



**REVISIÓN DE LAS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES SOBRE EL IMPACTO DE LA
ENTRADA DE AUTOS ELÉCTRICOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES
LÍQUIDOS Y LAS POTENCIALES NECESIDADES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS EN LA
REGULACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Bogotá, D.C., 2019.

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Carrera 1ª Este N° 19A-40, Bogotá, Colombia
Tel.: (571) 3394949 Ext. 3023, Fax: (571) 3324316

El presente documento consolida los productos 1, 2 y 3 entregados por el consultor.

1. Producto 1: Características de la nueva fuente de demanda de energía eléctrica (Ver Contenido 1)
2. Producto 2: Características de la demanda de combustibles líquidos que ha sido desplazada ante la electrificación del transporte público y privado (Ver Contenido 2)
3. Producto 3: Fortalezas y las debilidades de la regulación actual para el servicio de energía eléctrica y la distribución de combustibles líquidos para la entrada de las electrolinerías (Ver Contenido 3)

Producto 1: Características de la nueva fuente de demanda de energía eléctrica

Contenido 1

1	Resumen ejecutivo	9
1.1	Revisión de experiencias	9
1.2	Indicadores y masificación	11
2	Introducción y objetivos	14
2.1	Objetivo	14
2.2	Actividades	14
2.3	Tipos de Cargadores	15
2.3.1	Conectores asociados a cargadores	17
2.4	Comportamiento de vehículos en pendientes y diferentes temperaturas ambientales	18
2.5	Tiempos de carga, autonomía y rendimiento de vehículos eléctricos	20
3	Experiencia de desarrollo de EV (Síntesis)	22
4	Brasil	26
4.1	Elementos de política pública	26
4.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	26
4.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	26
4.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	26
4.2	Elementos regulatorios y normativos	27
4.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	27
4.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	27
4.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	27
4.3	Requerimientos técnicos	27
4.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	27
4.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	28
4.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	28
4.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	29
5	Canadá	30

5.1	Elementos de política pública	30
5.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	30
5.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	30
5.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	31
5.2	Elementos regulatorios y normativos	32
5.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	32
5.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	32
5.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	32
5.3	Requerimientos técnicos	32
5.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	32
5.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	32
5.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	32
5.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	33
6	Chile	35
6.1	Elementos de política pública	35
6.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	35
6.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	35
6.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	36
6.2	Elementos regulatorios y normativos	36
6.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	36
6.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	37
6.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	37
6.3	Requerimientos técnicos	38
6.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	38
6.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	39
6.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	39
6.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	40
7	Costa Rica	41
7.1	Elementos de política pública	41

7.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	41
7.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	42
7.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	43
7.2	Elementos regulatorios y normativos	46
7.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	46
7.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	47
7.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	48
7.3	Requerimientos técnicos	48
7.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	48
7.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	50
7.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	50
7.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	52
8	EE. UU. (California)	53
8.1	Elementos de política pública	53
8.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	53
8.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	54
8.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	54
8.2	Elementos regulatorios y normativos	55
8.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	55
8.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	56
8.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	56
8.3	Requerimientos técnicos	58
8.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	58
8.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	60
8.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	60
8.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	61
9	Holanda	62
9.1	Elementos de política pública	62
9.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	62

9.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	63
9.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	63
9.2	Elementos regulatorios y normativos	64
9.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	64
9.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	64
9.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	66
9.3	Requerimientos técnicos	66
9.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	66
9.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	66
9.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	66
9.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	68
10	Japón	69
10.1	Elementos de política pública	69
10.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	69
10.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	70
10.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	71
10.2	Elementos regulatorios y normativos	71
10.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	71
10.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	73
10.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	73
10.3	Requerimientos técnicos	74
10.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	74
10.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	76
10.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	76
10.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	77
11	México	78
11.1	Elementos de política pública	78
11.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	78
11.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	78

11.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	79
11.2	Elementos regulatorios y normativos	79
11.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	80
11.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	80
11.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	80
11.3	Requerimientos técnicos	80
11.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	80
11.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	81
11.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	81
11.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	81
12	Noruega	83
12.1	Elementos de política pública	83
12.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	83
12.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	84
12.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	84
12.2	Elementos regulatorios y normativos	85
12.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	85
12.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	86
12.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	86
12.3	Requerimientos técnicos	87
12.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	87
12.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	89
12.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	89
12.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	90
13	Reino Unido	91
13.1	Elementos de política pública	91
13.1.1	Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)	91
13.1.2	Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)	91
13.1.3	Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)	92

13.2	Elementos regulatorios y normativos	93
13.2.1	Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)	93
13.2.2	Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)	93
13.2.3	Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)	94
13.3	Requerimientos técnicos	95
13.3.1	Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)	95
13.4	Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada	96
13.4.1	Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)	96
13.4.2	Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo	97
14	<i>Sobre la masificación del uso de los EV (Numeral IV, Producto 1)</i>	98
15	<i>Propuesta de escenarios para la electrificación del transporte</i>	100
15.1	Escenario 1 – “Crecimiento Verde”	100
15.2	Escenario 2 – “Quiebre Tecnológico”	101
15.3	Escenario 3 – “Control de tasa de crecimiento de motos”	103
16	<i>Referencias</i>	107

1 Resumen ejecutivo

El presente informe hace una reseña sobre las condiciones de desarrollo de la electromovilidad a partir de una muestra de experiencias internacionales recopiladas para diez países que son: Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, EEUU (California), Holanda, Japón, México, Noruega y el Reino Unido. Para este ejercicio se busca identificar elementos de política pública, esquemas comerciales, desarrollo de infraestructura de carga y de estándares/normativas en los diferentes países que permitan identificar elementos clave para facilitar el despliegue masivo de la electromovilidad en el país. Asimismo, se propone un conjunto de indicadores asociados a la electromovilidad y cómo, a partir de ellos, se puede tratar el concepto de masificación de esta modalidad de transporte. Finalmente, se formulan tres escenarios para el desarrollo de la electromovilidad y su requerimiento energético en el caso nacional con un horizonte de 15 años.

1.1 Revisión de experiencias

Las siguientes infografías resumen lo observado en términos de desarrollo de electromovilidad para los diez países bajo análisis. En la Figura 1 se muestran los elementos de política pública considerados para su promoción y despliegue, en lo que sobresale que 8 de los 10 países estudiados hicieron uso de incentivos tributarios para su despliegue, por otro lado, dos casos aplican al concepto de reembolsos para su promoción. También se consideran otros incentivos tales como uso de parqueadero gratis, entre otros. Eso sí, es importante destacar para todos los casos, se trata de esfuerzos de múltiples instituciones del Estado en cooperación con el sector privado.

Elementos de Política Pública



Figura 1. Síntesis de elementos de política pública.

En la Figura 2 se muestran los esquemas comerciales identificados por concepto de carga de un vehículo eléctrico (EV por sus siglas en inglés), estos esquemas varían según el tipo de infraestructura de carga, bien sea desde carga domiciliar asociada a tarifa hasta uso de cargadores rápidos sujetos de cuadros de precios propios cuyo origen se vincula a la estrategia

comercial definida entre operadores de estaciones de combustible y proveedores de la tecnología.

Esquemas comerciales



Figura 2. Esquemas comerciales identificados.

La Figura 3 trata sobre los esquemas implementados para el despliegue de la infraestructura de carga asociada, por lo que primero se discrimina si es únicamente una tarea del Estado o también se conviene la participación del sector privado. En resumen, en este caso prevalecen las asociaciones público privadas, en las que, por ejemplo, el desarrollo a nivel carreteras es responsabilidad del Estado y en las ciudades privado, o planes completamente centralizados en los que el Estado define una estrategia de desarrollo de estaciones de carga. También hay otras experiencias como corredores especiales, subsidios al desarrollo de estaciones de carga, etc. Se destaca la prevalencia del estándar IEC 61851 como base de los desarrollos normativos, pero también resaltando que cada país también ha definido o prevé definir procedimientos específicos y estándares asociados a ello.

Despliegue de Infraestructura

— Participación



— Mecanismos de Implementación

- Corredores estratégicos
- Compromisos operadores de red y distribuidores de combustible
- Planes centralizados de ubicación de estaciones de carga
- Priorización de ciudades (contaminación y crecimiento de parque vehicular)
- Desarrollo de estaciones

— Estándares técnicos

IEC 61851 International Standard for Electric Vehicle conductive Charging Systems

— Conectores

- Cargadores tipo 1: NEMA 5-15
- Cargadores tipo 2: SAE J 1772, Type 2
- Cargadores tipo 3: CHAdeMO, SAE Combo CCS

Figura 3. Despliegue de infraestructura.

1.2 Indicadores y masificación

Es también importante mencionar, que la experiencia internacional evidencia de manera clara que a pesar de ser una temática de alto interés, y alto valor en lo que respecta a autonomía energética y mitigación del cambio climático, todavía continúa siendo un fenómeno incipiente, los indicadores elaborados así lo confirman, tal como se ilustra en la siguiente tabla

Tabla I. Indicadores de desarrollo e impacto de la electromovilidad.

País	EV/IC	EC/EV (Ecv)	Capacidad instalada PC/total país generación	Demanda energética vehículos/demanda país(MWh-año)
Brasil	0,01%	0,03	0,001%	0,003%
Canadá	0,23%	0,10	0,100%	0,100%
Chile	0,01%	0,22	0,014%	0,001%
Costa Rica	0,04%	0,27	1,384%	0,001%
Estados Unidos (California)	0,36%	0,29	0,089%	0,043%
Holanda	2,17%	0,19	1,060%	0,999%
Japón	0,15%	0,26	1,160%	0,005%
México	0,01%	0,68	0,020%	[0.3319%, 1.5212%]
Noruega	8,30%	0,05	0,300%	[0.3019%, 1.3839%]
Reino Unido	0,58%	0,09	0,210%	[0.0809%, 0.3707%]

De acuerdo con lo anterior, los indicadores indican lo siguiente:

- EV/IC → participación del parque vehicular eléctrico sobre el parque vehicular a combustión interna (IC).
- EC/EV → número de estaciones de carga por vehículo eléctrico. Un valor 1 de este indicador mostraría que se tiene una estación de carga por EV, o por ejemplo, un valor de 0,10 resulta indicar que se tienen 10 EV por estación de carga.
- Capacidad instalada PC/ Total país generación: relación entre la suma de las potencias instaladas en las estaciones de carga sobre la capacidad instalada del parque de generación Energía anual vehículos/ demanda de energía país (anual): participación de la demanda de energía eléctrica demandada por los EV respecto del consumo eléctrico del país.

Respecto de la masificación, se analiza cómo evoluciona la infraestructura de carga versus el crecimiento del parque EV. La Figura 4 muestra que la tendencia a masificar apuntaría a la esquina superior derecha, mayor número de estaciones de carga por EV, y mayor participación de EV en el parque vehicular. En ese sentido, la flecha indica cual debería ser la trayectoria para alcanzar la masificación, buscando un equilibrio entre el desarrollo de infraestructura y la tasa de participación de los EV en el parque vehicular.

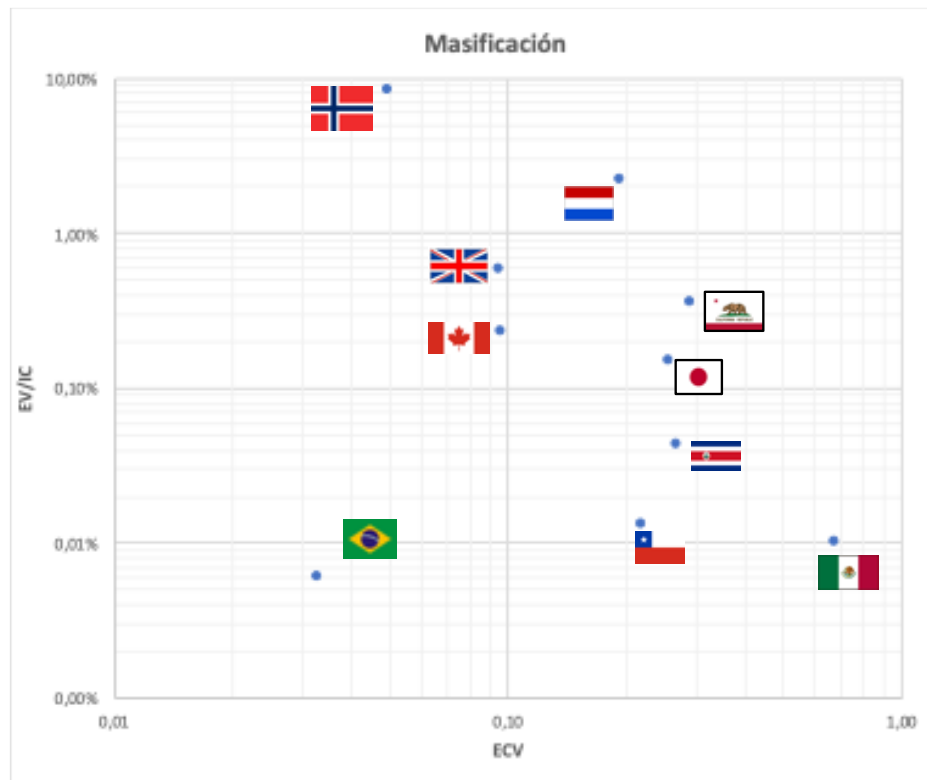


Figura 4. Trayectoria para masificación y estado actual de los países en estudio.

Adicionalmente, para el caso colombiano se proponen 3 escenarios de crecimiento del parque vehicular y se analiza su impacto en cuanto a la demanda eléctrica. El número de vehículos obtenidos para cada escenario es presentado en la Figura 5 mientras que el consumo de cada uno de estos escenarios es presentado en la Figura 6.

