinanciero.com.mx/tech/tesla-y-los-autos-electricos-tienen-un-problema-el-clima>

## CAPÍTULO 6

- 1 Un impuesto es regresivo es aquel que grava más a los contribuyentes de menores ingresos que a los de mayores ingresos.
- 2 Imagen disponible en <https://www.autodeal.com.ph/articles/car-news-philippines/mmda-test-high-occupancy-vehicle-lane-policy-december-11>
- 3 “Carpool (HOV) Lanes”. Información disponible en: <https://web.archive.org/web/20120228152136/http://www.hybridcars.com/local-incentives/carpool-hov-lanes.html>
- 4 “What is an EV Lane?”. Información disponible en <https://www.drivingtests.co.nz/resources/what-is-an-ev-lane/>
- 5 Información basada en DelftX (2019b).

## CAPÍTULO 7

- 1 Las variables de flujo se expresan en unidades por periodo de

tiempo, mientras que las variables de stock son una cantidad en determinado momento del tiempo.

- 2 Los datos procesados en el capítulo se encuentran disponibles en <http://www.ev-volumes.com/datacenter/> (Recuperado el 21 de mayo de 2019)
- 3 “Tesla 3 Infographic with Key Information”. Información disponible en <https://www.vexels.com/vectors/preview/143015/tesla-3-infographic-with-key-information>
- 4 “USA Plug-in Sales for 2018 Full Year”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/usa/>
- 5 “Canada 2015 and February 2016 Plug-In Vehicle Sales”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/canada/>
- 6 “Norway Plug-In Sales Q3-2017 and YTD”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/total-euefta-plug-in-vehicle-volumes/>
- 7 “The Netherlands – 2015-Q4 & Full Year”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/netherlands/>
- 8 “Norway Plug-in Sales Q3-2017 and YTD”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/total-euefta-plug-in-vehicle-volumes/>
- 9 “Germany Plug-In Vehicle Sales 2017 Q3 and YTD”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/germany/>
- 10 “Switzerland 1st Quarter 2015”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/switzerland/>
- 11 “China NEV Sales for 2018”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/china/>
- 12 “Japan 3rd Quarter 2015 & YTD”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/japan/>
- 13 “South Korea – December 2014 & Full Year”. Información disponible en <http://www.ev-volumes.com/country/south-korea/>

## CAPÍTULO 8

- 1 El presente texto está basado principalmente en Figenbaum y Kol-

benstvedt (2013).

- 2 Algunas empresas locales de producción de VE son o han sido Think y Kollega Bil. Esta última quebró varias veces y los nuevos dueños fueron nombrándola sucesivamente Elbil Norge, Pure Mobility y Buddy Electric. Otras empresas que han jugado un papel importante fueron las fabricantes locales de autopartes, que conforman un grupo de empresas apoyadas por Transnova (hoy Enova), la institución que apoya proyectos de desarrollo de electromovilidad.
  - 3 “Powered by Nature: A Guide to Norway, the World’s Leading EV Market”. Información disponible en <https://elbil.no/english/>
  - 4 “Powered by Nature: A Guide to Norway, the World’s Leading EV Market”. Información disponible en <https://elbil.no/english/>
  - 5 “Powered by Nature: A Guide to Norway, the World’s Leading EV Market”. Información disponible en <https://elbil.no/english/>
  - 6 “Norwegian Parliament extends electric car initiatives until 2018”. Información disponible en <https://web.archive.org/web/20131024170630/http://www.aveve.org/www/newsMgr.php?action=view&frmNewsId=611&section=&type=&SGLSESSID=tqiice0pmjdclt7l4q0s3s1o27> (Último acceso: 30/04/19).
  - 7 La unidad 50 000 llegó en el año 2015. “Norway celebrating EV N° 50 000!”. Información disponible en: <https://elbil.no/norway-celebrating-ev-no-50-000/> (Último acceso: 21/05/19).
- En ese mismo año el gobierno decidió empezar a recortar algunos beneficios a partir de 2018 (Fuente: <https://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/transport/11589548/Norway-to-slash-electric-car-perks-because-its-costing-government-too-much-money.html>; último acceso: 21/05/19).
- 8 Esta meta fue alcanzada en diciembre de 2017 cuando las emisiones de los vehículos en su conjunto alcanzaron los 82 g de CO<sub>2</sub>/km (Fuente: <https://ofv.no/CO2-utslippet/co2-utslippet>; último acceso: 21/05/19).
  - 9 Información disponible en Figenbaum y Kolbenstvedt (2013), Asociación Noruega de Transportes Eléctricos (Norsk Elbilforening), IEA (2018b).

10 Según la Real Academia de la Lengua Española, desguace es la separación en piezas de un vehículo para emplearlas como chatarra.

- 11 IEA, (2018b:52).
- 12 La eficiencia energética fue incluida en su mandato en 2013.
- 13 “Fortum in Norway”. Información disponible en <https://www.fortum.com/fortum-norway>
- 14 “The Ultimate EV Tourist Guide to Norway”. Información disponible en <https://elbil.no/the-ultimate-ev-tourist-guide-to-norway/>
- 15 Información disponible en: <https://gronkontakt.no/english/> y <https://elbil.no/the-ultimate-ev-tourist-guide-to-norway/>
- 16 “Noruega da un nuevo salto en electromovilidad y anuncia estaciones de carga inalámbricas para taxis”. Información disponible en <https://www.emol.com/noticias/Autos/2019/03/22/942019/Noruega-da-un-nuevo-salto-en-electromovilidad-y-anuncia-estaciones-de-carga-inalambricas-para-taxis.html> (Último acceso: 21/05/19).
- 17 “The Global Electric Vehicle Policy Database”. Información disponible en <https://www.unenvironment.org/resources/publication/global-electric-vehicle-policy-database>.
- 18 El gobierno noruego tiene una meta para el año 2050 de reducir entre el 80% y el 95% de las emisiones de efecto invernadero registradas en el año 1990 (IEA, 2018b:70).
- 19 Fuente: <https://www.side3.no/motor/ntp-na-kommer-elbil-bakrusen-4346852> (Último acceso: 21/05/19).
- 20 El presente texto está basado, principalmente, en los reportes anuales del Hybrid and Electric Vehicle Technology Programme (HEV TCP) de la International Energy Agency (IEA) de los años 2004 a 2019. Información disponible en: <http://www.ieahev.org/news/annual-reports/>
- 21 Estos son mencionados solo hasta el reporte de la HEV TCP con respecto a 2010.
- 22 Como parte del APED, nueve proyectos para investigación de VE

entre 2010 y 2012 y 10 proyectos más para aplicaciones de electromovilidad fueron subsidiados con un fondo de 13 MMUSD (HEV TCP, 2011:232, 2012:130). La mayoría de programas de investigaciones apoyadas por el gobierno eran ejecutados por la NL Agency (HEV TCP, 2012:131).

- 23 Información disponible en Reportes anuales del HEV TCP (2005-2019), Países Bajos Eléctrico (<https://nederlandelektrisch.nl>), European Automobile Manufacturers Association (2011, 2019).
- 24 No se tiene información sobre el año exacto de la implementación de la medida; el documento más antiguo es del año 2011.
- 25 “Forse toename elektrische auto’s”. Información disponible en <https://nos.nl/artikel/590251-forse-toename-elektrische-auto-s.html> (6/6/2019).
- 26 En 2019, los empresarios que invierten en VE no pagan el IVA del 21% y se le aplica una corrección privada del IVA del 2.7%.
- 27 MIA-VAMIL: The Environmental Investment Allowance (Rebate) y el Arbitrary Depreciation of Environmental Investments (HEV TCP, 2014:169).
- 28 La Asociación de Municipalidades Neerlandesas tiene un documento que formula posibles políticas complementarias (exenciones, permisos, gestión de tráfico) para la instalación de infraestructura de carga en espacios públicos, especialmente para aquellas que quieren cooperar en el desarrollo, pero no ser los inversores iniciales.
- 29 El presente texto está basado, principalmente, en los reportes anuales del Hybrid and Electric Vehicle Technology Programme (HEV TCP) de la International Energy Agency (IEA) de los años 2004 a 2019. Información disponible en: <http://www.ieahev.org/news/annual-reports/>
- 30 De acuerdo con Ademe en HEV TCP (2005), en 2004 había 8000 vehículos eléctricos. Los fabricantes franceses habían cesado la producción hasta que en 2005 el interés resurgió luego de la creación de la SVE (HEV TCP, 2006: 96). En 2010, casi ningún VEB o VEHE había en el país (HEV TCP, 2010:197; IEA, 2018a).
- 31 Apoya la electromovilidad mediante la I+D y promueve el despliegue

- de infraestructura con el Programa de Inversiones Futuras – Vehículo del Futuro. Fuente: <https://www.ademe.fr/expertises/mobilite-transport/passers-a-laction/solutions-technologiques/lelectromobilite-vecteur-mobilite-durable>
- 32 Esta meta fue planteada en el Program d’Orientation de la Politique Energétique Française (POPE – Programa de Orientación de Política energética francesa) de 2005.
- 33 Vehículos rentados que pueden ser encontrados en distintos puntos de la ciudad. En 2014, la municipalidad de París creó Utilib, servicio similar y utilitaria para los profesionales. Información disponible en: [http://observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/3897/Paris\\_le\\_mod\\_E8le\\_fran\\_E7ais\\_de\\_l\\_\\_E9lectromobilit\\_E9.html](http://observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/3897/Paris_le_mod_E8le_fran_E7ais_de_l__E9lectromobilit_E9.html)
- 34 Artículo 4, punto 9 de la Directiva 2014/94/EU del Parlamento Europeo y el Consejo.
- 35 Información disponible en reportes anuales del HEV TCP (2005-2019).
- 36 Ley N° 2010-788 del 12 de julio de 2010 sobre el compromiso nacional para el medio ambiente.
- 37 En el caso del impuesto al ingreso, un hogar no paga impuesto si tiene un ingreso acumulado menor al umbral definido por el Estado francés. Información disponible en: <https://www.french-property.com/guides/france/finance-taxation/taxation/calculation-tax-liability/rates>
- 38 “Paris, le modèle français de l’électromobilité”. Información disponible en [http://observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/3897/Paris\\_le\\_mod\\_E8le\\_fran\\_E7ais\\_de\\_l\\_\\_E9lectromobilit\\_E9.html](http://observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/3897/Paris_le_mod_E8le_fran_E7ais_de_l__E9lectromobilit_E9.html). Recuperado el 12/06/19.
- 39 “Voiture électrique: Les programmes VPE et Vert de Renault et Peugeot des années 90”. Información disponible en <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-les-programmes-vpe-et-vert-de-renault-et-peugeot-des-annees-90/>
- 40 Imagen disponible en <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/e-mobility-Berlin-Daimler-and-RWE-embarking-on-the-age-of-electro-mobility.xhtml?oid=9908355>
- 41 United States Census Bureau (2017). Estimaciones anuales de la población residente en los Estados Unidos. Información disponible en: <https://www2.census.gov/programs-surveys/popest/tables/2010-2018/state/totals/nst-est2018-01.xlsx> (Recuperado el 11 de junio de 2019)
- 42 Executive Order B-16-2012 (Gobierno del Estado de California, 2012): “(...) California should encourage the development and success of zero-emission vehicles to protect the environment, stimulate the economic growth and improve the quality of life in the State. (...)”.
- 43 “Zero Emission Vehicle (ZEV)”. Información disponible en [https://ww2.arb.ca.gov/about/glossary?keywords=zEV#search\\_anchor](https://ww2.arb.ca.gov/about/glossary?keywords=zEV#search_anchor) (Consultado el 12 de junio de 2019).
- 44 “2018 ZEV Action Plan Priorities Update”. Información disponible en <http://www.business.ca.gov/ZEV-Action-Plan>
- 45 Imagen disponible en <http://blogs.youwheel.com/2014/11/18/pricing-released-2016-toyota-mirai-hydrogen-fuel-cell-electric-sedan/>
- 46 De acuerdo con el Grupo de trabajo Interinstitucional sobre ZEV del Estado de California (2018), se entiende por largo plazo a un periodo mayor o igual a 30 meses.
- 47 “Current programs - all stickers currently valid”. Información disponible en <https://www.arb.ca.gov/msprog/carpool/not-valid-list-carpool-2018-archive.htm>
- 48 Como se ha explicado en el presente libro, tanto el vehículo híbrido como el vehículo híbrido enchufable contienen un motor de combustión interna y un motor eléctrico con un banco de baterías. Sin embargo, el vehículo híbrido enchufable brinda la capacidad de conectarse a una fuente externa para cargar las baterías, mientras que el vehículo híbrido no tiene esta capacidad, por lo que sus baterías se cargan mediante el motor de combustión interna o mediante un sistema de frenado regenerativo.
- 49 Este tipo de beneficios está orientado a superar la barrera del alto precio de adquisición de los vehículos eléctricos e híbridos.
- 50 Esta medida surgió en 1998 en Bogotá durante la alcaldía de Enrique Peñalosa.
- 51 Día en el que se prohíbe el tránsito de carros particulares y motos, a fin de fomentar el uso de medios alternativos de transporte.
- 52 Decreto 1116 de 29 de junio de 2017. Información disponible en <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201116%20DEL%2029%20DE%20JUNIO%20DE%202017.pdf>
- 53 “Pico y Placa todo el día a particulares”. Información disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3284831> (Último acceso: 15/09/17).
- 54 “El Pico y Placa y sus efectos”. Información disponible en: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/pico-placa-efectos/29369> (Último acceso: 15/09/17).
- 55 Minambiente, “Colombia inicia el desarrollo de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica”. Información disponible en <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3675-colombia-inicia-el-desarrollo-de-la-estrategia-nacional-de-movilidad-electrica> (Último acceso: 14/03/2018).
- 56 “Taxis Eléctricos. Programa piloto de taxis eléctricos más grande de las Américas”. Información disponible en <http://www.codensamovilidadelctrica.com/Proyectos-colombia/taxis-electricos>.
- 57 Imagen disponible en <http://www.codensamovilidadelctrica.com/Proyectos-colombia/taxis-electricos>
- 58 Imagen disponible en <http://www.codensamovilidadelctrica.com/Proyectos-colombia>
- 59 El concepto de BRT (Bus Rapid Transit) fue desarrollado en los años 70 en América Latina y se inspiró en el sistema de autobuses implementado en Curitiba, Brasil. Consiste en un sistema masivo de transporte urbano en autobuses que cuenta con casetas externas donde se realiza el pago de la tarifa, así como la validación de los tiquetes y, a su vez, cuenta con estaciones con plataforma de abordaje, como un “metro a superficie” (Allen-Monge, 2011).
- 60 “Medellín tiene el primer bus articulado eléctrico para el sistema metro”. Información disponible en <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/medellin-tiene-el-primer-bus-electrico-articulado-de-la-linea-1-del-metro-200712>
- 61 “Este año Medellín tendrá sus primeros 200 taxis eléctricos”. Información disponible en <https://www.medellin.gov.co/movilidad/component/k2/es-te-ano-medellin-tendra-sus-primeros-200-taxis-electricos> (Último acceso: 6/05/2019)
- 62 Empresas Públicas de Medellín es una empresa colombiana de propiedad del municipio de Medellín prestadora de servicios públicos (energía, gas y agua).
- 63 La prohibición alude a infracciones que corresponden a las siguientes conductas: conducir en estado de embriaguez o bajo el efecto de sustancias alucinógenas, o por renuencia a efectuarse la prueba; así como por la conducta de conducir un vehículo que se destine a la prestación de un servicio diferente de aquel para el cual cuenta con licencia de tránsito. Información disponible en: <https://www.medellin.gov.co/movilidad/component/k2/medellin-se-mueve-mejor?highlight=WjJ2ZWVhdTAwZWRjdWxvcyIsImVsXHUwM-GU5Y3RyaWNvcyIsInZlaGljdWxvcyBlbGVjdHJpY29zIlI0=>
- 64 “La Línea 1 de buses del Metro cuenta con su primer bus eléctrico articulado”. Información disponible en <https://www.metro-medellin.gov.co/al-d%C3%ADa/noticias-metro/artmid/6905/articleid/462/la-l237nea-1-de-buses-del-metro-cuenta-con-primero-bus-el233ctrico-articulado> (Último acceso: 3/04/2019).
- 65 “Codensa y Terpel suscriben acuerdo para desarrollar puntos de carga eléctrica en estaciones de servicio”. Información disponible en <http://www.codensamovilidadelctrica.com/main/news/19> (Último acceso: 22/05/2019).
- 66 “Nueva alianza de Codensa con Car-B y Grupo Éxito para impulsar la movilidad eléctrica” (14/11/2017). Información disponible en <http://www.codensamovilidadelctrica.com/main/news/22>.
- 67 El programa de etiquetado de eficiencia energética tiene como finalidad que los consumidores puedan tomar una mejor decisión en cuanto a eficiencia energética e impacto ambiental en el momento de comprar un vehículo.
- 68 “Gobierno amplía etiquetado de eficiencia energética a vehículos eléctricos, híbridos y comerciales” (28/06/2017). Información disponible en <https://mma.gob.cl/gobierno-amplia-etiquetado-de-eficiencia-ener>

- getica-a-vehiculos-electricos-hibridos-y-comerciales/.
- 69 “Corfo anuncia centro de transición energética de litio en Antofagasta” (29/06/2018). Información disponible en [https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C\\_NoticiaRegional&cid=1476721996393&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC\\_NoticiaRegional%2Fcorfo-DetalleNoticiaRegionalWeb](https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaRegional&cid=1476721996393&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC_NoticiaRegional%2Fcorfo-DetalleNoticiaRegionalWeb).
- 70 Imagen disponible en <http://www.consumovehicular.cl/etiqueta/su-contenido>
- 71 El mínimo exigido es Diésel Euro VI-EPA 2010, Híbrido Diésel Eléctrico Euro V-EPA 2007, o GNC Euro V.
- 72 “MTT presenta el diseño de la próxima licitación de Transantiago: nuevo sistema tendrá foco en la calidad de servicio” (11/09/2019). Información disponible en <http://www.mtt.gob.cl/archivos/19457>.
- 73 “Gobierno adjudica primeros 60 taxis eléctricos en Santiago y reafirma su compromiso con la electromovilidad” (03/07/2018). Información disponible en <https://www.mtt.gob.cl/archivos/19066>.
- 74 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones Sitio Web. Información disponible en: <http://www.mtt.gob.cl/concursosotaxi/Antecedentes.aspx?idRegion=5&idTipoServicio=1&idLicitacion=63>.
- 75 Es un concepto introducido en la Conferencia de las Partes (COP) en Bali en el 2007 como un medio para que los países en desarrollo indicaran las acciones de mitigación que estaban dispuestos a ejecutar como parte de su contribución a un esfuerzo global. En general, cualquier actividad que demostrablemente contribuya a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un país en desarrollo y esté en línea con sus prioridades de desarrollo puede calificar como una NAMA.
- 76 “NS-126 - Santiago Transport Green Zone (STGZ)”. Información disponible en [https://www4.unfccc.int/sites/PublicNAMA/\\_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForImplementation.aspx?ID=65&viewOnly=1](https://www4.unfccc.int/sites/PublicNAMA/_layouts/un/fccc/nama>NamaSeekingSupportForImplementation.aspx?ID=65&viewOnly=1)
- 77 Transantiago es el sistema de buses de transporte público que coordina todos los servicios en el área metropolitana de la ciudad de Santiago de Chile.
- 78 Aspectos generales de las líneas de acción de los ejes estratégicos pueden encontrarse en Ministerio de Energía de Chile (2018:51-55).
- 79 “Boletín Híbridos y Eléctricos”. Información disponible en <http://www.amia.com.mx/descargarb2.html> (5 de junio de 2019).
- 80 Tercera Directiva emitida por la Unión Europea a fin de establecer límites a los niveles de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, entre otros contaminantes, emitidos por vehículos ligeros. Si bien fue aprobada en 1998 como Directiva 98/69/CE y entró en vigor en el año 2000, se encuentra fuera de vigencia desde hace más de 10 años.
- 81 “Partida de 450 mdp para taxis eléctricos”. Información disponible en <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/cdmx/2016/06/1/partida-de-450-mdp-para-taxis-electricos>
- 82 Imagen disponible en <https://sipse.com/mexico/servicio-taxi-cero-emisiones-ciudad-de-mexico-distrito-federal-150350.html>
- 83 Buses eléctricos alimentados a través de una red de catenarias.
- 84 Imagen disponible en <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/bmw-abre-corredor-carga-de-autos-electricos-en-mexico>
- 85 Órgano intergubernamental que facilita la coordinación integrada entre el Gobierno Federal, el gobierno de la Ciudad de México y los gobiernos de los Estados de Hidalgo, Estado de México, Puebla y Tlaxcala; y tiene la función de imponer medidas ambientales.
- 86 Australia se compone de seis estados - Nueva Gales del Sur (NSW), Victoria (VIC), Queensland (QLD), Australia del Sur (SA), Australia del Oeste (WA) y Tasmania (TAS)- y dos territorios con gobierno propio – Territorio del Norte (NT) y Territorio de la Capital de Australia (ACT).
- 87 Esta encuesta fue realizada por la Royal Automotive Club of Victoria (RACV) y la National Roads and Motorists’ Association (NRMA).
- 87 Luxury car tax rate and thresholds. Información disponible en <https://www.ato.gov.au/rates/luxury-car-tax-rate-and-thresholds/>
- 88 Según la ATO, un automóvil de consumo eficiente de combustible tiene un consumo de combustible que no supera los siete litros por cada cien kilómetros. Información disponible en <https://www.ato.gov.au/business/luxury-car-tax/in-detail/definitions/>
- 89 Fringe Benefits Tax. Información disponible en [https://www.ato.gov.au/General/Fringe-benefits-tax-\(FBT\)/](https://www.ato.gov.au/General/Fringe-benefits-tax-(FBT)/)
- 90 Información disponible en <https://www.greenvehicleguide.gov.au/>
- 91 Esta agencia brinda financiamiento a investigadores, desarrolladores y empresas que demuestran la viabilidad y potencial comercialización de sus proyectos de energía renovable.
- 92 Esta Corporación tiene el objetivo de reducir las emisiones de carbono de Australia mediante inversiones en energías renovables, eficiencia energética y tecnologías de bajas emisiones. También financia a empresas innovadoras con proyectos de energía limpia.
- 93 “Queensland’s Electric Super Highway”. Información disponible en <https://www.qld.gov.au/transport/projects/electricvehicles/future/super-highway>
- 94 Corporación 100% propiedad del gobierno encargada de suministrar electricidad en dicho estado, con varias compañías subsidiarias operativas que reportan al gobierno de Queensland.
- 95 Unidad del negocio comercial del gobierno de Queensland cuyo principal objetivo es impulsar el crecimiento económico en dicho estado.
- 96 Imagen disponible en <https://imovecrc.com/news-artides/intelligent-transport-systems/queensland-electric-super-highway-announced/>
- 97 Under2 Coalition (2019). Queensland’s Electric Super Highway. Información disponible en [https://www.under2coalition.org/sites/default/files/queensland\\_electric\\_super\\_highway\\_case\\_study\\_under2\\_coalition.pdf](https://www.under2coalition.org/sites/default/files/queensland_electric_super_highway_case_study_under2_coalition.pdf)
- 98 “Empresa australiana promete cargar autos eléctricos en apenas 15 minutos” (23/10/2018). Información disponible en <http://www.revistaei.cl/2018/10/23/empresa-australiana-promete-cargar-autos-electricos-apenas-15-minutos/>
- 99 “The World is Moving Towards an Electric Future, so Why is Australia Dragging Its Feet” (07/04/2019). Información disponible en <https://www.gq.com.au/lifestyle/cars/the-world-is-moving-towards-an-electric-future-so-why-is-australia-dragging-its-feet/news-story/ce2aea2432d15460cb9163b089be168e>
- 100 “Driving Towards a Zero Emissions Fleet Within a Decade” (28/02/2018). Información disponible en <https://www.melbournwater.com.au/what-we-are-doing/news/driving-towards-zero-emissions-fleet-within-decade>
- 101 “Australia impulsará la industria de las baterías para coches eléctricos a nivel mundial” (11/04/2019). Información disponible en <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/australia-tambien-quiere-trozo-pastel-mercado-baterias/20190410175651026915.html>
- 102 Imagen disponible en <https://fleetautonews.com.au/melbourne-water-md-announces-zero-emissions-fleet-strategy/>
- 103 Esta sección está basada en Cheng y Tong (2017) y Retzel, Huber y Wagner (2018).
- 104 Comprende: VEB, VEHE y VECC (vehículo eléctrico de celda de combustible- *fuel cell electric vehicle*).
- 105 Es un vehículo destinado para propósitos de seguridad y rescate, por ejemplo.
- 106 1C corresponde a una carga/descarga a una velocidad de 10 Amperios.
- 107 “Why a Licence Plate Costs More Than a Car in Shanghai”. Información disponible en <https://www.economist.com/china/2018/04/19/why-a-licence-plate-costs-more-than-a-car-in-shanghai>
- 108 La guía describe la interacción entre los NVE en este esquema de comercio de emisiones, así como, las cuotas de carbono de NVE. Para ello considera dos tipos de empresas: aquellas que producen o importan un número específico de vehículos convenciona-