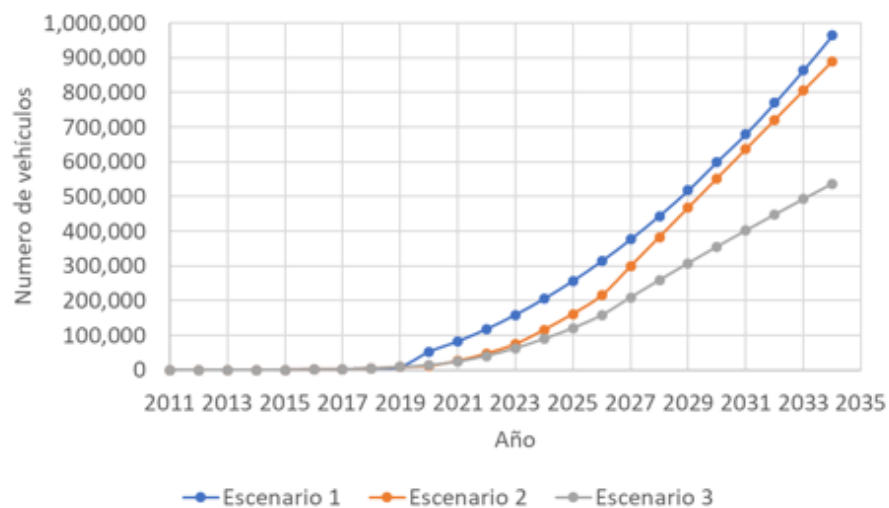


Figura 5. Número de vehículos para cada escenario.

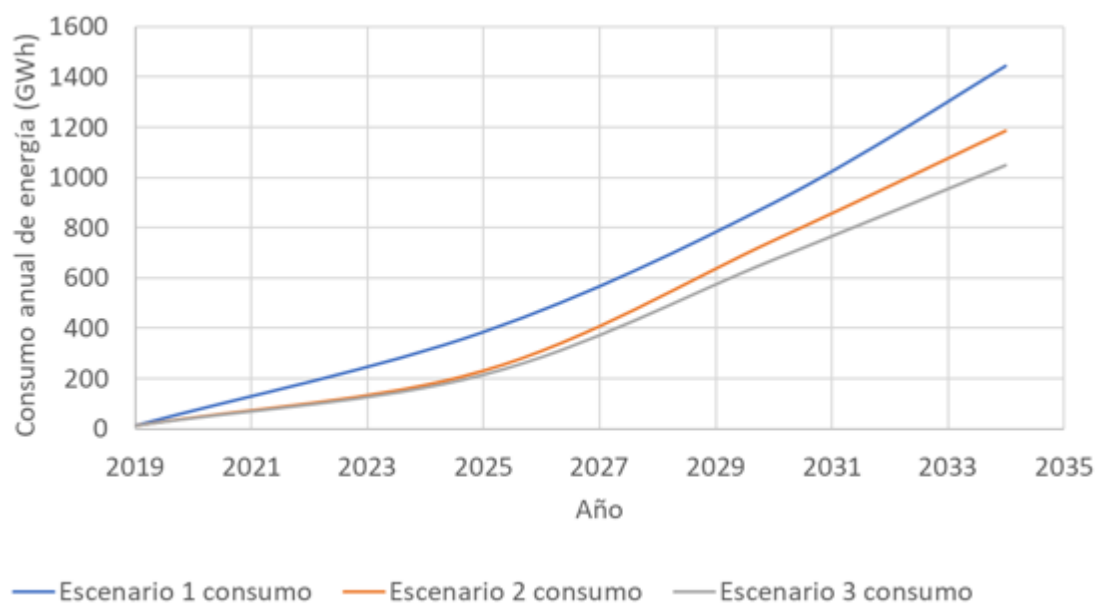


Figura 6. Demanda energética anual en GWh para los escenarios propuestos.

2 Introducción y objetivos

2.1 Objetivo

Disponer de una revisión de las experiencias internacionales sobre el impacto de la entrada de vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés) en la distribución de combustibles líquidos y las potenciales necesidades técnicas y económicas en la regulación del servicio público de energía eléctrica.

2.2 Actividades

Las actividades previstas para la ejecución de este estudio se resumen a continuación:

Revisión de experiencia internacional y académica sobre EV

- Caracterización de la demanda producida por las electrolinerías
- Descripción de tecnologías (patrones de carga y requerimientos)
- Descripción del proceso y evolución de la demanda
- Identificación y descripción de otros servicios asociados (capacidad V2G)
- Despliegue de electrolinerías y su ubicación
- Características de la operación de instalaciones para la recarga de EV

Elaboración de escenarios

- Propuesta de tres escenarios para electrificación del transporte en Colombia

Revisión de experiencia internacional y académica sobre impacto en demanda de combustibles

- Estado de la demanda de combustibles
- Descripción de impacto y medios de masificación (tipo de transporte, tendencias)
- Impactos en la cadena de distribución de combustible

Análisis Regulatorio

- Identificación de regulación asociada (electricidad y combustibles) a la integración de EV
- Identificación de beneficios o barreras que la regulación pueda provocar
- Análisis institucional y coordinación intersectorial para integración de EV

2.3 Tipos de Cargadores

Los equipos de suministro de vehículos eléctricos EVSE (del inglés *electric vehicle supply equipment*) es el equipo utilizado para proveer energía eléctrica desde una fuente de electricidad (red) a un vehículo eléctrico. El EVSE se comunica con el EV para asegurar que un flujo adecuado se está suministrando. Los EVSE para EV se clasifican en varias categorías según la velocidad a la que se cargan las baterías. Por una parte, los niveles 1 y 2, proporcionan electricidad de corriente alterna (CA) al vehículo, con el equipo a bordo del vehículo (cargador), el cual convierte la CA en corriente continua (CC) necesaria para cargar las baterías. Por otro lado, la carga rápida de CC, proporciona electricidad de CC directamente al vehículo. Los tiempos de carga varían de menos de 30 minutos a 20 horas o más, según: i) el tipo o nivel de EVSE; ii) el tipo de batería, su capacidad de energía y qué tan agotada está; y iii) el tamaño del cargador interno del vehículo. [1]

A continuación, se describen los tipos de EVSE.

EVSE Tipo 1: Proporciona carga a través de un enchufe de CA de 120 voltios (V) y requiere de una instalación eléctrica según el Código Eléctrico Nacional. La mayoría, si no todos, los EV vendrán con un juego de cables EVSE de nivel 1 para que no se requiera equipo de carga adicional. En un extremo del cable hay un enchufe doméstico estándar de tres clavijas (conector NEMA 5-15). En el otro extremo hay un conector estándar J1772, que se conecta al vehículo. El nivel 1 generalmente se usa para cargar cuando solo hay una salida de 120 V disponible, como en algunas ubicaciones residenciales. Según el tipo de batería y el vehículo, la carga de Nivel 1 agrega aproximadamente 3 a 8 kilómetros de alcance a un PEV por hora de tiempo de carga. [1]

Algunas de las características de este tipo de EVSE son:

- El circuito de 120 voltios, 15 o 20 amperios, debe estar dedicado
- La potencia entregada al EV varía de 1.4 kW (15 amp) a 1.9 kW (20 amp)
- La carga de 10 kWh tarda 7 horas a 1.4kW por hora
- La carga de 10 kWh tarda 5 horas a 1.9kW por hora
- Puede ubicarse en circuitos existentes de 120 voltios y 15/20 amperios (por ejemplo, en un poste de alumbrado público o en el circuito de iluminación de la cochera)

EVSE Tipo 2: Puede cargar fácilmente una batería EV típica durante la noche, y será una instalación común para el hogar, el lugar de trabajo, la flota y las instalaciones públicas. EVSE nivel 2 ofrece carga a través de un servicio eléctrico de 240 V (típico en aplicaciones residenciales) o 208 V (típico en aplicaciones comerciales). Estas instalaciones generalmente están cableadas para una operación segura (aunque es posible una conexión de enchufe de pared). Nivel 2 EVSE requiere instalación de equipos de carga y un circuito dedicado de 20 a 80 amperios (A) según los requisitos de EVSE. El equipo de nivel 2 usa el mismo conector en el vehículo que el equipo de nivel 1. Según el tipo de batería, la configuración del cargador y la capacidad del circuito, la carga de nivel 2 agrega aproximadamente 16 a 32 kilómetros de alcance a un PEV por hora de tiempo de carga. [1]

Algunas de las características de este tipo de EVSE son:

- El juego de cables se encuentra en el cargador L2 (típicamente 8 m) y se conecta al puerto de carga del vehículo
- Circuito de 240 voltios, 30, 40, 50 u 80 amperios
- El más común es el cargador de 30/32 amperios (6.6 o 7.2 kW máx.) en un interruptor de circuito dedicado de 40 amperios
- Los vehículos eléctricos tienen una tasa de carga máxima incorporada = tasa de aceptación, siendo las más comunes de 3.3 / 3.6 kW y 6.6 / 7.2 kW
- La carga de 10 kWh dura 3 horas a 3.3 kW por hora
- La carga de 10 kWh tarda 1.5 horas a 6.6 kW por hora
- Requiere un nuevo circuito dedicado de 240 voltios (equivalente a un secador eléctrico o circuito de rango)

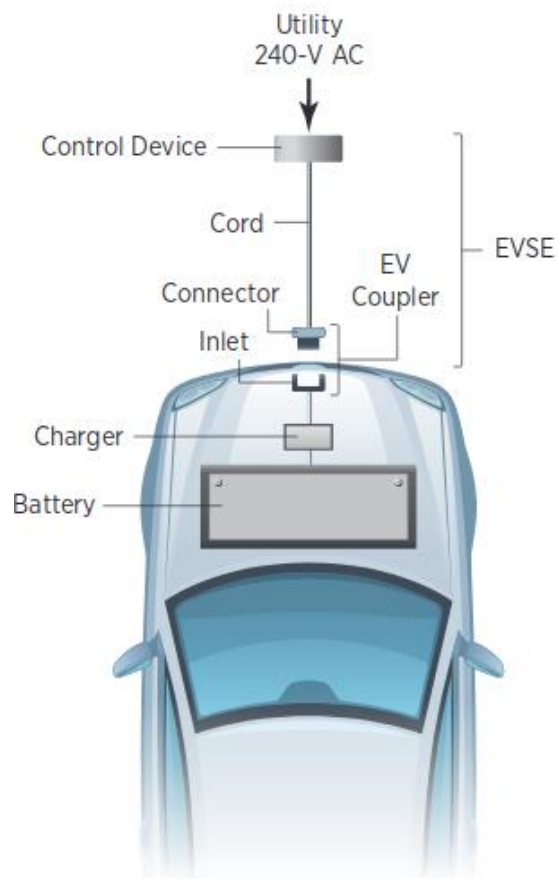


Figura 7: Esquemático de cargador EVSE nivel 2. Tomado de [1]

EVSE Tipo carga rápida de CC: El EVSE de carga rápida de CC (entrada de CA de 480 V al EVSE) permite la carga rápida en sitios como corredores de tráfico pesado y estaciones de servicio público (ver Figura 8). Un cargador rápido de CC puede agregar 60 a 80 millas de alcance a un PEV en 20 minutos. [1]

Algunas características son:

- 208 / 480VAC trifásico (corriente de entrada proporcional a la potencia de salida; ~ 20-400A CA)
- Cargadores especiales solo útiles para modelos de largo alcance que tienen cargadores de CC incorporados como TESLA
- Tecnología actual y futura disponible a lo largo de carreteras para una carga de 160 a 320 km en 20 a 30 minutos
- No en consideración para el cobro residencial

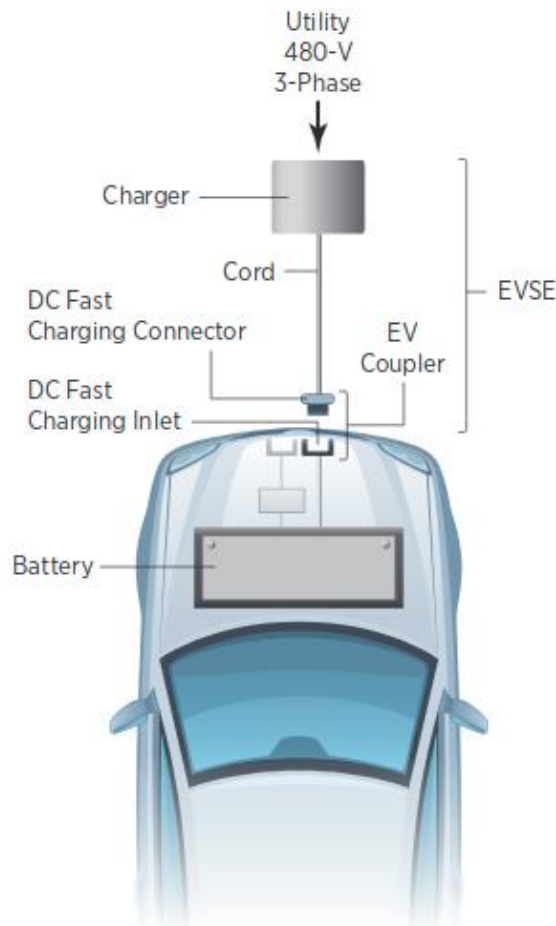


Figura 8: Esquemático de cargador EVSE Carga Rápida. Tomado de [1]

2.3.1 Conectores asociados a cargadores

Dada la variedad de cargadores por su tipo de aplicación y consecuentemente los requerimientos de potencia, existen también diferentes tipos conectores asociados. Como se menciona anteriormente, los EVSE tipo 1 requieren, en el caso de Colombia¹, de enchufe doméstico de tres clavijas (NEMA 5-15), el cual se muestra en la siguiente figura.