les, quienes está obligadas a formar parte del esquema, y aquellas que aún no han alcanzado un volumen específico, pero si tienen un nivel significativo de producción y ventas de NVE quienes pueden adaptarse al plan de forma voluntaria.

## CAPÍTULO 9

- 1 La presente sección incluye una selección de noticias relacionadas a la electromovilidad en el Perú y el mundo, que provienen del servicio prestado por la plataforma IP Noticias.
- 2 Imagen disponible en: <http://logistica360.pe/abb-lanzara-primero-cargador-rapido-para-autos-electricos-en-peru/>
- 3 Imagen disponible en: <https://www.tesla.com/>
- 4 Imagen disponible en <http://www.etna.com.pe/>
- 5 Imagen disponible en <https://elcomercio.pe/ruedas-tuercas/camiones/posible-bus-electrico-realice-viajes-interprovinciales-peru-fotos-noticia-646764>

## CAPÍTULO 10

- 1 “Objetivo y resultados esperados de la NAMA”. Información disponible en <http://namasenergia.minem.gob.pe/es-pe/subpagina/namatransporte/pagina/objetivo-de-la-nama> (Último acceso: 1/6/19).
- 2 “Objetivo y Resultados esperados de la NAMA”. Información disponible en <http://namasenergia.minem.gob.pe/es-pe/subpagina/namatransporte/pagina/objetivo-de-la-nama> (Último acceso: 1/6/19).
- 3 Modificatoria introducida mediante Artículo 1 del Decreto Supremo N° 210-2007-EF, publicado el 23 diciembre 2007.
- 4 Modificatoria introducida por el artículo 2 del Decreto Supremo N° 093-2005-EF, publicado el 20 Julio 2005.
- 5 “Pacto por la Movilidad”. Información disponible en <http://msi.gob.pe/portal/pacto-por-la-movilidad/> (Último acceso: 31/5/19).
- 6 Imagen disponible en <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/san-isi->

dro-bus-electrico-evito-emision-10-toneladas-co2-primer-mes-noticia-569961?foto=1

- 7 “San Isidro: primer bus eléctrico de transporte público inició recorridos”. Información disponible en <https://elcomercio.pe/lima/transporte/san-isidro-hoy-iniciaron-recorridos-gratuitos-primero-bus-electrico-transporte-publico-noticia-561093> (31/5/19).
- 8 “ENGIE pone en circulación primer bus eléctrico en Lima”. Información disponible en <http://engie-energia.pe/?noticias=engie-pone-en-circulacion-primero-bus-electrico-en-lima>
- 9 “San Isidro: bus eléctrico evitó la emisión de 10 toneladas de CO<sub>2</sub> en su primer mes”. Información disponible en <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/san-isidro-bus-electrico-evito-emision-10-toneladas-co2-primer-mes-noticia-569961>
- 10 Nuevo bus 100% eléctrico para la minería llega al Perú y será el primero en recorrer la sierra peruana. Información disponible en <https://proactivo.com.pe/nuevo-bus-100-electrico-para-la-mineria-llega-al-peru-y-sera-el-primero-en-recorrer-la-sierra-peruana/> (30/5/19).
- 11 “Gold Fields inicia una nueva etapa en el sector minero usando el primer bus eléctrico en su operación minera”. Información disponible en <https://cajamarcaopina.com/2019/05/11/gold-fields-inicia-una-nueva-etapa-en-el-sector-minero-usando-el-primero-bus-electrico-en-su-operacion-minera/> (31/5/19).
- 12 “Engie presenta el primer bus eléctrico para la minería”. Información disponible en <https://elcomercio.pe/economia/peru/engie-presenta-primero-bus-electrico-mineria-noticia-630143?verificationToken=1d664aeaa8d74efaa3ac64d8d07189cf>
- 13 “El bus eléctrico llega a Lima para revolucionar el transporte público”. Información disponible en <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/bus-electrico-revoluciona-el-transporte-publico.html>
- 14 Imagen disponible en <http://www.electrotransporte.com.pe/noticias.php?page=details&id=47>
- 15 “E-movilidad”. Información disponible en [http://ecoenergysac.com/?page\\_id=47&lang=es](http://ecoenergysac.com/?page_id=47&lang=es)

- 16 “Mototaxi ecológico: conoce detalles de este vehículo eléctrico presentado en ExpoAmazónica”. Información disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-mototaxi-ecologico-conoce-detalles-este-vehiculo-electrico-presentado-expoamazonica-721072.aspx>
- 17 “Mototaxi sin humo en Ucayali”. Información disponible en <https://electromovilidadperu.com/2018/07/30/mototaxi-sin-humo-en-ucayali/>
- 18 “El mototaxi eléctrico para la región amazónica del Perú”. Información disponible en <https://aap.org.pe/descarga/conferencias/congreso-electromovilidad/11-Elmototaxielectricopara-la-region-amazonica-del-Peru-Ecoenergy.pdf>
- 19 “E-movilidad”. Información disponible en [http://ecoenergysac.com/?page\\_id=47&lang=es](http://ecoenergysac.com/?page_id=47&lang=es)
- 20 “Mototaxi ecológico: conoce detalles de este vehículo eléctrico presentado en ExpoAmazónica”. Información disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-mototaxi-ecologico-conoce-detalles-este-vehiculo-electrico-presentado-expoamazonica-721072.aspx>
- 21 Imagen disponible en <https://electromovilidadperu.com/2018/07/30/mototaxi-sin-humo-en-ucayali/>
- 22 “Mototaxi sin humo en Ucayali”. Información disponible en <https://electromovilidadperu.com/2018/07/30/mototaxi-sin-humo-en-ucayali/>
- 23 “UNMSM: Este mototaxi solar ayudaría a disminuir la contaminación”. Información disponible en <https://peru.com/actualidad/mi-ciudad/unms-este-mototaxi-solar-ayudaria-disminuir-contaminacion-fotos-nndc-noticia-588984>
- 24 “Villa El Salvador: Presentan innovador mototaxi eléctrico”. Información disponible en <https://peru21.pe/lima/villa-salvador-presentan-innovador-mototaxi-electrico-64071>
- 25 Imagen disponible en <https://aap.org.pe/descarga/conferencias/congreso-electromovilidad/11-Elmototaxielectricopara-la-region-amazonica-del-Peru-Ecoenergy.pdf>
- 26 Imagen disponible en <http://www.unmsm.edu.pe/noticias/ver/Buscan-inversion-para-perfeccionar-y-fabricar-mototaxi-so->

lar-creada-en-San-Marcos

## CAPÍTULO 11

- 1 “Calidad del aire y salud”. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Ver Guías de calidad del aire de la OMS)
- 2 “Air Quality & Health Burden in Peru”. Información disponible en <https://breathelife2030.org/city-data-page/?city=3270> (18/6/19)
- 3 “Indicador: Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero”. Información disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/931>
- 4 “Indicador: Concentración media anual de dióxido de azufre en Lima Metropolitana”. Información disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1613>
- 5 “Indicador: Concentración media anual de dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana”. Información disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1614>
- 6 “Indicador: Concentración media anual de partículas suspendidas respirables PM10”. Información disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1405>
- 7 “Calidad del aire y salud”. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (ver guías de calidad del aire de la OMS).
- 8 “Indicador: Vehículos por cada mil habitantes”. Información disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/966>
- 9 A la fecha de elaboración de la presente publicación, los sistemas de transporte de Lima y Callao eran gestionados por las gerencias de transporte urbano de las municipalidades respectivas. Esto ha ocasionado tensiones por la autorización de rutas de transporte regular y de circulación taxis en las jurisdicciones del otro municipio.
- 10 Esta Resolución Ministerial es la más actual (26/04/2019) y surgió debido a una noticia que generó mucha controversia donde una mujer de 63 años fue atropellada por un scooter cuando salía de su domicilio (Información disponible en <https://peru21.pe/lima/san-isi-dro-mujer-queda-gravemente-herida-atropellada-scooter-electri->

co-474067).