¹ Uso de estándar 120 V, 60 Hz al igual que EEUU

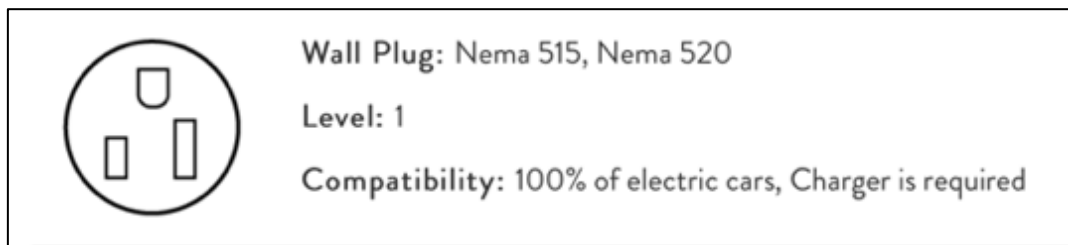


Figura 9. Enchufe doméstico EVSE tipo 1. Fuente: www.chargehub.com

Para el caso de los cargadores tipos 2 y 3, se encuentran múltiples tipos de conectores, desde propios de marca tipo Tesla hasta de múltiple uso de diferentes marcas como lo es el J1772. En la siguiente figura, se ilustran los tipos de conectores para mayores cantidades de potencia.

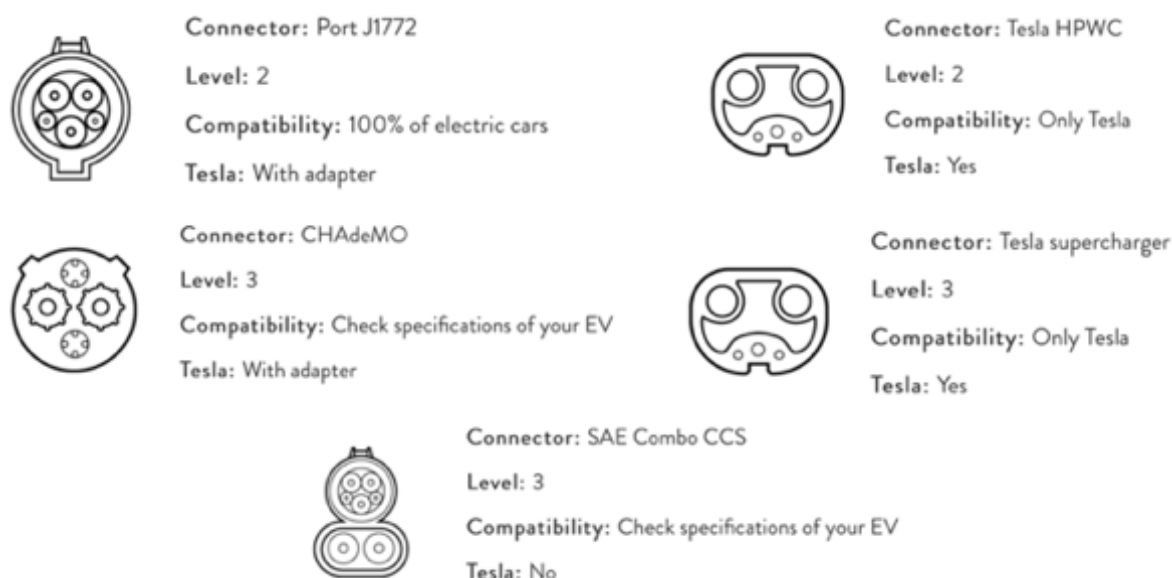


Figura 10. Conectores de uso masivo para cargadores tipos 2 y 3. Fuente: www.chargehub.com

2.4 Comportamiento de vehículos en pendientes y diferentes temperaturas ambientales

Las temperaturas bajas, o muy altas pueden afectar el uso de energía por kilómetro de los vehículos eléctricos. Un estudio realizado por la Asociación Americana de Automóviles (AAA), desarrolló pruebas para verificar el funcionamiento de los vehículos a temperaturas altas y bajas. El estudio utilizó cinco vehículos distintos (BMW i3s 2018, Chevrolet Bolt 2018, Nissan Leaf 2018, Tesla modelo S 75D, Volkswagen e-golf 2018). En este estudio se compara el rango de conducción para los vehículos cuando la temperatura ambiente es 20°F (-6.7°C), y 95°F (35°C), con respecto al escenario de 75°F (23.9°C). Con los experimentos se encuentra que hay una disminución en el rango de conducción [2]. La disminución se presenta en el caso de las bajas temperaturas y se acentúa cuando se utiliza el sistema calentamiento, ventilación y aire acondicionado dentro del vehículo. Sin embargo, para el caso colombiano, no se presentan temperaturas tan bajas como en otros países.

Debido a la topografía del país, otro tema importante el uso de vehículos eléctricos es su comportamiento en lugares con pendiente. Para que los vehículos puedan moverse en pendientes, se necesita que tengan torque. A diferencia de los vehículos de combustión interna, los vehículos eléctricos tienen una respuesta de torque más rápido que los vehículos de combustión interna, y el torque es constante durante un rango de revoluciones por minuto. La Figura 11 muestra una curva de torque contra velocidad, en la que se puede evidenciar que los vehículos eléctricos tienen un alto torque a velocidades bajas. Esto permite que los vehículos eléctricos sean capaces de moverse en pendiente.

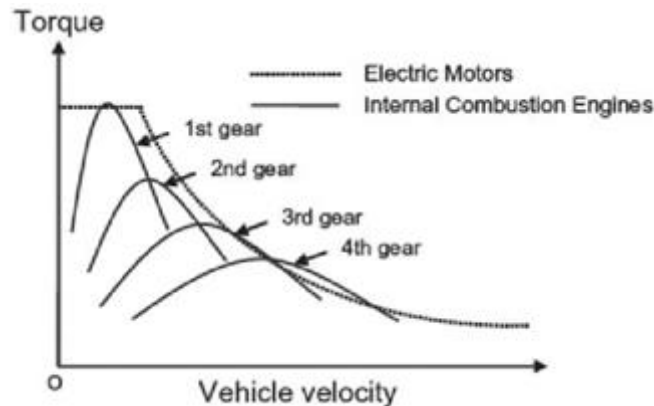


Figura 11. Características torque-velocidad para un motor de combustión interna y eléctrico. Tomado de [3].

El otro tema importante en el comportamiento de los vehículos en pendiente es la eficiencia de los vehículos cuando son utilizados en pendientes. En este sentido, en [4]² se han realizado pruebas reales con vehículos eléctricos en distintas condiciones de pendiente, velocidad y distancia recorrida. Este trabajo busca proponer una metodología para estimar el consumo de vehículos eléctricos cuando son utilizados en Bogotá. Para esto, se busca desarrollar un modelo energético del vehículo eléctrico. El trabajo utiliza datos reales para encontrar los parámetros del modelo propuesto. Para esto, se utiliza un vehículo de la marca BYD, referencia E6. Estos vehículos son utilizados en Bogotá para prestar el servicio de taxi.

En el trabajo mencionado, se han realizado un total de 17 recorridos en distintos en la ciudad de Bogotá. Estos recorridos se dividen en tres conjuntos distintos. El primer conjunto son 10 recorridos realizados en Salitre que es una zona aproximadamente plana. El vehículo empieza con un 99% de carga y cada recorrido descarga un 10%, hasta llegar al valor más cercano al 0% (este valor no es posible alcanzarlo debido a las protecciones del vehículo). El segundo conjunto son cuatro recorridos. El trayecto es de 47 km y fue propuesto en [5]. Estos trayectos se realizan en tres distintos momentos del día para tener distintas condiciones de tránsito. El último conjunto, consta de tres recorridos en un tramo de la vía entre Bogotá y La Calera.

² Tesis de maestría del estudiante Juan Camilo Sierra

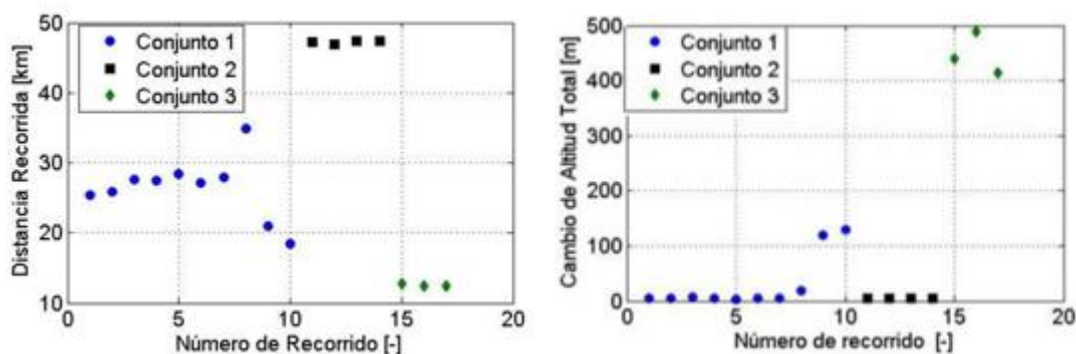


Figura 12. Distancia recorrida en cada uno de los trayectos (izquierda) y cambio de altura total en los recorridos (derecha). Tomado de [4].

En la Figura 12, se muestran la distancia recorrida y el cambio de altura de cada uno de los recorridos. En la Figura 13, se muestra un estimativo de la energía utilizada por kilómetro recorrido. Si bien la energía utilizada en los recorridos con variación de altura no presenta gran cambio con respecto a los recorridos planos, es posible que sea necesario utilizar más energía por kilómetro recorrido cuando se conduce en pendiente.

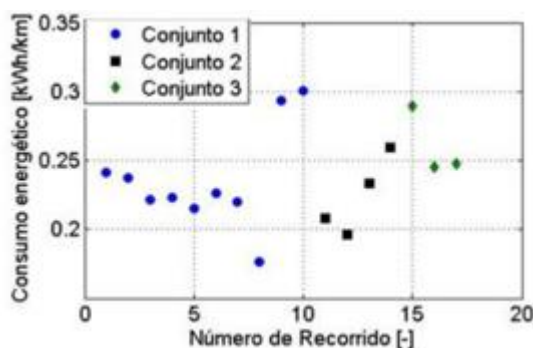


Figura 13. Consumo de energía por kilómetro recorrido. Tomado de [4].

2.5 Tiempos de carga, autonomía y rendimiento de vehículos eléctricos

Como complemento a lo tratado en secciones anteriores, en la siguiente tabla se resume características de diferentes carros eléctricos, algunos presentes en el mercado nacional y otros no, que hacen mención a características técnicas y de desempeño de los mismos.

Tabla 2. Características propias de carros eléctricos.

Referencia Carro Eléctrico	Capacidad Batería [kWh]	Rendimiento [kWh/km]	Tiempo de carga con EVSE	
			Tipo 2	Tipo 3
Nissan Leaf	39,5	0,164	11h	40 mins
Nissan e-NV200	40,0	0,200	7 h	42 mins
Mitsubishi i-MiEV	16,0	0,125	6-8 h	30 mins
Mitsubishi MINICAB MiEV	10,5	0,105	4.5 h	15 mins
Mitsubishi Outlander PHEV	12,0	-	3.5 h	25 mins
Toyota Prius PHV	7,0	0,173	2h y 15 min	-
BMW i3	37,9	0,161	4.25 h	36 mins

BMW 225xe	8,8	0,236	2 h	-
BMW 330e	10,4	0,229	3h 30min	-
BMW 740e	9,2	0,304	2h y 30 min	-
BMW 530e	10,4	0,239	3h y 30 min	-
BYDe6	80,0	0,293	5h y 15 min	36 mins
Renault ZOE ZE40	41,0	0,160	2h y 15 min	45 mins
VW e-golf	32,0	0,168	5h y 15 min	36 mins
VW Golf GTE	7,0	0,226	2h y 15 min	-
Tesla Roadster	200,0	0,205	10 h y 45 min	44 mins
Tesla ModelS	95,0	0,198	7 h	42 mins
Tesla ModelX Ludicrous Performance	95,0	0,213	7 h	42 mins
MINI Cooper SE Crossover ALL4	7,6	-	-	-
Bus Eléctrico BYD (80 pax)	250,0	1,000	N/A	3 - 4 h

Notas: No longer for sale,
Concept

Fuente: www.ev-database.org,
www.fueleconomy.gov

3 Experiencia de desarrollo de EV (Síntesis)

Este documento cubre diferentes aspectos asociados al desarrollo de la electromovilidad en un conjunto de países, cuya selección es la siguiente:

- Brasil: caso seleccionado por constituirse como la economía de mayor tamaño en la región.
- Canadá: país referente en experiencia de desarrollo de electromovilidad en Norteamérica
- Chile: país referente en desarrollo de electromovilidad en Suramérica
- Costa Rica: país referente en desarrollo y políticas estatales en el ámbito de la electromovilidad
- EEUU (California): Estado referente de los EEUU en desarrollo de nuevas políticas asociadas al desarrollo sostenible
- Holanda: país con amplio desarrollo de electromovilidad en Europa.
- Japón: país seleccionado como referencia en Asia.
- México: se selecciona México como otro referente regional
- Noruega: país con mayor participación de parque vehicular en el mundo a la fecha
- Reino Unido: junto con Holanda es otra experiencia relevante en términos de electromovilidad.