11 “Bicimotos y motos eléctricas, ¿la alternativa para huir del caos?”. Información disponible en <https://peru21.pe/lima/bicimotos-motos-electricas-alternativa-huir-caos-457513>

12 “Motos Eléctricas en Perú ¿Cuánto ahorran?”. Información disponible en <https://cenergia.org.pe/blog/motos-electricas-peru-cuanto-ahorran/>

13 “Conoce los costos y rendimientos de los vehículos 100% eléctricos en el Perú”. Información disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-los-costos-y-rendimientos-los-vehiculos-100-electricos-el-peru-702273.aspx>

14 “Motos Eléctricas en Perú ¿Cuánto ahorran? Información disponible en <https://cenergia.org.pe/blog/motos-electricas-peru-cuanto-ahorran/>

## CAPÍTULO 12

1 Este capítulo está basado en Rodríguez, A.; Zurita, V.; Suclupe, P.; Chávez, D. y Huancaya, C. (2019).

2 Es una concentración de sólido de origen natural, líquido o material gaseoso dentro o sobre la corteza terrestre. En la forma y cantidad en la cual su extracción económica resulta actual o potencialmente factible.

3 Incluye recursos de 670 000 de carbonato de litio (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que luego son convertidos a contenido de litio: 125 960 toneladas. Este valor es redondeado para obtener las 130 000 toneladas de contenido de litio que se muestra en el reporte de la USGS (2019). Para mayor detalle de los factores de conversión ver anexo 6.

4 Según la RAE, roca de color claro y textura laminar, compuesta de feldespatos y algo de cuarzo.

5 Según Castelo y Kloster (2015) “La lixiviación es un proceso industrial con base química a través del cual, mediante “ataque químico”, un compuesto altamente insoluble (usualmente un óxido, sulfato, silicato) se transforma en uno cuya solubilidad se da en condiciones técnicas y económicas más aceptables”.

6 Según la RAE: proceso químico de descomposición en iones de una sustancia en disolución mediante la corriente eléctrica.

7 “Proprietary Processes”. Información disponible en <https://www.nemaskalithium.com/en/whabouchi/proprietary-processes/>

8 Imagen disponible en <https://www.nemaskalithium.com/en/whabouchi/proprietary-processes/>

9 Imagen disponible en <https://www.sqm.com/acerca-de-sqm/recursos-naturales/proceso-de-produccion/>

10 Imagen disponible en [https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPMicro\\_Cadenas\\_de\\_valor\\_Litio.pdf](https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPMicro_Cadenas_de_valor_Litio.pdf)

11 Una batería litio-polímero o ion-litio polímero es una batería ion-litio en la cual el electrolito puede ser sólido o un gel. En general, la única diferencia con la batería de litio-ion es el electrolito pues usan idénticos materiales tanto para el cátodo como el ánodo.

12 El grado de rendimiento se refleja en la cantidad de pérdida energética, por lo que se presenta un ahorro de 20% de energía en comparación con las baterías de plomo ácido.

13 El efecto memoria es un fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas.

14 Cuando se decide guardar una batería, ésta se descarga progresivamente, aunque no se utilice. En el caso de la batería ion-litio tiene una tasa de auto descarga mensual de 6%.

15 “Baterías de Ion-Litio (Li-ion)”. Información disponible en [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Baterias\\_litio\\_flujo.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Baterias_litio_flujo.html)

16 “Autos eléctricos no generarán boom de demanda por cobre en corto plazo, según analistas”. Información disponible en <https://gestion.pe/economia/mercados/autos-electricos-no-generaran-boom-demanda-cobre-corto-plazo-segun-analistas-231045>

17 Imágenes disponibles en <https://www.visualcapitalist.com/lithium-fuel-green-revolution/> y <https://europeanlithium.com/lithium/lithium-batteries/>

18 Capacidad de un metal que admite grandes deformaciones mecánicas en frío sin llegar a romperse.

19 Imagen disponible en <https://www.visualcapitalist.com/how-much-copper-is-in-an-electric-vehicle/>

20 “Lithium Sector: Production Costs Outlook”. Información disponible en <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/lithium-sector-outlook-costs-and-margins-demo-confirmation-EMC.html>

21 El cash cost es un indicador que mide el costo de producir una unidad de mineral. Incluye el costo de mina, planta, gastos generales y de transporte; excluye los gastos asociados al financiamiento.

22 Principalmente carbonato de sodio y cal, que son empleados para la remoción de contaminantes y precipitar la solución de carbonato de litio.

23 “Lithium Sector: Production Costs Outlook”. Información disponible en <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/lithium-sector-outlook-costs-and-margins-demo-confirmation-EMC.html>

24 Según información de Cochilco (2017), un celular requiere de 3 gramos de LCE mientras que un vehículo eléctrico 25 kWh necesita 20 kg. De LCE. Realizando la conversión un auto eléctrico necesita 6 666.67 veces más LCE que un smartphone.

25 Información revisada el 30/05/2019.

26 Información revisada el 30/05/2019.

27 “Construcción de proyecto Falchani iniciaría en 2021”. Información disponible en <http://www.rumbominero.com/noticias/mineria/construccion-de-proyecto-falchani-iniciaria-el-2021/>

28 Información disponible en <https://www.ft.com/content/23235344-e3fe-11e8-a6e5-792428919cee>

29 Conformado por Argentina, Bolivia y Chile por las reservas que tienen del mineral.

30 “Lithium Price”. Información disponible en <https://www.metalaray.com/lithium-price/>

31 “Falchani: Lo que debes saber sobre el primer proyecto de litio peruano”. Información disponible en <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/falchani-debes-primer-proyecto-litio-peruano-noticia-538796>

32 Perú elabora marco regulatorio para explotar litio con apoyo de agencia de EEUU. Información disponible en <https://lta.reuters.com/articulo/idLTAKCN1S82E3>

## CAPÍTULO 13

1 La categoría de vehículos pequeños corresponde al segmento “B” (generalmente con espacio para cuatro adultos y un niño), mientras que los vehículos más grandes que los vehículos pequeños corresponden al segmento “C” (generalmente con espacio para cinco adultos).

2 Para el mismo año, la penetración del parque automotor en Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México fue de 316, 206, 120, 248 y 294, respectivamente. Fuente: BBVA (2018).

3 Este escenario considera la adopción de medidas de política para el fomento de los vehículos eléctricos, tales como un mayor impuesto a la energía proveniente de los combustibles fósiles, mayores estándares de emisión de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea para los nuevos vehículos de pasajeros y un sistema flexible.

4 “How Does a Lithium-ion Battery Work?”. Información disponible en <https://www.energy.gov/eere/articles/how-does-lithium-ion-battery-work>

5 El principal producto usado en los vehículos eléctricos es el alambre de cobre.

6 La demanda de vehículos eléctricos se encuentra liderada por Estados Unidos, China y los países europeos. donde el desarrollo de la electromovilidad en el país no es un factor importante.

7 Los datos procesados se encuentran disponibles en [http://infocar-bono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/Tabla-Excel\\_INGEI-2012-12-05-17.xlsx](http://infocar-bono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/Tabla-Excel_INGEI-2012-12-05-17.xlsx)



Automóvil eléctrico cargando. Foto: Shutterstock.



Bus eléctrico en Cracovia (Polonia). Foto: Shutterstock.

# BIBLIOGRAFÍA

Aber, J. (2016). *Electric Bus Analysis for New York City Transit*. Recuperado de <http://www.columbia.edu/~ja3041/Electric%20Bus%20Analysis%20for%20NYC%20Transit%20by%20J%20Aber%20Columbia%20University%20-%20May%202016.pdf>

Allen-Monge, J. (2011). TransMilenio Bogotá -Colombia (BRT). *Boletín Técnico*, 2(22). Recuperado de [http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/boletin\\_pitra\\_22\\_transmilenio.pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/boletin_pitra_22_transmilenio.pdf)

Altenburg, T., Schamp, E., y Chaudhary, A. (2016). The Emergence of Electromobility: Comparing Technological Pathways in France, Germany, China and India. *Science and Public Policy*, 43(4), 464-475. Recuperado de <https://academic.oup.com/spp/article/43/4/464/2514627>

Álvarez, E., y Ortiz, I. (2016). La transición energética en Alemania (Energiewende). *Documentos de Energía*, 15. Recuperado de [https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/cuadernos/La\\_transici%C3%B3n\\_energ%C3%A9tica\\_en\\_Alemania\\_Energiewende\\_-\\_Versi%C3%B3n\\_web.pdf](https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/cuadernos/La_transici%C3%B3n_energ%C3%A9tica_en_Alemania_Energiewende_-_Versi%C3%B3n_web.pdf)

Auverlot, D., Meilhan, N., Mesqui, B., y Pommeret, A. (2018). *Overview of Government Policies to Promote Ultra-Low Emission Vehicles*. Recuperado de [https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/note\\_de\\_synthese\\_-\\_vehicules\\_electriques\\_-\\_gb\\_0.pdf](https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/note_de_synthese_-_vehicules_electriques_-_gb_0.pdf)

Banco Mundial (1997). *Informe sobre el desarrollo mundial 1997: el Estado en un mundo en transformación*. Recuperado de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/701691468153541519/pdf/173000WDR0SPANISH0Box128708B00PUBLIC0.pdf>

Banco Mundial (2011). *The China New Energy Vehicles Program: Challenges and Opportunities*. Recuperado de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/333531468216944327/pdf/612590W-POPRTM01BOX358342B01PUBLIC11.pdf>

BBVA Research (2018). *Situación Automotriz 2018*, Colombia.

Recuperado de <https://www.bbva.com/publicaciones/situacion-automotriz-colombia-2018/>

Benavides, H., y León, G. (2007). *Información técnica sobre el cambio climático y los gases de efecto invernadero*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>

Bjerkan, K. Y., Nørbech, T. E., y Nordtømme, M. E. (2016). Incentives for Promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway. *Transportation Research Part D*, 43, 169-180. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/81173595.pdf>

BP plc. (2018). *BP Statistical Review of World Energy*. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>

BP plc. (2019). *BP Statistical Review of World Energy*. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

Bradley, D., Munk, L., Jochens, H., Hynek, S., y Labay, K. (2013). *A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines*. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/of/2013/1006/OF13-1006.pdf>

Bratzel, S. (2019, enero 16). *An International Comparison of Important Automotive Markets*. Recuperado de [http://autoinstitut.de/index\\_html\\_files/Press\\_Release\\_E-Mobility\\_2018\\_2019.pdf](http://autoinstitut.de/index_html_files/Press_Release_E-Mobility_2018_2019.pdf)

British Geological Survey (2016). *Lithium*. Recuperado de <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=3100>

Bureau of Economic Analysis (2019). *Gross Domestic Product by State, Fourth Quarter and Annual 2018*. Recuperado de [https://www.bea.gov/system/files/2019-04/qgdpsstate0519\\_4.pdf](https://www.bea.gov/system/files/2019-04/qgdpsstate0519_4.pdf)

Cambridge Econometrics (2018). *Low-Carbon Cars in Europe: A Socio-economic Assessment*. Recuperado de <https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2018/02/Fuelling-Europes-Future-2018-v1.0.pdf>

Castello, A., y Kloster, M. (2015). *Industrialización del litio y agregado de valor local: informe tecno-productivo*. Recuperado de <https://www.>

argentina.gob.ar/sites/default/files/est\_ind\_ciecti-analisis-tecno-productivo-de-cadena-de-valor-del-litio-.pdf

Cerro Verde (2018). *Oportunidad para la industria peruana del cobre con el desarrollo de la electromovilidad*. Council on Mining & Metals. Recuperado de <http://www.electrotransporte.com.pe/ponencias/ricardoarcequiroz.pdf>

Cheng, M., y Tong, M. (2017). Development Status and Trend of Electric Vehicles in China. *Chinese Journal of Electrical Engineering*, 3(2), 1-13. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8048407&tag=1>

Chiladakis, L., Crowfoot, W., y Winston, R. (2013). California's ZEV Action Plan. *World Electric Vehicle Journal*, 6. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2032-6653/6/4/1048/pdf>

ClimateWorks Australia (2018). *The State of Electric Vehicles in Australia*. Recuperado de [https://www.climateworksaustralia.org/sites/default/files/documents/publications/climateworks\\_australia\\_state\\_of\\_electric\\_vehicles2\\_june\\_2018.pdf](https://www.climateworksaustralia.org/sites/default/files/documents/publications/climateworks_australia_state_of_electric_vehicles2_june_2018.pdf)

Cochilco (2009). *Antecedentes para una política pública en minerales estratégicos: litio*. Recuperado de [https://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio\\_cochilco.PDF](https://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF)

Cochilco (2017). *Mercado internacional del litio y su potencial en Chile*. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Mercado%20internacional%20del%20litio%20y%20su%20potencial%20en%20Chile.pdf>

Commonwealth of Australia. (2019). *Report: Select Committee on Electric Vehicles*. Recuperado de [https://www.aph.gov.au/Parliamentary\\_Business/Committees/Senate/Electric\\_Vehicles/ElectricVehicles/Report](https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Electric_Vehicles/ElectricVehicles/Report)

Dammert, A., García, R., y Molinelli, A. (2008). *Regulación y supervisión del sector eléctrico*. Lima: Fondo Editorial PUCP. Recuperado de [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Libro\\_Regulacion\\_Supervision\\_del\\_Sector%20Electrico.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Regulacion_Supervision_del_Sector%20Electrico.pdf)

DelftX (2019a). *Electric Cars: Introduction*. Recuperado de <https://www.edx.org/course/electric-cars-introduction-0>

DelftX (2019b). *Electric Cars: Policy*. Recuperado de <https://www.edx.org/es/course/electric-cars-policy-1>

De Rus, G., Campos, J., y Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Antoni Bosch Editor, S.A. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/44846010\\_Economia\\_del\\_transporte\\_Gines\\_de\\_Rus\\_Javier\\_campos\\_Gustavo\\_Nombela](https://www.researchgate.net/publication/44846010_Economia_del_transporte_Gines_de_Rus_Javier_campos_Gustavo_Nombela)

Deutsche Bank (2016). *Industry Lithium 101*. Recuperado de <http://www.metalstech.net/wp-content/uploads/2016/07/17052016-Lithium-research-Deutsche-Bank.compressed.pdf>

EBP Chile. (2019). *Estudio de movilidad eléctrica en Chile*. Recuperado de <https://www.ebpchile.cl/es/pdf/generate/node/1553>

Economic Development Queensland (2018). *Electric Vehicle (EV) Charging Infrastructure*. Recuperado de <https://www.dsdmp.qld.gov.au/resources/guideline/pda/practice-note-electric-vehicle-charging.pdf>

Edwards, G., Viscidi, L., y Mojica, C. (2018). *Cargando el futuro: el crecimiento de los mercados de autos y autobuses eléctricos en las ciudades de América Latina*. Recuperado de <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2018/09/CARGANDO-EL-FUTURO-4.pdf>

Element Energy (2013, diciembre 17). *Pathways to High Penetration of Electric Vehicles – 2013*. Recuperado de [https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/CCC-EV-pathways\\_FINAL-REPORT\\_17-12-13-Final.pdf](https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/CCC-EV-pathways_FINAL-REPORT_17-12-13-Final.pdf)

EPA (1998). *NOX How Nitrogen Oxides Affect the Way We Live and Breathe*. Recuperado de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10006ZO.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995%20Thru%201999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField>

European Automobile Manufacturers Association (2011). *Overview on Tax Incentives for Electric Vehicles in the EU*. Recuperado el 29 de mayo de 2019 de [https://web.archive.org/web/20110927060852/http://www.acea.be/images/uploads/files/20110330\\_EV\\_tax\\_overview.pdf](https://web.archive.org/web/20110927060852/http://www.acea.be/images/uploads/files/20110330_EV_tax_overview.pdf)

European Automobile Manufacturers Association. (2019). *Electric Vehicles: Tax Benefits and Incentives in the EU*. Recuperado el 6 de junio

de 2019 de [https://www.acea.be/uploads/publications/Electric\\_vehicles-Tax\\_benefits\\_incentives\\_in\\_the\\_EU-2019.pdf](https://www.acea.be/uploads/publications/Electric_vehicles-Tax_benefits_incentives_in_the_EU-2019.pdf)

Figenbaum, E., y Kolbenstvedt, M. (2013). *Electromobility in Norway - Experiences and Opportunities with Electric Vehicles*. Recuperado de <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=33828>

Foley, A., Smyth, B., Murphy, J., y O'Gallachóir, B. (2011). *A Well-to-Wheel Analysis of Electric Vehicles and Greenhouse Gas Savings*. ITRN Conference 2011. University College Cork.

Folkson, R. (2014). *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance: Towards Zero Carbon Transportation*. Elsevier. Recuperado de <https://www.scribd.com/book/282661954/Alternative-Fuels-and-Advanced-Vehicle-Technologies-for-Improved-Environmental-Performance-Towards-Zero-Carbon-Transportation>

Fries, M., Kerler, M., Rohr, S., Shickram, S., Sinning, M., y Lienkamp, M. (2017). *An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels, Greenhouse Gas Emissions and Total Cost of Ownership Update 2017*. Recuperado de <https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2018/02/FRIES-MI-CHAE-AN-Overview-of-Costs-for-Vehicle-Components-Fuels-Greenhouse-Gas-Emissions-and-Total-Cost-of-Ownership-Update-2017-.pdf>

Fundación Transitemos (2018). *Transporte urbano Lima y Callao – 2018, informe de observancia de situación del transporte urbano*. Julio. Recuperado de <https://transitemos.org/download/situacion-del-transporte-informe-por-transitemos/?wpdmdl=4089&masterkey=5bd09ae5224bc>

Galarza, G., y López, G. (2016). *Movilidad eléctrica: oportunidades para Latinoamérica*. Recuperado de [http://www.pnuma.org/cambio\\_climatico/publicaciones/informe\\_movilidad\\_electrica.pdf](http://www.pnuma.org/cambio_climatico/publicaciones/informe_movilidad_electrica.pdf)

García Rodríguez, J. A., y Puerto Martín, A. (1986). *La contaminación atmosférica*. Salamanca: Centro de Edafología y Biología Aplicada. Recuperado de [https://www.ceresnet.com/ceresnet/eng/servicios/teleformacion/agroambiente/contaminacion\\_atmosferica.pdf](https://www.ceresnet.com/ceresnet/eng/servicios/teleformacion/agroambiente/contaminacion_atmosferica.pdf)

Geels, F. (2002). Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: a Multi-Level Perspective and a Case-Study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274. doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8

Gobierno del Estado de California (2012). *Executive Order B-16-2012 (ZEV Mandate)*. Recuperado de <http://altfueltoolkit.org/resource/executive-order-b-16-2012-zev-mandate/>

Gómez-Gélvez, J., Mojica, C., Kaul, V., e Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17165/la-incorporacion-de-los-vehiculos-electricos-en-america-latina>

Grupo de trabajo Interinstitucional sobre ZEV del Estado de California (2013). *ZEV Action Plan: A Roadmap Toward 1.5 Million Zero-Emission Vehicles on California Roadways by 2025*. Recuperado de [http://opr.ca.gov/docs/Governors\\_Office\\_ZEV\\_Action\\_Plan\\_\(02-13\).pdf](http://opr.ca.gov/docs/Governors_Office_ZEV_Action_Plan_(02-13).pdf)

Grupo de trabajo Interinstitucional sobre ZEV del Estado de California (2016). *ZEV Action Plan: An Updated Roadmap Toward 1.5 Million Zero-Emission Vehicles on California Roadways by 2025*. Recuperado de [https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2017/09/2016\\_ZEV\\_Action\\_Plan.pdf](https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2017/09/2016_ZEV_Action_Plan.pdf)

Grupo de trabajo Interinstitucional sobre ZEV del Estado de California (2018). *ZEV Action Plan: Priorities Update*. Recuperado de <http://business.ca.gov/Portals/0/ZEV/2018-ZEV-Action-Plan-Priorities-Update.pdf>

Hardman, S. (2019). Understanding The Impact of Reoccurring and Non-Financial Incentives on Plug-In Electric Vehicle Adoption – A Review. *Transportation Research Part A*, 119, 1-14. Recuperado de <https://phev.ucdavis.edu/wp-content/uploads/reoccurring-incentives-literature-review.pdf>

Hardman, S., Chandan, A., Tal, G., y Turrentine, T. (2017). The Effectiveness of Financial Purchase Incentives for Battery Electric Vehicles – A Review of the Evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1100-1111. Recuperado de <https://phev.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/09/purchase-incentives-literature-review.pdf>

HEV TCP (2005). Annual Report 2004: *Final Report for Phase 2*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2004\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2004_annual_report.pdf)

HEV TCP (2006). *Annual Report 2005: Hybrid and Electric Vehicles – Past - Present - Future*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2005\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2005_annual_report.pdf)