Asimismo, si bien se reconoce que existen otros casos ampliamente reconocidos, como es el caso de China, no se selecciona este último por las diferencias significativas en términos de magnitud comparado con otros casos y el nacional.

El análisis comparativo realizado se agrupa en tres ámbitos fundamentales que son:

- **Política:** definiciones de política pública en desarrollo de la electromovilidad
- **Modelos de negocios y comercialización:** se caracteriza como se realiza la comercialización de energía eléctrica suministrada a los EV, en función de propiedad del cargador y rol del usuario, así como el fomento o incorporación de nuevos esquemas o alternativas de uso, tal como es el modelo V2G (Vehicle To Grid)
- **Desarrollo de infraestructura:** instrumentos o políticas, bien sea públicas o privadas, aplicados para el desarrollo de la infraestructura de carga pública para la masificación de la electromovilidad.
- **Normativas y estándares:** reseña de procedimientos y estándares/normas aplicados en los diferentes países para el despliegue de la infraestructura de carga.

Las siguientes tablas contienen una comparación de como cada uno de los países bajo análisis ha cubierto cada una de estas temáticas en lo que concierne a electromovilidad. Descripciones detalladas “in extenso” de cada uno de los países para los ámbitos tratados se encuentran en las secciones siguientes a esta.

Tabla 3. Análisis comparativo en términos de política pública

País	Política Pública		
	Manejo impositivo	Incentivos (i.e. parqueaderos, otros)	Instituciones vinculadas
Brasil	Exoneración de pago de impuestos por importación de vehículos y piezas. Reducción total o parcial del impuesto estatal de propiedad (Dependiendo del estado en que se encuentre registrado el vehículo).	Sao Paulo: No aplica día de no carro para Evs	Cámara de comercio Exterior (CAMEX), Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL)
Canadá	Plan federal de reembolso por compra de vehículos eléctricos desde año 2019. Desde año 2012 programas estatales de reembolsos. Reducción de la totalidad de impuestos para Evs adquiridos por empresas. Reembolso de inversión hecha en infraestructura de carga.		Ministerio de Recursos Naturales, Transporte, Electric Mobility Canada..
Chile	No existe un beneficio monetario inmediato. Se fija metas en la ruta energética 2018-2022. Se fija una estrategia nacional de electromovilidad.		Se construye a través de las instituciones participantes del "Acuerdo Público Privado" liderado por el Ministerio de Energía. Sin perjuicio de lo anterior, participan en ello los Ministerios de Medio Ambiente y Transportes.
Costa Rica	Exoneración del impuesto general sobre las ventas, impuesto selectivo de consumo, impuesto sobre el valor aduanero en función del valor del vehículo.	Exoneración del servicio de parquímetros	1. Fondo Canadiense para las Iniciativas Locales 2. Banco Centroamericano de Integración Económica 3. Banco Interamericano de Desarrollo 4. PNUD 5. Corporación alemana para el desarrollo internacional 6. Ministerios de Minas y Energía, Secretaría de Planificación del Subsector Energía, Consejo Subsectorial del Energía, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Ministerio de Hacienda. 6. Sector académico: Universidades, Institutos de Educación Técnica, Laboratorios de investigación.
Estados Unidos (California)	Rebolsos para clientes por parte de las empresas de energía si poseen un EV. El estado provee reembolsos para personas que compren o renten un EV. Se aprobo tambien un piloto para concesionarios por ventas de EV		1. Empresas de energía eléctrica 2. CPUC: California Public Utilities Commission 3. Oficina del gobernador 4. CEC: California Energy Commission 5. Concesionarios
Holanda	No se cobra impuestos de registro del vehículo. Reducción en impuesto de renta.	Parqueaderos gratis en algunas zonas.	Ministerio de transporte, Formula E-Team, E-Violin.
Japón	Impuesto al peso del automóvil, deducción de impuestos dependiendo del tipo de vehículo ecológico.	Carga gratuita en espacios que se puedan aprovechar en parqueaderos.	Nissan, Toyota, Honda, Mitsubishi Motors, Chubu Electric Power, Sumimoto, NEC, Showa Shell, Idemitsu Oil, Cosmo Oil, ENEOS, Showa Shell, Ministerio de economía, comercio e industria (METI), Ministerio de tierra, transporte y turismo (MLTT), TEPCO - Compañía eléctrica.
México	Exención impuesto. Automoviles Nuevos	No salen de circulación por el programa "Hoy no circula", en Ciudad México	Comisión Federal de Electricidad (CFE). Secretaría de Energía
Noruega	Exención impuesto de registro. Exención del impuesto de valor agregado. Reducción del valor de licencia anual. Reducción de impuestos a compañías	Uso de vía de los buses. Estacionamiento gratuito, o con cobro reducido. Paso por peaje y uso de ferris gratuito, o con cobro reducido.	Transnova. Enova SF
Reino Unido	Exención impuesto compra. Exención impuesto de propiedad	Soporte Compra. Financiación instalación de cargadores privados	Oficina para vehículos de baja emisión

Tabla 4. Análisis comparativo en términos de modelos de negocios y comercialización

País	Modelos de negocio	Agentes participantes/operadores	Servicios adicionales
	Esquema comercial (compra directa, vía OR, cargos)		
Brasil	Tarifa dada por el operador la cual es pagada con tarjeta en el lugar de recarga.	CPFL, EDP Brasil, BWM, Empresas de sector energético.	No permitidos.
Canadá	Asociaciones de operadores en redes de estaciones de carga. Estas redes estandarizan la forma de pago con tarjeta de la red o por medio de una aplicación. La tarifa puede ser por horas de uso o un solo pago por todo el uso que se le de.	Electric Circuitm, FLO, Sun Country Highway, AZRA.	Permitido la venta de excendentes pero no hay planes piloto ni control por parte del estado.
Chile	Asociatividad COPEC-Voltex. Uso de cargadores con OR vía tarjetas RFID	COPEC (Distribuidor de Combustible), OR	Piloto V2G por ACHEE
Costa Rica	1. Por factores de propiedad de vivienda unifamiliar, es muy probable que en Costa Rica predomine la carga en casa. Han implementado tarifas por tiempo de uso (ToU), del 39% que tiene acceso a ToU, solo el 2% lo aprovecha. 2. Tarifa para estaciones de carga es de 0.31 USD kWh, el cliente puede pedir facturación anexa a su recibo de energía mensual o factura por cada servicio. Tarjeta RFID que porta el conductor lleva la información de tiempos de carga.	En uno de los modelos de carga que propone el gobierno de Costa Rica, las empresas proveedoras de energía podrán administrar de manera remota el tiempo y la potencia de carga de acuerdo con los requerimientos fijados por los propietarios de EV	Han especificado un reglamento de generación distribuida, pero no hay particularidades para EV
Estados Unidos (California)	Tarifa diferencial por operador, que a su vez definen diferencias en el cobro del servicio dependiendo de la estación del año. Compra de bonos por parte de los operadores a los clientes, que ven esta medida como un reembolso a la compra de un vehículo eléctrico.	CPUC y empresas de energía.	Ya han previsto el fenómeno pero no hay implementaciones vigentes.
Holanda	Todos los operadores de estaciones de carga pertenecen a una asociación público-privada la cual permite que haya estandarización de la forma de pagos en cargadores públicos.	E-Violin	Varios proyectos piloto a lo largo del país.
Japón	Pago diferencial mensual para uso individual o empresarial. También se han implementado modelos de pago que fijan la cuota mensual por la frecuencia del uso de los cargadores	Dos comités fijan los precios: CHAdeMO charge and Japan Charge Network (Nissan, Sumimoto, NED, Showa Shell)	V2B: Nissan desarrolla pruebas sobre el modelo en la ciudad de Atsugi (225204 hab.), con 6 Nissan Leaf. Las compañías regular sus facturas de electricidad utilizando las baterías de los vehículos eléctricos. V2H: Permite que los vehículos se utilicen como respaldo en emergencias (crecimiento después de terremoto de 2011)
México	Públicos: gratuitos	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA)	No se permite V2G en cargadores de casa
Noruega	Algunos públicos gratuitos. Cobro por uso del cargador. Cobro dinámico cargadores en casa	Fortune Charge. Grønn Kontakt.	No hay V2G
Reino Unido	Cobro por energía, cuota por el uso del cargador. Pago por cada uso o mensualmente	Más de 25 empresas que prestan el servicio de carga	21 proyectos financiados. 8 de esos demostraciones reales

Tabla 5. Análisis comparativo en términos de desarrollo de infraestructura y normativa

País		Desarrollo de Infraestructura y normativa	
		Participación (Gestión estatal / privada)	Plan de desarrollo de estaciones de carga (si aplica)
		Tecnología/protocolos de conexión/instalación	
Brasil	No se realizan ningún tipo de apoyo federal hacia inversores privados.	Corredores de estaciones de carga en algunas carreteras	
Canadá	A través de reembolsos se apoyan proyectos de privados para el desarrollo de la infraestructura. Gobiernos estatales también tienen programas de incentivos para privados que deseen invertir en proyectos de estaciones de carga.	Basados en normas IEC.	
Chile	Participación de las entidades públicas que suscribieron el Acuerdo Público Privado en términos de estaciones de carga	Metas declaradas por OR y Distribuidores de Combustible según sea el caso	Pliego técnico de electromovilidad "Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos": Instalación de cargadores. Se establecen las características de una estación de carga, exigencias de seguridad y protecciones según sea el modo de carga y el caso (instalación en viviendas, edificios, condominios, vía pública, espacios privados de uso público y terminales de flotas vehiculares) Homologación de cargadores. Describe las principales características que deben cumplir los cargadores en cuanto a exigencias mecánicas, eléctricas y requerimientos específicos tales como protecciones, conectores, criterios de diseño, compatibilidad electromagnética y estándares que deben cumplir. Además, se incluye un apartado con los procesos que los cargadores (equipos) de los vehículos eléctricos deberán cumplir para ser la autorización de la comercialización en Chile.
Costa Rica	Ley 9518: La responsabilidad de implementar los centros de carga es de las distribuidoras de energía eléctrica	Diseño de un plan de ubicación de las estaciones de carga basado en las siguientes características: Existencia de tendido eléctrico, flujo vehicular. Plan de cobro: El centro de recarga debe contar con un sistema de cobro de energía eléctrica, para que los usuarios puedan realizar sus pagos en cualquier punto del territorio Costarricense	Se apegan a las recomendaciones expedidas por la ICE: International Electrotechnical Commission
Estados Unidos (California)	Apoyo con subsidios a operadores. Reembolsos a dueños de EV que decidan instalar una estación de carga en su domicilio.		
Holanda	Participación privada y publica en el desarrollo de infraestructura.	Impulso inicial a desarrollo de la infraestructura de cargadores rápidos. Luego se permite acción libre del mercado y de los operadores que quieran seguir desarrollando la infraestructura.	2014/35/EU, 2014/30/EU en RoHS Product and safety standards: IEC 61851-1, IEC 61851-21-2, IEC 61851-23, IEC 62196-3, ISO/IEC 15118, DIN SPEC 70121 of CHAdeMO 1.0 EMC: CISPR11 Klasse A
Japón	1. Empresas de alquiler de vehículos: Implementando piloto de alquiler de EV 2. Gobierno: Reforma fiscal para estimular ventas de EV 3. Fabricantes de vehículos: Adopción de estándares 4. Compañía eléctricas TEPCO: Desarrollo de estándar CHAdeMO	En consorcio con Alemania: Desarrollo de estándares internacionales para interoperabilidad de las estaciones de carga con redes del tendido eléctrico.	CHAdeMO: Prescribe uso de un cable fijo en lado del suministro. Solo puede usarse por automoviles con una entrada de vehículo CHAdeMO correspondiente.
México	Colaboración pública y privada para la colocación de cargadores	Instalación de cargadores en las ciudades más afectadas por contaminación y con mayor posibilidad de crecimiento de los vehículos	Estado determina algunos estándares para colocación de cargadores privados
Noruega	Estado apoya la instalación de cargadores rápidos	Dos planes de ubicación de cargadores rápidos en el país	En su mayoría utiliza los mismos estándares que en la Union Europea
Reino Unido	Financiación de algunos proyectos con la OLEV	Ubicación de cargadores en lugares que no disponen de parque privado	BS EN 61851

4 Brasil

4.1 Elementos de política pública

4.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Brasil es un país que se ha quedado atrás en el desarrollo de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos y también el desarrollo de políticas públicas para el crecimiento del parque vehicular eléctrico del país. No hay un plan infraestructura de carga y tampoco una coordinación entre entidades gubernamentales y privadas fuerte que haya permitido tener una red de estaciones importantes. A pesar de que Brasil es un país comprometido con el desarrollo sostenible (prueba de ello está en que el 80 por ciento de sus generaciones con fuentes renovables) no ha tenido el desarrollo esperado en la parte del electromovilidad.

Sin embargo, sí existen algunos incentivos dados a través de política pública que han permitido ampliar un poco el parque vehicular eléctrico en Brasil desde 2017. El más importante de estos (ya que representa una reducción del 35% del costo del vehículo) es que en todo el país los carros eléctricos e híbridos no pagan impuesto por importación. Sumado a esto, hay otras medidas que son más simbólicas que significativas en la reducción del costo total de propiedad como, por ejemplo, en 7 estados hay una total excepción para los carros eléctricos en cuanto al impuesto estatal de propiedad del vehículo (IPVA) mientras que en tres otros estados es menor el pago que hacen los EVs.

4.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

En Brasil si hay universidades y entidades de investigación que están trabajando en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la electromovilidad. Sin embargo, no hay una alineación ni coordinación de estas instituciones.