- HEV TCP (2007). *Annual Report 2006: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Takes Off*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2006\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2006_annual_report.pdf)
- HEV TCP (2008). *Annual Report 2007: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Gains Momentum*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2007\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2007_annual_report.pdf)
- HEV TCP (2009). *Annual Report 2008: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Establishes a Market Foothold*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2008\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2008_annual_report.pdf)
- HEV TCP (2010). *Annual Report 2009: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Advances*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2009\\_annual\\_report.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2009_annual_report.pdf)
- HEV TCP (2011). *Annual Report 2010: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Plugs In*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV\\_2010\\_annual\\_report\\_6MB.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV_2010_annual_report_6MB.pdf)
- HEV TCP (2012). *Annual Report 2011: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Captures the Imagination*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV\\_2011\\_annual\\_report\\_web.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV_2011_annual_report_web.pdf)
- HEV TCP (2013). *Annual Report 2012: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Gains Traction*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV\\_Annual\\_Report\\_May\\_2013\\_3MB.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV_Annual_Report_May_2013_3MB.pdf)
- HEV TCP (2014). *Annual Report 2013: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Accelerates*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV\\_2013\\_Annual\\_Report\(1\).pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/IA-HEV_2013_Annual_Report(1).pdf)
- HEV TCP (2015). *Annual Report 2014: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Delivers*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2015\\_WEB.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2015_WEB.pdf)
- HEV TCP (2016). *Annual Report 2015: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Commutes*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2016\\_IA-HEV\\_BOOK\\_web\\_\(1\).pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2016_IA-HEV_BOOK_web_(1).pdf)
- HEV TCP (2017). *Annual Report 2016: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Chauffeurs*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/HEV\\_TCP\\_Report2017-web.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/HEV_TCP_Report2017-web.pdf)
- HEV TCP (2018). *Annual Report 2017: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Automates*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/HEV\\_TCP\\_Report2018-web.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/HEV_TCP_Report2018-web.pdf)
- HEV TCP (2019). *Annual Report 2018: Hybrid and Electric Vehicles – The Electric Drive Hauls*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2019\\_WEB\\_New\\_\(8\).pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/Report2019_WEB_New_(8).pdf)
- Hinicio (2017, octubre 11). *Estudio de diagnóstico, evaluación, análisis y propuesta para apoyar con la NAMA de preparación del sector energético para la transformación hacia una matriz energética limpia a través del uso de transporte limpio en el Perú*. Recuperado de <http://namasenergia.minem.gob.pe/Content/fileman/Uploads/Images/menu-centroinformacion/Diagn%C3%B3stico%20NAMA%20Transporte%20Limpio.pdf>
- Hjorthol, R. (2013). *Attitudes, Ownership and Use of Electric Vehicles – a Review of Literature*. *TØI Report*, 1261. Recuperado de <https://www.toi.no/getfile.php/1332445/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2013/1261-2013/1261-summary.pdf>
- INEI (2015) Ucayali. *Indicadores demográficos, sociales, económicos y de gestión municipal 2008-2014*. Recuperado el 5 de junio de 2019 de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1245/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1245/Libro.pdf)
- International Council on Clean Transportation (2018). *China's New Energy Vehicle Mandate Policy (Final Rule)*. Recuperado de [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_China-NEV-mandate\\_policy-update\\_20180111.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_China-NEV-mandate_policy-update_20180111.pdf)
- International Energy Agency (2009). *Technology Roadmap. Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles*. Recuperado de [http://www.ieahev.org/assets/1/7/EV\\_PHEV\\_Roadmap.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/EV_PHEV_Roadmap.pdf)
- International Energy Agency (2018a). *Global EV Outlook 2018*. Recuperado de <https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/globalevoutlook2018.pdf>
- International Energy Agency (2018b). *Nordic EV Outlook 2018*. Recuperado de <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2018/05/NordicEVO Outlook2018.pdf>
- Instituto Peruano de Energía Nuclear (2018). *Industrialización de litio y agregado del valor local*. Conferencia Internacional Litio Perú 2018. Lima.
- Isla, L., Singla, M., Rodríguez, M., y Granada, I. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y El Caribe*. doi:10.18235/0001638
- Kah, M. (2018). *Electric Vehicle and Their Impact on Oil Demand: Why Forecasts Differ*. Recuperado de [https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/pictures/CGEP\\_Electric%20Vehicles%20and%20Their%20Impact%20on%20Oil%20Demand-Why%20Forecasts%20Differ.pdf](https://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/pictures/CGEP_Electric%20Vehicles%20and%20Their%20Impact%20on%20Oil%20Demand-Why%20Forecasts%20Differ.pdf)
- Kamiya, M., y Ramírez, C. (2004). *La industria automotriz: desarrollos en China e implicaciones para Latinoamérica*. Recuperado de <http://jefas.esan.edu.pe/index.php/jefas/article/view/162/153>
- KPMG (2019). *Global Automotive Executive Survey 2019*. Recuperado de [https://automotive-institute.kpmg.de/GAES2019/downloads/GAES-2019PressConferenceENG\\_FINAL.PDF](https://automotive-institute.kpmg.de/GAES2019/downloads/GAES-2019PressConferenceENG_FINAL.PDF)
- Lamberth-Cocca, S., y Friedrich, M. (2016). *Success With Electric Mobility. Case Studies of User-Friendly Services and Innovative Business Models*. Recuperado de [http://www.elektromobilitaet-dienstleistungen.de/wp-content/uploads/2016/08/Success-with-electric-mobility\\_Case-studies\\_2016.pdf](http://www.elektromobilitaet-dienstleistungen.de/wp-content/uploads/2016/08/Success-with-electric-mobility_Case-studies_2016.pdf)
- Linares, C., y Díaz, J. (2008). Las PM2.5 y su afección a la salud. *El Ecologista*, 46-49. Recuperado de [https://www.um.es/estructura/servicios/sprevencion/c-seguridad/documentos/EE\\_58\\_PM25.pdf](https://www.um.es/estructura/servicios/sprevencion/c-seguridad/documentos/EE_58_PM25.pdf)
- Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, C., y Hauge, E. (2017). *Charging Infrastructure Experiences in Norway - The Worlds Most Advanced EV Market*. EVS30 Symposium. Stuttgart. Recuperado de <https://wpstatic.idium.no/elbil.no/2016/08/EVS30-Charging-infrastructure-experiences-in-Norway-paper.pdf>
- Mañez, G., Bermúdez, E., y Araya, M. (2018). *Movilidad eléctrica: avances en América Latina y El Caribe y oportunidades para la colaboración regional*. Recuperado de <http://movelatam.org/wp-content/uploads/2019/01/MOVE-2018-Informe-regional-sobre-movilidad-electrica.pdf>
- Marchán, E., y Viscidi, L. (2016). *Transporte Verde: perspectivas para vehículos eléctricos en América Latina*. Recuperado de <http://www.the-dialogue.org/wp-content/uploads/2015/10/ID-Transporte-verde-Perspectivas-para-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>
- Mayer, S., y Vásquez, C. (2018). *Retos y oportunidades del litio hallado en Puno*. Recuperado de [https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r7839\\_2/informe%20especial.pdf](https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r7839_2/informe%20especial.pdf)
- Mercado, F. (1997). Contaminantes orgánicos volátiles. En: *Introducción a la toxicología ambiental* (pp. 299-313). Metepec: ECO. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-04a18.pdf>
- Mersky, A. C., Sprei, F., Samaras, C., y Qian, Z. (2016). Effectiveness of Incentives on Electric Vehicle Adoption in Norway. *Transportation Research Part D*, 46, 56-68. Recuperado de [https://mobility21.cmu.edu/wp-content/uploads/2018/08/2016\\_EV\\_TRD.pdf](https://mobility21.cmu.edu/wp-content/uploads/2018/08/2016_EV_TRD.pdf)
- Messagie, M., Boureima, F.-S., Coosemans, T., Macharis, C., y Van Mierlo, J. (2014, marzo 11). A Range-Based Vehicle Life Cycle Assessment Incorporating Variability in the Environmental Assessment of Different Vehicle Technologies and Fuels. *Energies*, 7(3), 1467-1482. doi:10.3390/en7031467
- Ministerio de Energía de Chile (2017). *Estrategia nacional de electromovilidad*. Recuperado de [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/2018/electromovilidad/estrategia\\_electromovilidad-27dic.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2018/electromovilidad/estrategia_electromovilidad-27dic.pdf)
- Monzon, D., Aztiria, M., y Stella, C. (2018). *Electric Mobility Impact on Downstream Oil Business*. Recuperado de [https://www.adlittle.at/sites/default/files/viewpoints/adl\\_electric\\_mobility\\_impact\\_on\\_downstream\\_oil\\_business-min.pdf](https://www.adlittle.at/sites/default/files/viewpoints/adl_electric_mobility_impact_on_downstream_oil_business-min.pdf)
- Municipalidad de San Isidro (2018, setiembre 20). *Resolución de Gerencia Municipal N° 205-2018-0200-GM/MSI*. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de <http://msi.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/09/RGM-2018-205.pdf>
- Nationale Plattform Elektromobilität. (2018). *Progress Report 2018 – Market Ramp-Up Phase*. Recuperado de [http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Publikationen/NPE\\_Progress\\_Report\\_2018.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Publikationen/NPE_Progress_Report_2018.pdf)
- Nealer, R., Reichmuth, D., y Anair, D. (2015). *Cleaner Cars from Cradle to Grave - How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global*

Warming Emissions. Recuperado de <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf>

NHTSA (2015). *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*. Recuperado de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>

Observatorio Tecnológico de la Energías (2012). *Mapa tecnológico movilidad eléctrica*. Recuperado de [https://www.academia.edu/30771813/Observatorio\\_Tecnol%C3%B3gico\\_de\\_la\\_Energ%C3%ADa\\_MAPA\\_TECNOL%C3%93GICO\\_MOVILIDAD\\_EL%C3%89CTRICA?auto=download](https://www.academia.edu/30771813/Observatorio_Tecnol%C3%B3gico_de_la_Energ%C3%ADa_MAPA_TECNOL%C3%93GICO_MOVILIDAD_EL%C3%89CTRICA?auto=download)

OEFA (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callao*. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19087](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19087)

OMS (2016). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Ginebra: WHO Document Production Service. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1>

OMS, y NHTSA. (2011). *Uso del celular al volante: un problema creciente de distracción del conductor*. Recuperado de [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/distracted\\_driving\\_pub/es/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/distracted_driving_pub/es/)

OSMAN (2016, julio 7). *Ruido y salud*. Recuperado de <http://www.osman.es/project/ruido-y-salud-2/>

Palmer, K., Tate, J., Wadud, Z., y Nellthorp, J. (2018). Total Cost of Ownership and Market Share for Hybrid and Electric Vehicles in the UK, US and Japan, *Applied Energy* 209, 108-119. Recuperado de <https://www.enrquedans.com/wp-content/uploads/2017/12/Total-cost-of-ownership-and-market-share-for-hybrid-and-electric-vehicles-in-the-UK-US-and-Japan.pdf>

Papa, E., y Lauwers, D. (2015). Mobility Governance in Smart Cities of the Future. En *Adaptive mobility: a new policy and research agenda on mobility in horizontal metropolis* (págs. 177-190). In-planning. doi:10.13140/RG.2.1.2233.1925

Peters, A., Doll, C., Plötz, P., Sauer, A., Schade, W., Thielmann, A.,... Zanker, C. (2012). *Electric Mobility Concepts and Their Significan-*

*ce for the Economy, Society and the Environment*. Recuperado de [http://www.tab-beim-bundestag.de/en/pdf/publications/summaries/TAB-Arbeitsbericht-ab153\\_Z.pdf](http://www.tab-beim-bundestag.de/en/pdf/publications/summaries/TAB-Arbeitsbericht-ab153_Z.pdf)

Plateau Energy Metals (2019). *Enabling the New Energy Paradigm*. Recuperado de [http://plateauenergymetals.com/wp-content/uploads/2019/04/PLU\\_Corp\\_Presentation\\_April\\_2019\\_FINAL.pdf](http://plateauenergymetals.com/wp-content/uploads/2019/04/PLU_Corp_Presentation_April_2019_FINAL.pdf)

Retzer, S., Huber, M., y Wagner, M. (2018). *The E-Mobility Race and China's Determination to Win*. Beijing: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Recuperado de <http://www.sustainabletransport.org/wp-content/uploads/2018/09/The-E-Mobility-Race-and-Chinas-Determination-to-Win-%E2%80%93-Measures-by-the-Chinese-government-to-accelerate-e-mobility-development.pdf>