La cámara de comercio exterior (CAMEX) hace parte del ministerio de relaciones internacionales de Brasil y es el encargado de formular, adoptar, implementar y coordinar políticas y actividades relacionadas con el comercio internacional de bienes y servicios. Esta es la entidad encargada de la política relacionada con el impuesto de importación de los vehículos, repuestos y partes para producción. Los gobiernos estatales han sido los encargados en realizar los descuentos en cuanto al IPVA al igual que los incentivos no financieros como por ejemplo permiso de tránsito de EVs en los días de no circulación en Sao Paulo.

La principal institución relacionada con la infraestructura de carga es la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) la cual es la encargada de la parte regulatoria del sector electricidad.

4.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

Como se mencionó anteriormente, no existe un plan de desarrollo de estaciones de carga en Brasil. La mayor parte de cargadores están los estados de Sao Pablo, Minas Gerais y Rio de Janeiro que son los más poblados del país teniendo la concentración del 40% de la población del país.

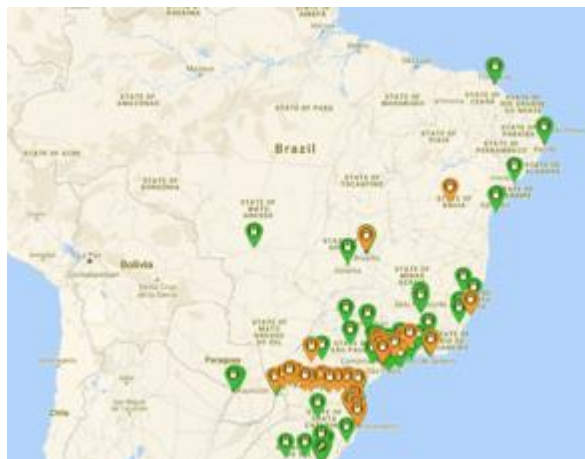


Figura 14. Ubicación de puntos de carga en Brasil.

4.2 Elementos regulatorios y normativos

4.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

A lo largo de la autopista entre Campinas y Jundiaí se construyó el primer corredor de cargadores rápidos en Brasil. Este proyecto fue liderado por CPFL, una de las compañías del sector eléctrico en Brasil más grandes. Estas estaciones de carga fueron construidas en estaciones de servicio a lo largo de la autopista, unificando lugares de suministro de gasolina, gas natural y electricidad.

En Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Joinville, Rio de Janeiro y São Paulo, fueron construidas puntos de recarga gratis por BMW. La mayoría de estas instalaciones se encuentran en centros comerciales, cadenas de supermercados. Junto con EDP Brasil (empresa del sector de energía) se busca crear un corredor de puntos de carga entre São Paulo y Rio de Janeiro [6].

4.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

En Brasil no se permite la venta de excedentes o de servicios complementarios para el sistema eléctrico con vehículos eléctricos

4.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Hasta la fecha, ninguna entidad de Brasil ha diseñado o establecido normativa técnica relacionada con la instalación de estaciones de carga. Sin embargo, si se sigue la norma IEC 61851.

4.3 Requerimientos técnicos

4.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

No se han realizado estudios de impactos de la demanda dada la baja electrificación del transporte en el país. Sin embargo, se calcula que con la flota actual (mostrada en la figura 7) se tiene un aumento en la demanda de energía de 5.93 GWh al año.

4.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

4.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

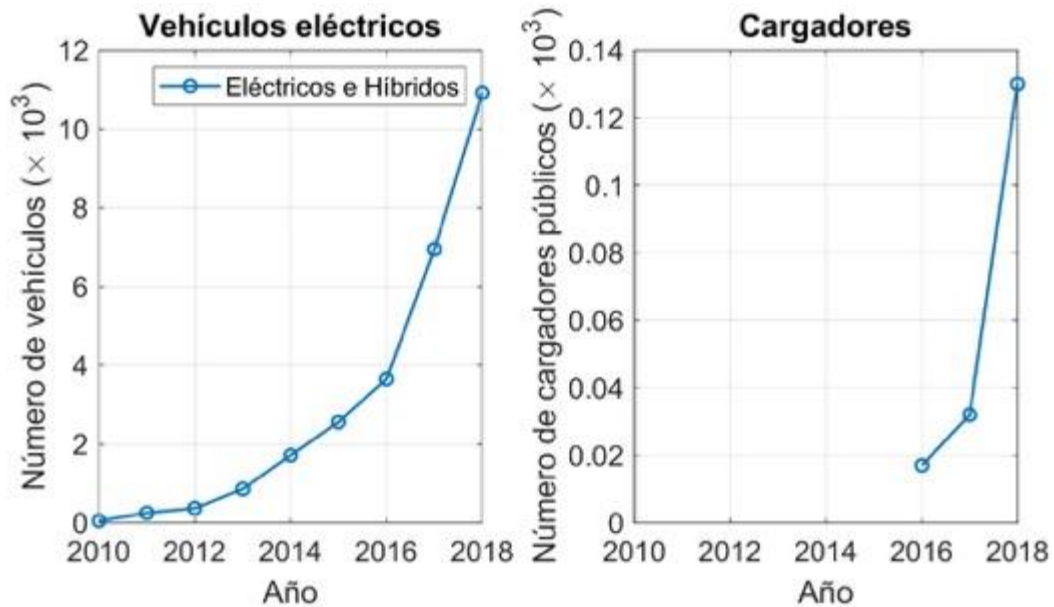


Figura 15. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Brasil. Adaptado de [7]

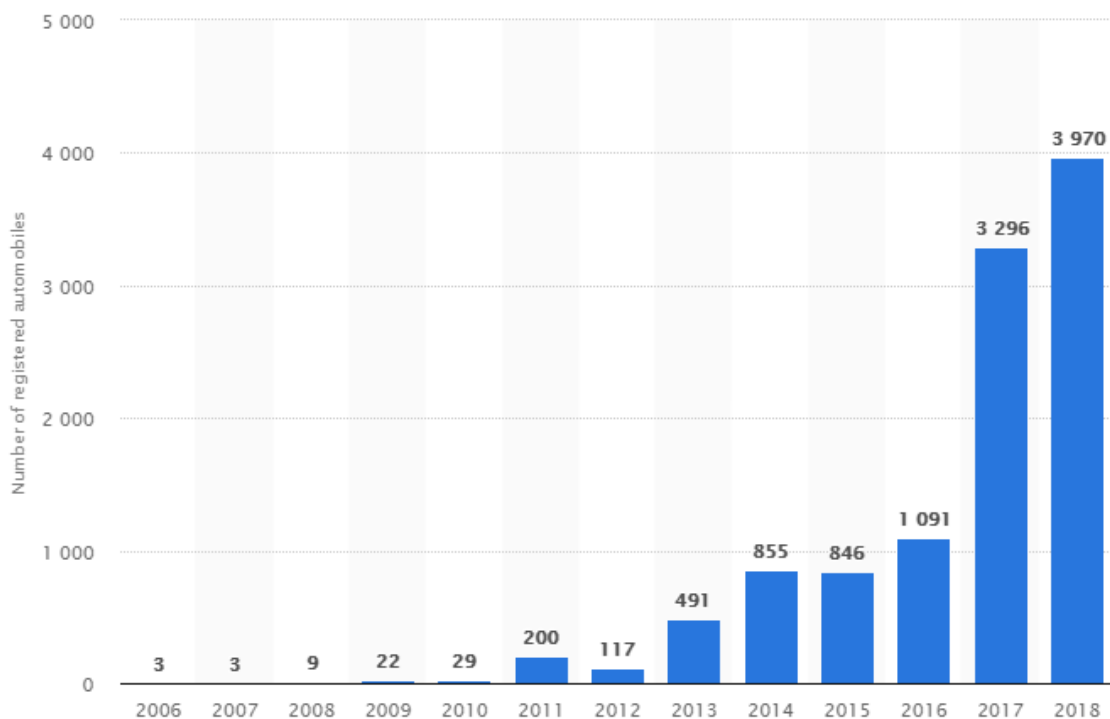


Figura 16. Número de vehículos eléctricos registrados en Brasil por año. Tomado de [7]

4.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

4.4.2.1 Parque EV / parque IC [%]

Brasil cuenta con 0.0061% de vehículos eléctricos con respecto a los de combustión interna

4.4.2.2 Número EV / número estaciones de carga públicas

30.46 vehículos eléctricos por estación de carga.

4.4.2.3 Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]

0.031% representa la capacidad agregada por los puntos de carga con respecto al parque generador de Brasil.

4.4.2.4 Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]

0.0026% de la energía demandada total corresponde a la energía demandada por EVs.

5 Canadá

5.1 Elementos de política pública

5.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Dado que el transporte es el segundo sector con mayores emisiones de gases de efecto invernadero en el país, el gobierno canadiense se ha propuesto alcanzar que el 100% de las ventas de vehículos livianos en 2040 sean vehículos de cero emisiones. Uno de los problemas que el gobierno canadiense considera primordial en atender para alcanzar este objetivo es la falta de conciencia y conocimiento por parte de los ciudadanos en lo que respecta a estos vehículos. Con el objetivo de educar en cómo funcionan estos tipos de vehículos, de probar que pueden brindar una mejor o similar experiencia de conducción, entre otras cosas, surgió el programa “*Zero-Emission Vehicle Awareness Initiative*” el cual apoya proyectos que buscan mejorar este problema a través de iniciativas de educación o divulgación

Aunque Canadá cuenta con una flota vehicular eléctrica de 93,000 vehículos, no fue sino hasta mayo de 2019 que entró en vigor el primer plan federal de incentivos financieros por la compra de vehículos eléctricos. Este programa llamado “iZEV program” devuelve hasta \$5,000 por la compra de ciertos carros BEV y PHEV. Sin embargo, algunas provincias si han desarrollado planes de incentivos financieros desde antes. El gobierno de la provincia de Quebec desde 2012 ofrece un reembolso de hasta \$8,000 para carros totalmente eléctricos, híbridos enchufables y de pila de hidrogeno. También existe un programa piloto de reembolso para carros totalmente eléctricos usados en el que devuelven hasta \$4,000. Por parte del gobierno de la provincia de British Columbia existe el “*Clean Energy Vehicle Program*” el cual da un incentivo hasta de \$3,000 para carros que cumplan con ciertas condiciones. Este programa ha entregado más de \$65M en incentivos. En cuanto a reducción de impuestos, desde marzo de 2019 hay descuento del 100% de los impuestos para los vehículos eléctricos adquiridos por una empresa que cumplan ciertas condiciones establecidas.

El inicio del desarrollo de la infraestructura de puntos de carga en Canadá estuvo marcado por iniciativas del sector privado. Sin embargo, el gobierno canadiense con programas como “*Electric Vehicle and Alternative Fuel Infrastructure Deployment Initiative*” (EVAFIDI) ha buscado ampliar el número de inversionistas dando un incentivo a proyectos de, principalmente, puntos de carga para carros eléctricos, pero también para estaciones de otras fuentes alternativas de combustible como gas natural e hidrogeno. A través de la primera fase de este programa, con una inversión de \$16.4M, se logró desarrollar 102 puntos de carga DC rápida, 7 estaciones de gas natural y 3 estaciones de hidrogeno. La segunda fase cuenta con una inversión de \$80M buscando la entrada de cerca de 900 cargadores DC rápidos, 15 estaciones de gas natural y 12 estaciones de hidrogeno. El objetivo final de este programa en específico es el tener una red de puntos de carga DC rápidos de costa a costa.

5.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

El Ministerio de Recursos Naturales al cual se le asigna el presupuesto de los programas de incentivos de puntos de carga y de educación y divulgación de la tecnología. También financian el desarrollo de códigos y estándares. Entre 2016 y 2017 recibió \$182.5 M para desarrollo de

infraestructura y demostración de la tecnología. La entidad gubernamental Transport Canada es la encargada de evaluar y asignar los incentivos y devoluciones por parte del estado mencionadas anteriormente. Las gobernaciones locales de las provincias son las que manejan los otros incentivos mencionados.

Electric Mobility Canada es una organización sin ánimo de lucro dedicada al avance de la electrificación del parque vehicular de Canadá. Fue fundada en 2005 y al momento cuenta con 175 miembros repartidos entre universidades e institutos de investigación, fabricantes de vehículos y componentes, fabricantes y operadores de puntos de carga, operadores de red, operadores de flota vehicular, grupos de dueños de EVs, entidades gubernamentales, entre otras. Esta organización ha sido clave en la coordinación de los participantes en la cadena relacionada con la electromovilidad.

5.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

La mayor concentración de cargadores en Canadá está dada en la zona suroriental cerca las ciudades de Ontario, Ottawa y Montreal. En el mapa se puede evidenciar que los puntos de carga están estratégicamente ubicados cerca de las ciudades marcadas.