Rieck, F. G., Machielsen, C., y Van Duin, R. (2017). *Automotive, the Future of Mobility*. EVS30 Symposium, (p. 1-14). Stuttgart. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/d791/a002aeb9d7c9c32f68b-481cb3d77cd57e802.pdf>

Riojas-Rodríguez, H., Da Silva, A., Texcalac-Sangrador, J., y Moreno-Banda, G. (2016). Air Pollution Management and Control in Latin America and the Caribbean: Implications for Climate Change. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 40(3), 150-159. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27991972>

Rodríguez, A., Zurita, V., Suclupe, P., Chávez, D., y Huancaya, C. (2019). *Reporte de análisis económico sectorial - minería, Año 8 - Número 10*. Recuperado de [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/RAES/RAES-Mineria-Enero-2019-GPAE-OS.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Mineria-Enero-2019-GPAE-OS.pdf)

SAE International (2014). *Automated Driving: Levels of Driving Automation Are Defined in New SAE International Standard J3016*. Recuperado de [https://www.smmmt.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/automated\\_driving.pdf](https://www.smmmt.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/automated_driving.pdf)

Salomon, I., y Mokhtarian, P. (1998, mayo 1). What Happens When Mobility-Inclined Market Segments Face Accessibility-Enhancing Policies? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(3), 129-140. doi:1361-9209/98

Schill, W.-P., y Gerbaulet, C. (2015). *Power System Impacts of Electric Vehicles in Germany: Charging with Coal or Renewables?*

Recuperado de [https://www.diw.de/documents/pocublikationen/73/diw\\_01.c.494890.de/dp1442.pdf](https://www.diw.de/documents/pocublikationen/73/diw_01.c.494890.de/dp1442.pdf)

Schulz, K.J., DeYoung, J.H., Seal, R., y Bradley, D. (Eds.). (2018). *Critical Mineral Resources of the United States: Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*. Geological Survey. doi:10.3133/pp1802

Slowik, P., Araujo, C., Dallman, T., y Façanha, C. (2018). *International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets*. Recuperado de <https://www.theicct.org/publications/international-evaluation-public-policies-electromobility-urban-fleets>

Tal, G., y Nicholas, M. (2016). *Exploring the Impact of the Federal Tax Credit on the Plug-In Vehicle Market*. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2572-11>

Tamayo, R. (2011). *Potencial de las energías renovables en el Perú*. Recuperado de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/SeminarioIntEFERP/Miercoles%205.10.2011/3.%20Potencial%20de%20Energias%20Renovables%20DGE-%20Roberto%20Tamayo.pdf>

Theng, C. (2018). Lithium: Boom or Bubble? Projected Demand Sends Prices Skyrocketing. *Minning Engineering*, February, 34-36.

The Mineral Corporation (2019). *Mineral Resource Estimates for the Fachani Lithium Project in the Puno District of Peru*. Recuperado de <https://www.sedar.com/CheckCode.do>

Transport & Environment (2017). *Electrofuels What Role in EU Transport Decarbonisation?* Recuperado de [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2017\\_11\\_Briefing\\_electrofuels\\_final.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2017_11_Briefing_electrofuels_final.pdf)

Trip, J. J., Lima, J., y Bakker, S. (2012, agosto 31). *Electric Mobility Policies in the North Sea Region Countries*. Recuperado de [http://e-mobility-nsr.eu/fileadmin/user\\_upload/downloads/info-pool/3.3\\_-\\_E-mobility\\_policies\\_in\\_the\\_NSR\\_countries.pdf.pdf](http://e-mobility-nsr.eu/fileadmin/user_upload/downloads/info-pool/3.3_-_E-mobility_policies_in_the_NSR_countries.pdf.pdf)

Under2 Coalition (2019). *Queensland's Electric Super Highway*. Recuperado de [https://www.under2coalition.org/sites/default/files/queensland\\_electric\\_super\\_highway\\_case\\_study\\_under2\\_coalition.pdf](https://www.under2coalition.org/sites/default/files/queensland_electric_super_highway_case_study_under2_coalition.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética (2018). *Caracterización y*

*análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035*. Recuperado de [http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3\\_Litio\\_FINAL\\_11Dic2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf)

United States Census Bureau (2017). *Estimaciones anuales de la población residente en los Estados Unidos*. Recuperado de <https://www2.census.gov/programs-surveys/popest/tables/2010-2018/state/totals/nst-est2018-01.xlsx>

USGS (2001). *Mineral Commodity Summaries 2001*. Recuperado de <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>

USGS (2011). *Mineral Commodity Summaries 2011*. Recuperado de <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>

USGS (2019). *Mineral Commodity Summaries 2019*. Recuperado de <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>

Vargas, M. (2018, mayo 11). Parque automotor y contaminación fueron claves en alza del ISC. *Gestión*, p. 5.

Viana, M. D. (2003). *Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores norte y este de la Península Ibérica y Canarias*. Barcelona: Universidad de Barcelona, Ed. CSIC. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10261/27476>

World Economic Forum (2018). *Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility*. Recuperado de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_2018\\_%20Electric\\_For\\_Smarter\\_Cities.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf)

Zhang, L., y Li, Y. (2017). Regime-switching Based Vehicle-to-Building Operation Against Electricity Price Spikes. *Energy Economics*, 66, 1-8.



Recarga de vehículo eléctrico. Foto: Shutterstock.

# GLOSARIO

APED	Acción para la Conducción Eléctrica
APP	Asociación Público Privada
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BPM	Belasting van personenauto's en motorrijwielen
BRT	Bus Rapid Transit
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
CEO	Chief Executive Officer
CFC	Clorofluorocarburos
CH <sub>4</sub>	Metano
CIN	Consejo de Investigación de Noruega
Cl	Cloro
cm	Centímetro
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COHb	Carboxihemoglobina
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CTP	Costo total de propiedad
dB	Decibel
EPA	Environmental Protection Agency
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EVSE	Equipo de suministro del vehículo eléctrico
F	Flúor
g	Gramo
gCO <sub>2</sub> /km	Gramos de CO <sub>2</sub> por kilómetro
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
GEI	Gases de efecto invernadero

GLP	Gas licuado de petróleo
GNC	Gas natural comprimido
GNL	Gas natural licuado
GNV	Gas natural vehicular
GPAE	Gerencia de Políticas y Análisis Económico
H	Hidrógeno
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrógeno
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
HCl	Cloruro de hidrógeno
HF	Ácido fluorhídrico
HTAS	High Tech Automotive Systems Programme
Hz	Hertz
I+D	Investigación y desarrollo
IEA	International Energy Agency
ISC	Impuesto Selectivo al Consumo
IVA	Impuesto al Valor Agregado
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km/h	Kilómetros por hora
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora
LCE	Carbonato de litio equivalente
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
Minem	Ministerio de Energía y Minas
MIA	Environmental Investment Rebate
Minam	Ministerio del Ambiente
MMUSD	Millones de dólares estadounidenses
MPGe	Millas por galón equivalente
MRB	Motorrijtuigenbelasting/Impuestos de circulación
MSI	Municipalidad de San Isidro
NAMA	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación
NDRC	National Development and Reform Commission (China)

NHTSA	Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras
NiMH	Niquel metal hidruro
NKL	Nationaal Kennisplatform Laadinfrastructuur
NO	Óxido nítrico
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno / Óxido nitroso
NO <sub>3</sub>	Trióxido de nitrógeno
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
O <sub>3</sub>	Ozono troposférico
ODM	Objetivos del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organismo no gubernamental
OPC	Operador de Puntos de Carga
Osman	Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía
PAI Proure	Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía
PAN	Nitratos de peroxiacilo
PM	Particulate Matter
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PwC	Price Waterhouse Coopers
RER	Recurso energético renovable
RNV	Reglamento Nacional de Vehículos
RUNT	Registro Único Nacional de Tránsito
Simit	Sistema Integrado de Información sobre Multas y Sanciones por Infracciones de Tránsito
SITP	Sistema Integrado de Transporte Público
SMS	Short Message Service
SNTT	Sistema Nacional de Transporte Terrestre
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SO <sub>3</sub>	Trióxido de azufre
SOAT	Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito
SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
SPA	Sistema de Pedaleo Asistido
SVE	Sociedad de Vehículos Eléctricos (Francia)

TM	Tonelada métrica
TOE	Tonelada de petróleo equivalente (por sus siglas en inglés)
TTW	Tank-to-Wheel
UE	Unión Europea
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
USD	Dólar estadounidense
V2B	Vehicle-to-Building
V2G	Vehicle-to-Grid
V2H	Vehicle-to-Home
V2L	Vehicle-to-Load
Vamil	Arbitrary Depreciation of Environmental Investment
VAN	Valor Actual Neto
VAO	Vehículos de alta ocupación
VE	Vehículo eléctrico
VEB	Vehículo eléctrico de batería
VECC	Vehículo eléctrico de celda de combustible (ver VEPC)
VEH	Vehículo eléctrico híbrido
VEHE	Vehículo eléctrico híbrido enchufable
VEPC	Vehículo eléctrico con pila de combustible
VH	Vehículo eléctrico a hidrógeno
VMCI	Vehículos de motor de combustión interna
WTT	Well-to-Tank
WTW	Well-to-Wheel
ZUA	Zonas urbanas ambientales



Recarga de automóvil eléctrico (Turquía). Foto: Shutterstock.



Sede principal de Osinergrmin. Foto: Osinergrmin.

# Semblanza

## Alta Dirección de Osinergrmin

Continuando con la política institucional de generar y difundir conocimiento relevante para las políticas públicas en los sectores bajo su ámbito de competencia, Osinergrmin pone a disposición de los diferentes grupos de interés una serie de libros sobre los avances y retos que enfrenta nuestro país en los sectores de energía y minería. Para lograrlo, los libros se redactaron pensando no solo en investigadores, profesionales interesados en los sectores minero-energéticos y servidores públicos, sino también en la ciudadanía en general, por lo cual se utilizó un lenguaje sencillo, didáctico, ilustrativo y accesible.

El libro **Electromovilidad. Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú** presenta conceptos teóricos y de política pública relacionados a la electrificación del transporte, que es una industria con poco desarrollo en nuestro país, pero con gran potencial. Mediante la revisión de experiencias internacionales, se obtienen algunas lecciones aprendidas y se propone una agenda pendiente para el Perú. Con ello, esperamos contribuir al debate de las políticas públicas que se requieren para lograr un país con un transporte eficiente, moderno, organizado, seguro y menos contaminante, en beneficio de todos los peruanos y de las generaciones futuras. Presentamos aquí una semblanza de la Alta Dirección de Osinergrmin, la cual hizo posible la realización de esta serie de libros.

## CONSEJO DIRECTIVO

### Daniel Schmerler Vainstein



#### Editor del Libro

Daniel Schmerler Vainstein es Presidente del Consejo Directivo de Osinergrmin desde el 9 de julio de 2017. Ha sido Secretario Técnico de los Órganos Resolutivos en Osinergrmin, responsable de brindar apoyo técnico a todos los órganos resolutivos de este organismo regulador: Cuerpos Colegiados de Solución de Controversias, Tribunal de Solución de Controversias, Junta de Apelaciones de Reclamos de Usuarios, así como del Tribunal de Apelaciones de Sanciones en Temas de Energía y Minería; asimismo, ha sido Secretario Técnico de la Comisión de Procedimientos Concursales del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi), Miembro de la Comisión de Procedimientos Concursales del Indecopi en Lima Norte (desde marzo de 2010 hasta abril de 2014), Vocal de la Sala Especializada en Procedimientos Concursales del Tribunal de Indecopi (desde abril de 2014 hasta abril de 2019), la cual además presidió (entre los años 2015 y 2016), siendo adicionalmente Presidente de la Sala Plena del Tribunal del Indecopi (que reunía a 20 Vocales de cuatro Salas que conformaban dicho tribunal, entre los años 2015 y 2016). Asimismo, ha sido Presidente de la Asociación Iberoamericana de Entidades Reguladoras de la Energía (Ariae), que agrupa a 27 entidades reguladoras de todos los países de habla hispana de América, así como a Brasil, España y Portugal, y es actualmente Presidente de la Confederación Internacional de Reguladores de la Energía (ICER), que reúne a cerca de 200 organismos reguladores de energía de los cinco continentes. Es abogado graduado de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y cuenta con estudios culminados de la Maestría en Derecho con mención en Propiedad Intelectual y Competencia de la misma casa de estudios.

### Fénix Suto Fujita



Fénix Suto Fujita es Miembro del Consejo Directivo de Osinergrmin. Ha asumido cargos en la administración pública como asesor financiero de la Dirección General de Concesiones en Transportes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), asesor de Gabinete en el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y Economista de la Gerencia de Supervisión en el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositran). Ha realizado consultorías en temas económicos, financieros y regulatorios, tanto para entidades públicas como privadas. En el ámbito académico, es profesor de Finanzas en programas de posgrado de ESAN. Es licenciado en Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y MBA de ESAN, con especialización en Finanzas.

### Antonio Miguel Angulo Zambrano



Antonio Miguel Angulo Zambrano es Miembro del Consejo Directivo de Osinergrmin. Actualmente se desempeña también como Gerente de Asuntos Legales y Regulación en Sedapal S.A. Ha asumido cargos en la administración pública como Asesor del Secretario Técnico y Director de Administración del Fondo en la Secretaría Técnica de la Comisión Ad Hoc creada por la Ley N° 29625 (Fonavi) en el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), donde también se desempeñó como Asesor de la Secretaría General y, luego, en el Gabinete de Asesores del Despacho Ministerial. Asimismo, fue Asesor Legal en la Dirección General de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas (Minem); Coordinador Legal de la Dirección Ejecutiva de Proinversión y Jefe de la Oficina Legal no Laboral en Electrolima. En el sector privado se ha desempeñado como abogado especialista en Regulación Tarifaria en la Subgerencia de Planeamiento y Regulación de Luz del Sur S.A.A., ocupando también el cargo de Subgerente de Regulación y Contratos en la Asesoría Legal de la Gerencia General de la misma empresa. Es abogado titulado por la Universidad San Martín de Porres, Máster en Derecho Empresarial por la Universidad de Lima y especialista en Instituciones y Regulación de Servicios Públicos por la Pontificia Universidad Católica del Perú.



### Richard Alberto Navarro Rodríguez

Richard Alberto Navarro Rodríguez es Miembro del Consejo Directivo de Osinermin. Se ha desempeñado como Funcionario Senior en la Contraloría General de la República del Perú, ha sido Superintendente de Generación y Transmisión en Pluspetrol, Gerente de Proyectos de Transmisión en el Grupo Endesa, Gerente de Distribución en Coelvisac y ejerció diversas jefaturas de departamento en Luz del Sur SAC y Edecañete. Fue profesor en las Facultades de Ingeniería de la Universidad Privada de Trujillo, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y Universidad Nacional del Callao. Richard Alberto Navarro Rodríguez es ingeniero electricista por la Universidad Nacional del Callao, Doctor (C) en Ciencias con mención en Energética por la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, Magíster en Administración y Negocios (MBA) con mención en Finanzas de ESAN, cuenta con estudios de maestría en Economía y Regulación de Servicios Públicos por la PUCP.



### Aurelio Ochoa Alencastre

Aurelio Ochoa Alencastre es miembro del Consejo Directivo de Osinermin. Ha sido Presidente de Perúpetro, Director de Petroperú, Director General de Hidrocarburos, Presidente o miembro de los Cuerpos Colegiados de Solución de Controversias de Osinermin, asesor de la Presidencia de Electroperú, de la Comisión de Energía y Minas del Congreso de la República, geólogo minero del hoy Ingemmet, consultor de las Naciones Unidas (Programa UNCTAD-COMPAL, Ginebra). En el sector privado, fue gerente de Energie Consult, y director de Empresa Eléctrica de Piura S.A. Actualmente es miembro del Consejo Directivo de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (Sunedu). Ha sido docente en la Academia Diplomática del Perú, en Olade (Organización Latinoamericana de Energía-Quito) y en Osinermin (cursos anuales en Energía); profesor en las universidades San Marcos, Ingeniería, Católica, Mariana (Colombia) y Central (Ecuador). Es ingeniero geólogo de la UNMSM; Doctorado y DEA en Geología y Mineralogía por la Universidad de Lyon I; DEA en Economía de la Energía por el IFP (Instituto Francés del Petróleo); con estudios concluidos de Administración de Empresas, Universidad de Lyon III, y del Doctorado en Economía y Gestión, Universidad de París 2.



### César Sánchez Modena

César Antonio Sánchez Modena es miembro del Consejo Directivo de Osinermin. Ha sido vicepresidente y miembro del Consejo Directivo del Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositran), coordinador general del proyecto del Banco Mundial en el sector Justicia, especialista del Ministerio de Economía y Finanzas en proyectos y coordinador del Programa para la Implementación del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). Fue gerente general de Invertir Consultores Asociados, funcionario de Southern Perú Limited y de SGS del Perú. Actualmente es consultor en organizaciones públicas y privadas. En el ámbito académico, se desempeñó como director académico y docente en la Escuela de Posgrado de la Universidad del Pacífico, y como docente a tiempo parcial a nivel de posgrado en la Universidad de Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Escuela de Negocios San Francisco Javier (SFX), Escuela Nacional de Administración Pública (ENAP), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y en la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL). César Antonio Sánchez Modena es Magíster en Economía de Georgetown University (Master of Arts in Economics), magíster en Administración de la Universidad del Pacífico e ingeniero industrial de la Universidad de Lima.

## ALTA GERENCIA

### José Carlos Velarde Sacio



#### Editor del Libro

José Carlos Velarde Sacio es Gerente General de Osinermin. Actualmente es miembro de la Comisión de Barreras Burocráticas de Indecopi. Ha sido miembro del Cuerpo Colegiado y del Tribunal de Solución de Controversias de Osinermin. Es docente en la Universidad del Pacífico en el curso de especialización en asociaciones público privadas. Trabajó seis años en Indecopi en temas de competencia y comercio internacional; cinco años en el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositran), alcanzando el cargo de Jefe de Regulación Tarifaria; y cinco años en la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) como Gerente de Políticas y Normas y Gerente de Regulación Tarifaria. Ha sido docente de teoría de la regulación en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y de la maestría de finanzas de la Universidad Nacional de Ingeniería. También ha sido docente de teoría de acceso, *dumping* y subsidios, WACC para empresas reguladas, lecciones aprendidas de APP y teoría de subastas en los cursos de extensión universitaria de Indecopi, Ositran, Sunass y Osiptel. José Carlos Velarde Sacio es economista por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), con maestría en regulación de servicios públicos de la misma casa de estudios.

### Abel Rodríguez González



#### Editor General en Jefe del Libro

Abel Rodríguez González es Gerente de Políticas y Análisis Económico de Osinermin. Asimismo, forma parte del Cuerpo Colegiado Permanente de Osiptel y es docente en la Universidad del Pacífico y en la Pontificia Universidad Católica del Perú. En el Perú, ha trabajado desde hace más de 15 años como consultor independiente, especializado en industrias reguladas y gestión pública, para empresas privadas, organismos multilaterales, así como para Osiptel, Indecopi, Ositran, Sunass y ProInversión. Entre sus trabajos se encuentran la elaboración estudios de competencia, estudios de demanda, propuestas tarifarias, mecanismos de acceso a facilidades esenciales y opinión en contratos de asociación público privada. Abel Rodríguez González es Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad de Valladolid (España), Master en Economía Industrial por la Universidad Carlos III de Madrid (España) y Master of Science in Public Policy and Management por la Universidad Carnegie Mellon (Estados Unidos de América).

# Redactores

## I. MARCO CONCEPTUAL

Capítulo 1: Conceptos preliminares	Ben Solís Sosa
Capítulo 2: Tecnología automotriz	Ben Solís Sosa
Capítulo 3: Contaminación atmosférica	José Emilio Chicasaca Huamaní Beremiz Rojas Morán

## II. BENEFICIOS Y RETOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD

Capítulo 4: Beneficios de la electromovilidad	Ernesto Guevara Ccama
Capítulo 5: Retos de la electromovilidad	Ernesto Guevara Ccama

## III. POLÍTICA PÚBLICA Y EXPERIENCIAS EN ELECTROMOVILIDAD

Capítulo 6: Políticas para la promoción de la electromovilidad	Ernesto Guevara Ccama
Capítulo 7: Estado de la electromovilidad en el mundo	Juan José Morante Montenegro
Capítulo 8: Experiencia internacional en electromovilidad	
Sub-capítulo 8.1: Noruega	Francisco Coello Jaramillo
Sub-capítulo 8.2: Países Bajos	Francisco Coello Jaramillo
Sub-capítulo 8.3: Francia	Francisco Coello Jaramillo
Sub-capítulo 8.4: Alemania	José Emilio Chicasaca Huamaní
Sub-capítulo 8.5: Estados Unidos (California)	Juan José Morante Montenegro
Sub-capítulo 8.6: Colombia	Melissa Llerena Pralongo
Sub-capítulo 8.7: Chile	Melissa Llerena Pralongo
Sub-capítulo 8.8: México	Juan José Morante Montenegro

Sub-capítulo 8.9: Australia	Melissa Llerena Pralongo
Sub-capítulo 8.10: China	Darha Chávez Vásquez Gerald Lozano Ruíz

## IV. ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA ELECTROMOVILIDAD EN EL PERÚ

Capítulo 9: Noticias de electromovilidad en el Perú	Beremiz Rojas Morán Jonathan Vilela Pablo
Capítulo 10: Medidas adoptadas por el Perú	Beremiz Rojas Morán
Capítulo 11: Potencialidad para el transporte público	José Emilio Chicasaca Huamaní Joel Uzuriaga Fabian
Capítulo 12: Potencialidad para el país: litio y electromovilidad	Darha Chávez Vásquez Gerald Lozano Ruíz
Capítulo 13: Impacto de la electromovilidad en el bienestar social	David Terreros Ingaruca

## V. HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE ELECTROMOVILIDAD

Capítulo 14: Lecciones aprendidas	Ben Solís Sosa
Capítulo 15: Agenda pendiente	Ben Solís Sosa





Vehículo eléctrico conectado a electrolinera (España). Foto: Shutterstock.







Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar, Lima 17

Teléfono: 219 3400 anexo 1057

[www.osinergmin.gob.pe](http://www.osinergmin.gob.pe)