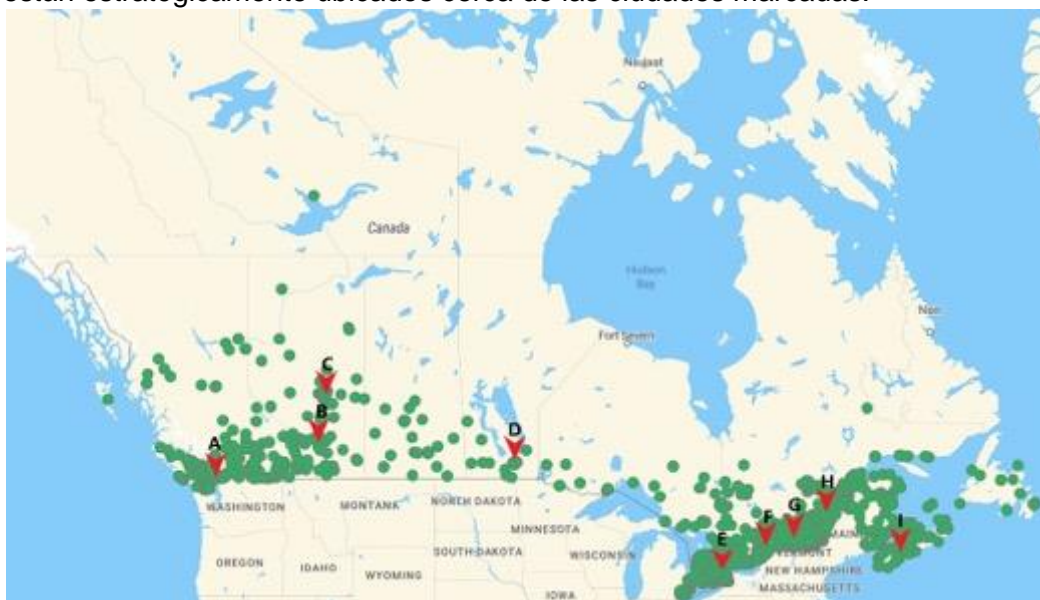


Figura 17. Puntos de carga existentes en Canadá y principales ciudades. Tomada de (4). A: Vancouver, B: Calgary, C: Edmonton, D: Winnipeg, E: Toronto, F: Ottawa, G: Montreal, H: Quebec, I: Halifax

Aunque si hay existencia de planes de desarrollo en cuanto a metas y objetivos claros por parte del estado, no existe un orden de crecimiento de cargadores. Esto dado que el desarrollo de la infraestructura de estaciones de carga en Canadá ha sido, en la mayoría, iniciativa privada complementada con políticas, inicialmente, locales de cada provincia.

5.2 Elementos regulatorios y normativos

5.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

Se han creado asociaciones o redes de puntos de carga a lo largo del país. Estas redes son conformadas por diferentes empresas o inversionistas que han desarrollado proyectos de puntos de carga y buscan unir la forma de pago que suele ser por aplicaciones o tarjetas propias de estas redes. Una de las redes más grandes es “*Electric Circuit*” la cual cuenta con más de 2200 estaciones de carga. Otras redes conocidas son FLO, Sun Country Highway, AZRA y la red gratuita de TESLA.

5.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

En Canadá, no se han desarrollado proyectos importantes de V2G o algún otro servicio complementario de las estaciones de carga.

5.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Las instalaciones eléctricas tienen que seguir los estándares establecidos. Para estaciones de carga AC se debe seguir el estándar IEC 61851-22, mientras que para estaciones de carga rápida DC el IEC 61851-23.

5.3 Requerimientos técnicos

5.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

El consumo esperado por parte del parque vehicular eléctrico total en Canada es de 231.81 GWh al año. Esto representa bastante energía comparado con la demanda total del país al año que es de 652 TWh.

5.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

5.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

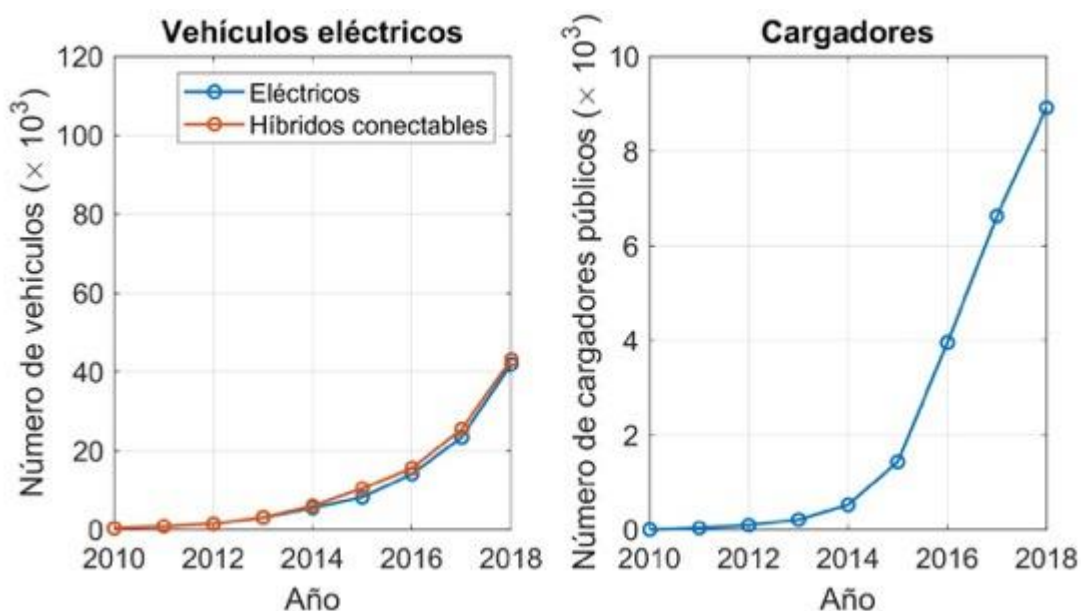


Figura 18. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Canadá. Adaptado de [8].

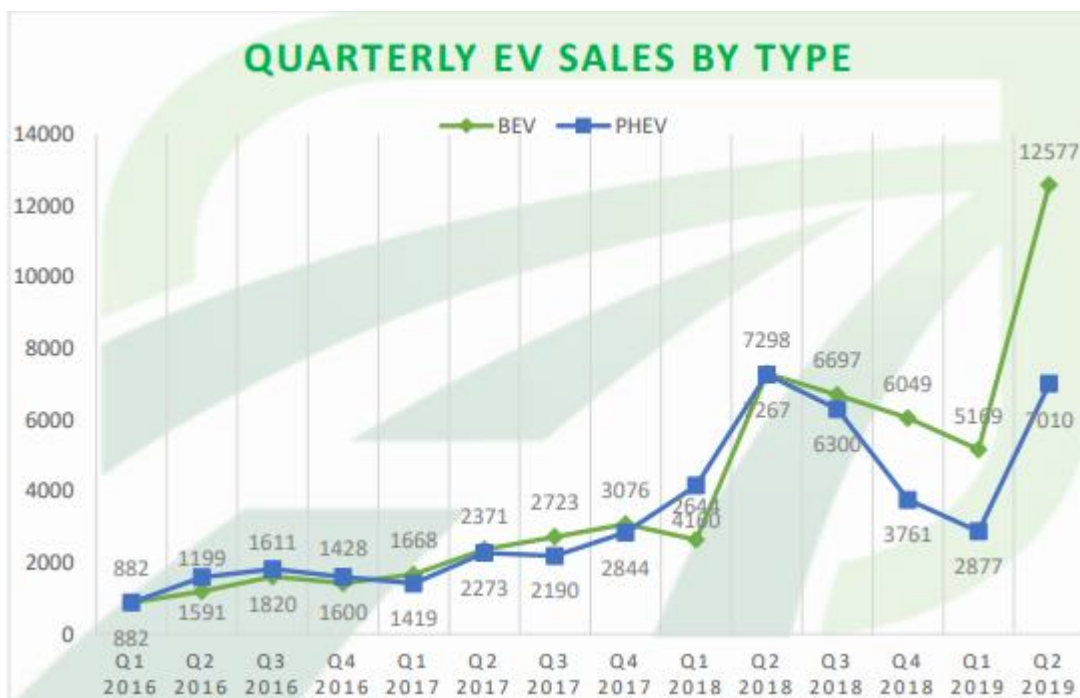


Figura 19. Crecimiento de las ventas de vehículos eléctricos en Canadá. Tomado de [8].

En 2018 Canadá contaba con 8913 cargadores aproximadamente (Solamente contado los de nivel 2 y 3, aunque de nivel 1 son menos de 50) y 93091 vehículos eléctricos en sus calles.

5.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

5.4.2.1 Parque EV / parque IC [%]

La relación entre parque eléctrico y parque de combustión interna es de 0.2327%

5.4.2.2 Número EV / número estaciones de carga públicas

Contando con 93091 carros eléctricos y 8913 cargadores, de tiene que hay una relación de 10.44

5.4.2.3 Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]

2.571% es la relación entre la capacidad agregada por puntos de carga y la capacidad instalada de la generación canadiense.

5.4.2.4 Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]

La energía consumida por lo vehículos representa el 0.0355% de la energía consumida por todo el país.

6 Chile

6.1 Elementos de política pública

6.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Desde la perspectiva de política pública, el caso de Chile se identifican diferentes directrices entre los que destacan:

Programa del gobierno actual

En el ámbito de la energía se señala la progresiva irrupción de la movilidad eléctrica como parte del abanico de oportunidades de innovación y desarrollo tecnológico al servicio del progreso del país. Medidas impulsadas señalan el fomento a la movilidad eléctrica en el transporte público, promover la movilidad de baja y cero emisiones para mejorar la calidad del aire, implementar normas de eficiencia energética para vehículos livianos y medianos y avanzar hacia sistemas de transporte eléctrico.

Ruta energética 2018-2022

La ruta energética es el plan de gobierno para el sector energía y define en su eje de “Transporte Eficiente: energía en movimiento” las siguientes metas de corto plazo: tener 10 veces más vehículos eléctricos que en el 2017 y 150 electrolineras públicas a fines del 2019. Además, en el marco de la Ley de Eficiencia Energética, se incluirá una regulación para promover el transporte eficiente, con énfasis en la electromovilidad, además de disponer regulaciones para estandarización de componentes que favorezcan un desarrollo seguro de la electromovilidad, investigación, difusión, entre otros.

Estrategia Nacional de Electromovilidad

Este documento fue lanzado en 2017, siendo el primero en establecer metas concretas de uso de vehículos eléctricos, definiendo al 2040 que el 100% del transporte público urbano sea eléctrico y que al 2050 los vehículos particulares eléctricos sean el 40% del parque. Señala además cinco ejes estratégicos:

- Regulación y estándares
- Transporte público como motor de desarrollo
- Fomento a la investigación y desarrollo de capital humano
- Impulso inicial al desarrollo de la electromovilidad
- Transferencias de conocimiento e información

6.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

La Estrategia Nacional de Electromovilidad, se elaboró gracias a un esfuerzo conjunto de los Ministerios de Energía, Transporte y Medio Ambiente. Estos ministerios también coordinan actividades asociadas a la ruta energética 2018-2022 y el plan de gobierno. Es importante notar que el servicio del Estado que ejerce la coordinación de estas iniciativas es el Ministerio de Energía.

Sin perjuicio de lo anterior, la Agencia Chilena de Sostenibilidad (Agencia público-privada) ejecuta y desarrolla iniciativas piloto asociadas al desarrollo de la electromovilidad.

Finalmente, respecto de la participación del sector privado, Enel X ha liderado el desarrollo e implementación de estaciones de carga para buses eléctricos; y aquellas participantes del “Acuerdo Público Privado del Ministerio de Energía”

6.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

Múltiples instituciones son responsables del desarrollo de la electromovilidad en Chile, en particular aquellos que han declarado de forma explícita su apoyo a través del “Acuerdo Público Privado del Ministerio de Energía”. En dicho acuerdo, las siguientes empresas, adquirieron los compromisos que se detallan más adelante:

- Chilquinta Energía (Operador de Red, Región de Valparaíso): continuar con instalaciones públicas de puntos de carga en la región de Valparaíso.
- Engie (Empresa de Generación): superar 100 puntos de carga en Santiago y regiones, junto a una plataforma de gestión.
- Enx: desarrollar una red de carga tanto en carretera y en las principales ciudades, donde se potenciarán cargadores rápidos de 50 kW.
- Copec (Distribuidor de combustibles): instalar 19 cargadores rápidos VOLTEX de 50 kW, en más de 1000 km a lo largo de todo el país, e instalar un cargador ultra rápido de 175 kW para cargas de menos de 8 minutos.
- CGE (Operador de red): mantener el costo cero en el uso de todos los cargadores de la empresa para uso particular. Duplicar puntos de carga en el país.
- Enel X (Empresa de innovación grupo Enel): completar red interconectada de carga de 100 puntos en distintas regiones del país. Entregar paquete de bienvenida para los nuevos usuarios de vehículos eléctricos con beneficio de 500 kWh para carga doméstica.

6.2 Elementos regulatorios y normativos

6.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

En el caso puntual de la red Voltex Copec, se maneja una estructura de precios de la siguiente manera:

	175 kW	50 kW	22 kW
Tiempos de carga	8 minutos	20-30 minutos	2-3 horas
Tipo de Carga	Ultra rápida	Carga rápida	Carga semi-rápida
\$/Km	35	35	25
% de ahorro	50%	50%	64%
Precio	230 \$/KWh	230 \$/kWh	30 \$/min

Figura 20. Estructura de precios Voltex Copec

El pago se realiza de manera directa vía una aplicación de la red Copec Voltex. En el caso de los cargadores asociados a Operadores de Red, se emplean en su mayoría tarjetas RFID, el cargo se realiza de manera directa al cliente.

6.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

La Agencia de Sostenibilidad Energética, en conjunto con ENEL y NISSAN, han desarrollado en Chile el primer proyecto V2G (*vehicle to grid*), esta iniciativa permitirá que la Agencia se abastezca de energía eléctrica no solo desde la red convencional de distribución eléctrica y del sistema fotovoltaico de 3 (kW) de potencia instalada, sino que también desde la batería del vehículo eléctrico que permite tener almacenada hasta 40 (kWh).

Este ejercicio permitirá comprender los desafíos regulatorios, técnicos, y económicos del V2G. Este aprendizaje también será útil para los futuros usuarios de la electromovilidad, ya que se generará información local para comprender el potencial de la tecnología, y además, se podrán validar modelos de negocio vinculados al V2G con los que dueños de vehículos eléctricos o flotas podrían verse beneficiados al autorizar el uso de la energía almacenada en sus baterías. El monitoreo del piloto contempla en un comienzo un (1) año de seguimiento donde se registrarán todos los flujos de energía que ocurran entre la red, la Agencia, el sistema fotovoltaico y el cargador bidireccional.

6.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Normativa Vigente

Ámbito Vehicular, para regular la circulación de vehículos eléctricos:

- Decreto de Etiquetado Vehicular
- Decreto de Seguridad (145/2017)
- Ley de convivencia de modos

Ámbito Energético, para la regulación de instalación de cargadores:

- Ley general de servicios eléctricos
- Norma 4/2003 instalaciones eléctricas de consumo en baja tensión
- Norma 20/78 subestaciones eléctricas para instalaciones de consumo
- Norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución
- Trámite eléctrico TE-6 de instalación de cargadores de vehículos eléctricos

Ámbito Medioambiental, para regular el tratamiento de residuos:

- Ley de Responsabilidad Extendida al Producto, que regula baterías entre otros residuos prioritarios.

Es importante mencionar que en desarrollo se encuentra el pliego técnico de electromovilidad “Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, que trata la siguiente temática:

- Instalación de cargadores. Se establecen las características de una estación de carga, exigencias de seguridad y protecciones según sea el modo de carga y el caso (instalación en viviendas, edificios, condominios, vía pública, espacios privados de uso público y terminales de flotas vehiculares)
- Homologación de cargadores. Describe las principales características que deben cumplir los cargadores en cuanto a exigencias mecánicas, eléctricas y requerimientos específicos tales como protecciones, conectores, criterios de diseño, compatibilidad electromagnética y estándares que deben cumplir. Además, se incluye un apartado con los procesos que los cargadores (equipos) de los vehículos eléctricos deberán cumplir para ser la autorización de la comercialización en Chile.

6.3 Requerimientos técnicos

6.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

De acuerdo con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) en total se tienen 149 conectores, los que se dividen en 122 puntos de carga lenta (AC) y 27 de carga rápida (DC), totalizando 3,49 MW de capacidad instalada en el país, de los cuales 71 se encuentran en la Región Metropolitana, con una suma de 1,7 MW, seguida de la Región de Valparaíso con 608 kW; las regiones de El Maule y O'Higgins con 288 kW cada una, y la Región de Ñuble con 188 kW instalados.

En cuanto a la disponibilidad de electroterminales, se dispone de seis instalaciones para buses eléctricos que suman 15,8 MW de potencia instalada, siendo el terminal de buses Vule - emplazado en la comuna de Maipú- el que cuenta con la mayor capacidad, totalizando 5,5 MW, repartidos en 37 cargadores con una potencia de 150 kW cada uno.

La siguiente figura resume las estadísticas mencionadas anteriormente.



Figura 21. Puntos de carga para vehículos eléctricos (izquierda), ubicación de electroterminales en la ciudad de Santiago (derecha). Fuente: SEC.

6.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

6.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

El crecimiento del parque vehicular tanto IC como EV se muestra en la siguiente figura.

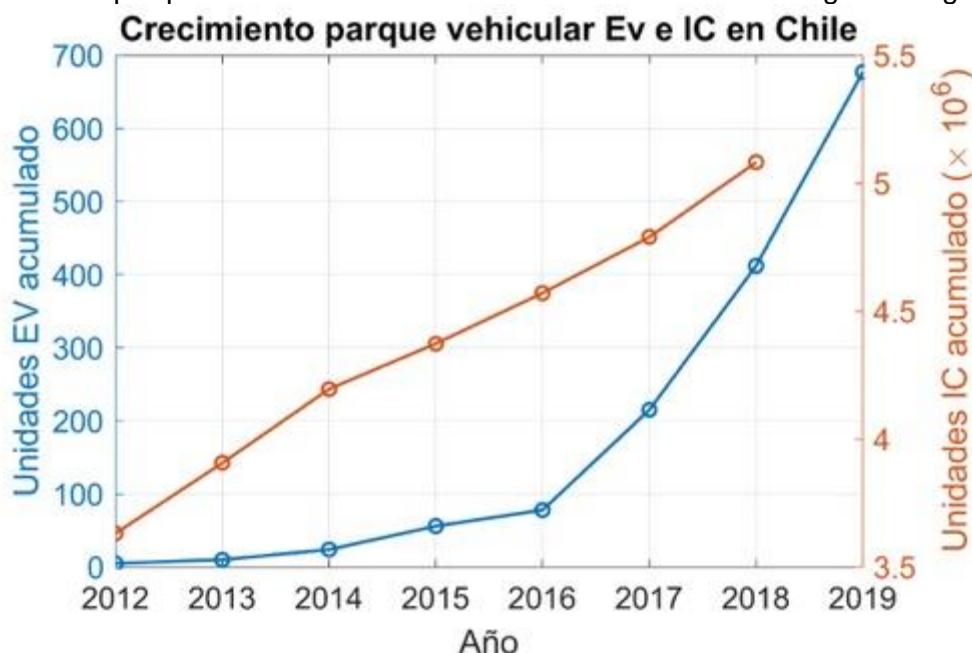


Figura 22. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Chile. Adaptado de Fuente: INE y MinEnergía.

En la actualidad el detalle del parque EV en Chile es el siguiente: 2 camiones, 18 buses interurbanos, 405 buses urbanos y 677 vehículos livianos y medianos. Por otro lado, la última estadística disponible indica que para 2018, el total del parque vehicular excluyendo camiones y buses asciende a 5.081.641

Por otro lado, como se menciona en la sección anterior, a la fecha la red carga pública es de 149 puntos de carga.

6.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

6.4.2.1 *Parque EV / parque IC [%]*

$$677 / 508.1641 = 0,0133\%$$

6.4.2.2 *Número EV / número estaciones de carga públicas*

$$677 / 149 = 4,54$$

6.4.2.3 *Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]*

$$3,49 / 23.977 = 0,014\%$$

6.4.2.4 *Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]*

$$1050,2 \text{ MWh -año} / 73.200 \text{ GWh-año} = 0,001\%$$

Supuestos: análisis sólo para parque vehicular liviano, considera una media de 25 km diarios de recorrido y un rendimiento de 0,17 kWh/km

7 Costa Rica

7.1 Elementos de política pública

7.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Desde la publicación y entrada en vigor de la Ley No. 4240, Ley de Planificación Urbana, el Gobierno de Costa Rica ha suscrito una cantidad considerable de tratados ambientales internacionales, adquiriendo en particular, compromisos en materia de implementación de políticas de desarrollo sostenible y lucha contra el cambio climático [9]. Dado que su generación de electricidad ya es casi completamente renovable, Costa Rica no puede, como la mayoría de los países, lograr reducciones significativas de emisiones en la generación de electricidad. En cambio, debe enfocarse en el transporte y particularmente en los vehículos de carretera, que representaron el 44% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2012 [10].

El viaje sin emisiones hace parte del paso natural para el crecimiento y el fortalecimiento de la industria turística de Costa Rica, que se ha convertido en un motor principal para el crecimiento económico, representando el 5,3% del PIB. Los signos de vehículos eléctricos como promotores del ecoturismo están surgiendo internacionalmente [11]

Respecto a políticas públicas relacionadas con el transporte, el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAEC) por medio de su VII plan nacional de energía 2015-2030 definió tres ejes de acción relacionados con la flota vehicular del país:

Eje 5: Hacia una flota vehicular más amigable con el ambiente

Eje 6: Con miras a un transporte público sostenible

Eje 7: En la ruta hacia combustible más limpios:

En el eje 5, se formulan objetivos y acciones para disminuir las emisiones contaminantes, promover la eficiencia energética, y modernizar la flota vehicular con miras a la disminución de la intensidad energética del sector. Como acción concreta relacionada con electro movilidad, dentro del objetivo de modernización se encuentra el fomento de la incorporación de vehículos eléctricos y del desarrollo de infraestructura de recarga. Dentro de su plan, el gobierno de Costa Rica contempló el desarrollo de una hoja de ruta para la incorporación de nuevas tecnologías del sector transporte (híbridos, vehículos eléctricos, GLP, gas natural, hidrógeno, entre otros), que a diciembre de 2016 ya se encontraba elaborada.

A su vez, el eje 6 presenta un conjunto de propuestas asociadas a la sostenibilidad del transporte público, entre ellas la minimización del número de desplazamientos y promoción de la movilidad no motorizada, optimización del transporte público masivo. Respecto a este último, se desarrolló el estudio de factibilidad del tren eléctrico de pasajeros entre las principales ciudades del Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica, que al finalizar octubre del año 2018 ya contaba con la aprobación de estudios ambientales.

Respecto al eje 7, se proponen estrategias para garantizar el acceso a combustibles derivados del petróleo, facilitar la renovación tecnológica e impulsar energías alternativas para disminuir la dependencia del petróleo. Frente a este último, se propone la creación de condiciones

técnicas y legales para la diversificación de la matriz energética [12].

En la ley de incentivos y promoción para el transporte eléctrico se habla de la exoneración del impuesto general sobre las ventas, el impuesto selectivo de consumo, y el impuesto sobre el valor aduanero dependiendo del valor del vehículo con una vigencia de 5 años. Además, equipos para ensamblaje y producción de vehículos eléctricos quedarán exonerados del pago total del impuesto de ventas, siempre y cuando el valor agregado nacional sea por lo menos de un 20%. Se incluye también, la exoneración del servicio de parquímetros. Los vehículos eléctricos podrán parquear en los espacios designados como azules dentro de los parqueaderos públicos. Se autoriza a las instituciones de la administración pública, empresas públicas y municipalidades para que promuevan la compra y utilización de vehículos eléctricos. Se faculta al Sistema Bancario Nacional para que implemente líneas de financiamiento del transporte eléctrico. Facilidades en plazos, tasa de interés, garantías y trámites. [13]

Desde el sector público se han emitido otra serie de lineamientos a fin de estimular esa transición hacia la tecnología de vehículos eléctricos, entre ellas, la Directriz 033-MINAE la cual le establece al sector público el deber de incorporar medidas y acciones para la adquisición de vehículos eléctricos o cero emisiones en su flota vehicular institucional y reflejarlas en los Planes de Gestión Ambiental Institucional (PGAI). Otra de las disposiciones es el Decreto Ejecutivo No. 41427-MOPT donde se promociona la movilidad sostenible en las instituciones de la administración pública central, para lo cual se promueve la implementación de un Plan Institucional de Movilidad Sostenible, que debe contener medidas alineadas a los vehículos eléctricos como las siguientes:

- En caso de compra o intercambio de vehículos institucionales, priorizar la adquisición o intercambio de vehículos cero emisiones en concordancia con lo dispuesto en la Ley No. 9518.
- Establecer espacios de recarga para vehículos eléctricos, en la medida de lo posible. [9]

7.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

La definición de la hoja de ruta para Costa Rica en términos de electrificación del transporte se hizo por medio del proyecto “Esencialmente eléctrica: Cómo puede abanderar Costa Rica la movilidad eléctrica”. Esta iniciativa fue financiada por el Fondo Canadiense para las Iniciativas Locales y el Banco Centroamericano de Integración Económica BCIE [9]. Con base en esta primera mirada a la electrificación del transporte en Costa Rica, el ministerio de ambiente y energía desarrolló un plan nacional de transporte eléctrico 2018-2030 con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Corporación alemana para el desarrollo internacional (GIZ) (del alemán Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). [14]

Dentro del sector público, las rectorías de los sectores permiten coordinar, articular y conducir sus actividades asegurándose que éstas sean cumplidas conforme a las orientaciones del Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública (PNDIP). A cada rector le concierne emitir las políticas públicas correspondientes a su competencia, además de visar los proyectos de instituciones públicas integrantes de su rectoría para la respectiva inscripción en el Banco de Proyectos de Inversión Pública (BPIP) del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN.

- Sector Ambiente, Energía y Mares: Ministerio de Minas y Energía
 - Secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE)
 - Consejo Subsectorial de Energía (CSE): Gerentes generales de las siguientes instituciones. Órgano de coordinación y consulta del Ministro Rector en cuanto a los planes, programas y metas que le corresponde ejecutar según las políticas gubernamentales y del PNDIP.
 - Autoridad reguladora de los servicios públicos (ARESEP): Responsable de fijar las tarifas de los servicios públicos, tanto en transporte como del servicio eléctrico.
 - Grupo ICE (ICE y CNFL)
- Sector Transporte: Ministerio de Obras Públicas y Transporte
 - Secretaría de Planificación Sectorial (SPS): Brinda asesoría técnica al ministro rector de la toma de decisiones estratégicas del sector
 - Consejo de Seguridad Vial (CSV)
 - Consejo Técnico de Aviación Civil (CETAC)
 - Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI)
 - Consejo Nacional de Concesiones (CNC)
 - Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico (INCOP)
 - Consejo de Transporte Público (CTP): Actúa como articulador entre los diferentes usuarios del transporte, además regula, fiscaliza y vigila los servicios de transporte público, la planificación operativa de los servicios de transporte público, tales como recorridos, ubicación de paradas, frecuencias, flotas, calidad del servicio, en sus diferentes modalidades, el otorgamiento y la administración de las concesiones, así como la regulación de los permisos que legalmente procedan.
- Gobierno Central e instituciones descentralizadas y municipalidades: Deben asumir roles que les corresponden en el proceso de transformación en los sistemas de transporte
- Ministerio de Hacienda: Atender tema fiscal y de inversión pública
- Instituto Costarricense de Turismo: Se ha identificado al sector turismo con un gran potencial para fomentar el transporte eléctrico en Costa Rica, ofreciendo soluciones de transporte acorde con la marca país que se exhibe a nivel internacional.
- Sector Privado: La Ley No. 9508 establece disposiciones y beneficios para que las empresas privadas participen en el ensamblaje y producción de vehículos eléctricos.
- Sector académico: Transferencia de conocimiento
 - Universidades
 - Institutos de Educación técnica
 - Laboratorios de Investigación
- Sociedad Civil: Ha promovido la movilidad eléctrica mediante festivales dirigidos a ciudadanos, brindando charlas educativas, informando en las redes sociales, haciendo cabildeo en el congreso para la aprobación de la ley y creando una asociación en torno al tema [9]

7.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

El grupo de investigación *Electric Power and Energy – Research Laboratory* de la Universidad de Costa Rica formuló una propuesta de ubicación de la infraestructura de recarga rápida para

vehículos eléctricos en Costa Rica. El objetivo principal de la investigación se concentró en la ubicación de los centros de recarga de manera que se garantice el desplazamiento de la tecnología por el país, evitando que se quede sin energía en batería. La ubicación geográfica se discutió en los talleres de infraestructura de recarga eléctrica organizados por la secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE) y la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ).

Las ubicaciones iniciales fueron sugeridas por los expertos de las empresas eléctricas y demás participantes del taller. La metodología para encontrar la cantidad mínima de centros de recarga consiste en una eliminación de las ubicaciones que menos benefician la extensión de autonomía del vehículo eléctrico. La información geográfica de la red vial se tomó del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Con los motores geográficos Google Earth, Open Street Maps y Quantum GIS (QGIS) se realiza:

Revisión de distancias entre las estaciones

Se extrae información de la topografía (elevaciones y ascensos) para efectuar el análisis de autonomía posteriormente. El análisis de autonomía se divide en los siguientes pasos:

1. Cargar la red vial nacional en el software de manejo de información geográfica QGIS.
2. Utilizar los archivos de la red de Media Tensión (MT) dados por las empresas eléctricas.
3. Ubicar los lugares iniciales en el motor geográfico Open Street Maps. Descargar los archivos de este motor geográfico y cargarlos en QGIS.
4. Transponer las capas de los archivos de los pasos 1 y 2. Marcar en QGIS las coincidencias (áreas) entre la red vial y la red MT, cercanas a las zonas establecidas en el paso 3.
5. Ubicar las coincidencias en el motor geográfico Google Earth. Marcar áreas del paso 4.
6. Calcular con Google Earth las rutas entre puntos lejanos.
7. Se listan las estaciones de cada ruta y se verifica el cumplimiento de las distancias.
8. Se extrae de Google Earth el perfil de elevación entre una estación y otra.
9. Utilizar modelo de consumo del EV para analizar el efecto de la topografía en su autonomía.

La priorización se realiza en dos etapas: La primera utiliza las rutas de los puntos lejanos de Gran Área Metropolitana (GAM) para la calcular la cantidad mínima de estaciones requeridas para llegar hasta o volver a ellos. La segunda consiste en revisar las ubicaciones sugeridas para la GAM y verificar que estas atiendan la movilidad vehicular entre cantones de origen y destino de viajes: Se utiliza información del Censo 2011 para identificar dichos orígenes y destinos. El ejercicio de simulación de ubicaciones permite prever el efecto de las decisiones que las empresas distribuidoras pueden tomar en torno a la red de recarga rápida de EV en el corto plazo.

Los criterios que se consideraron para la ubicación de centro de recarga rápida se listan a continuación:

- Para todos los efectos, el criterio principal de ubicación es la disponibilidad de red de distribución trifásica.
- Accidentes topográficos que afectan la autonomía de los EV (obligatorio)
- Flujo vehicular (obligatorio)

- Priorización de ubicaciones cercanas a centros comerciales., turísticos, lugares de descanso. (obligatorio)
- Rutas alternas para mejorar la a
- Accesibilidad al centro de recarga (opcional)
- Proximidad a las rutas nacionales y cantonales, de 1 a 2 km. Que exista facilidad de acceso entre las rutas y el punto de recarga. (opcional)
- Exposición nula a inundaciones. (opcional)

En la GAM, la ubicación de las estaciones de recarga debe garantizar una cobertura apropiada, tomando en consideración el flujo vehicular de las rutas que conectan los centros de población y los centros de destino. La información de flujo vehicular se tomó de la secretaría de planificación de MOPT, y planea usarse en la optimización en estaciones de recarga del mediano y largo plazo. Para la red de corto plazo, el análisis se puede simplificar analizando las zonas de origen y destino de viajes vehiculares. Los primeros puntos se escogieron en los extremos de la GAM. Las características que se tomaron en cuenta para demás ubicaciones de puntos de recarga contemplan:

- Cantidad de personas residentes de cada cantón que trabajan fuera del mismo (Tomado de censo 2011- Costa Rica)
- Cantidad de vehículos familiares en cada cantón (Tomado censo 2011- Costa Rica)
- Regiones demandantes de movilidad urbana con mayores centros de educación y empleadores de la GAM (Tomado de informe final del estado de la nación en desarrollo sostenible: Implicaciones sociales, económicas y ambientales del modelo de ciudad vigente en la GAM)

Los cantones se dividieron en siete zonas: Sur, norte, este, oeste, centro, noreste y sureste. El objetivo de la separación fue instalar los centros de recarga en ubicaciones que satisfagan a un grupo amplio de lugares a partir de sus necesidades, y estas en mayor medida se relacionan con el número de vehículos familiares en cada una de las zonas y con las posibles rutas que pueden tomarse hacia zonas con centros educativos o de empleo.

Fuera de la GAM, para cada ruta se realizó un cálculo de consumo energético de un vehículo eléctrico modelo. A partir de los niveles de elevación extraídos de Google Earth entre centro de recarga, se calcula el consumo del EV considerando su autonomía y se determina si este puede llegar a la siguiente ubicación con un cargador. Además, se estima el consumo de una ruta y cuáles serían las ubicaciones con más demanda, se hace claridad en la dependencia del consumo de la forma de conducción.

Para estimar velocidad y aceleración se usa el perfil genérico Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) provisto por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA del inglés Environmental Protection Agency). Los parámetros utilizados para el estudio de autonomía del vehículo provienen en su mayoría del vehículo Nissan Leaf.

Como resultado, se presenta la necesidad de 34 centros de carga rápida que asegure la suficiente autonomía de los vehículos eléctricos para llegar a los puntos más lejanos del país. 9 se ubicarán en San José (capital del estado de Costa Rica). Mencionan como aporte final la necesidad de una actualización del análisis de infraestructura de recarga rápida en función del aumento de vehículos eléctricos en el país. Además, la información deberá complementarse con la existente acerca de tráfico vehicular, que según sugieren los autores del análisis, debe recopilarse de forma sistematizada en coordinación con entes sectoriales. Los autores prevén que una cobertura robusta de cargadores en la GAM puede facilitar la adopción de taxis

eléctricos, sin olvidar que este cambio tecnológico depende de aspectos técnicos y económicos propios del gremio.

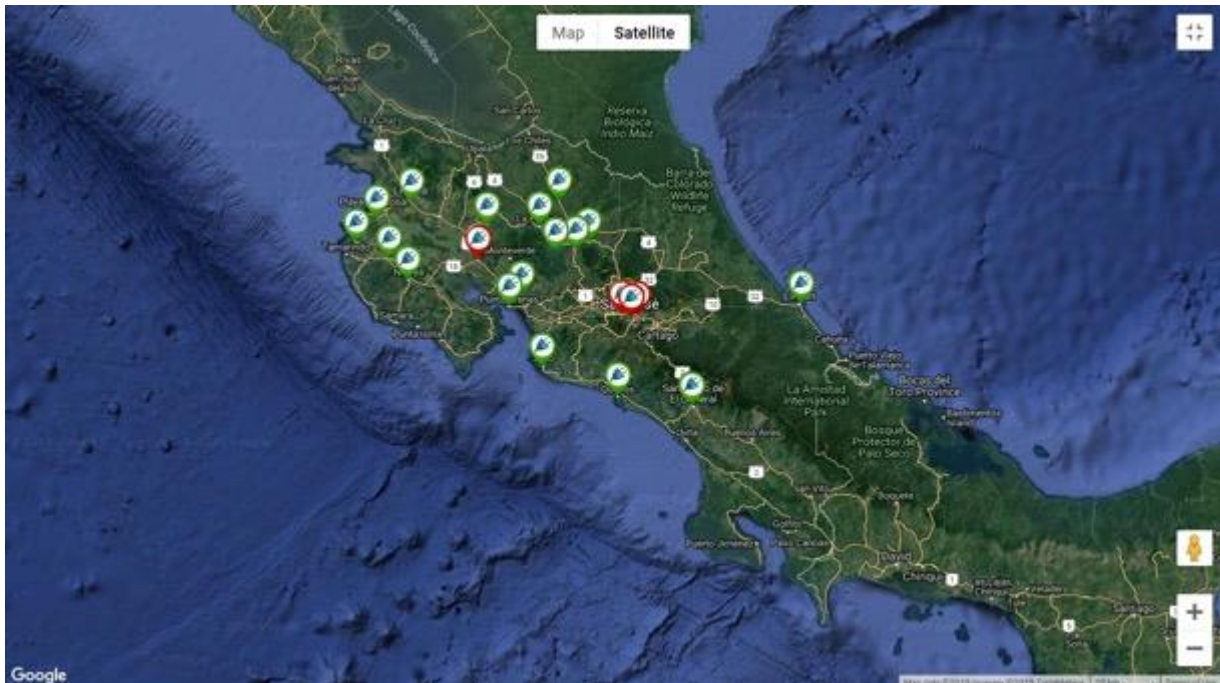


Figura 23: Ubicación de centros de carga rápida y semirápida en Costa Rica. Tomado de [10]

7.2 Elementos regulatorios y normativos

7.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

El 93% de los costarricenses viven en casas unifamiliares, en donde la carga en casa es tan fácil como conectar en EV a un plug de electricidad normal. Mientras que la mayoría de los europeos necesitan acceder a infraestructura pública de carga, en Costa Rica la carga puede depender predominantemente de la carga en casa. Con una densidad poblacional seis veces mayor a la noruega (se toma como caso de referencia), la electrificación del transporte necesitaría una inversión mucho menor en infraestructura de carga pública que Noruega.

La carga inteligente en los hogares debe ser implementada por:

1. Conductores de EV respondiendo a señales del mercado: Dentro de señales del mercado se incluyen señales de precio u otros incentivos desde el distribuidor de energía para cargar el vehículo en periodos de tiempo cuando la red tiene capacidad sobrante, evitando tiempos de pico de potencia. En Costa Rica, el mayor distribuidor de electricidad, CNFL, ofrece tarifas sobre el tiempo de uso (ToU del inglés *Time-of Use*) para sus clientes residenciales, y el plan de energía nacional convoca a que diferentes tarifas de cobro estén disponibles para todos los residentes. Sin embargo, a pesar de la entrada temprana de tarifas ToU, del 39% de los consumidores residenciales con esta facilidad, solo el 2% la aprovecha. Por otro lado, si un gran número de consumidores tomaran la ventaja de las tarifas ToU para carga inteligente, es

probable que se formara otro pico de demanda tan grande como el número de EV que empiecen a cargar al inicio de la imposición de la tarifa nocturna.

2. Empresas proveedoras de energía o terceros que administren remotamente el tiempo y la potencia de carga de acuerdo con los requerimientos de los conductores: Para evitar los retos en la estrategia administrada por conductores, la carga de EV podría en cambio ser externamente manejada. Esto implica agendar remotamente y ejecutar la carga de manera que se entregue la energía requerida para el vehículo en el tiempo requerido por el usuario, mientras se habilita a los operadores de la red eléctrica eliminar o minimizar la carga durante picos de demanda en la red local o nacional. La inspiración para estos sistemas inteligentes puede ser tomada de un grupo de experiencias internacionales en expansión:

- Carga inteligente con vehículos conectados a la nube
- Equipo de carga doméstico conectado a la nube
- Equipo de carga doméstico controlador por la red de distribución
- Sistemas híbridos combinando la conexión del equipo a la nube y los datos del lado del vehículo.

Para planeadores y operadores de red, la carga inteligente manejada externamente puede ser una herramienta más predecible para el balance de suministro y demanda, evitando corte de energía e inversiones adicionales en la infraestructura de la red y reduciendo el desgaste de esta, reduciendo la necesidad de generadores de respaldo costosos. Estos ahorros podrían dependiendo de los diseños de las tarifas beneficiar a propietarios de EV y a otros usuarios de la red. La mayor desventaja de este modelo es la necesidad de coordinación entre diferentes interesados: Usuarios de EV, operadores de red, proveedores de equipos de carga, entre otros. Si bien se espera que la flexibilidad del lado de la demanda para un equilibrio rentable de la oferta y la demanda en la red crezca en importancia en los próximos años, el marco regulatorio y operativo requerido aún no se ha implementado en Costa Rica. [11]

Solo podrán vender electricidad en centros de recarga, las distribuidoras que cuenten con su respectiva concesión de servicio público. La autoridad reguladora de los servicios públicos definirá la tarifa de venta en los centros de recarga [13]. La tarifa fijada por la autoridad reguladora de los servicios públicos en Costa Rica estableció la tarifa de carga en 182.71 ¢ por kWh (0.31 USD) + IVA + Tributos. El cliente puede solicitar su cobro a través de la facturación de su servicio eléctrico (NISE), o bien puede solicitar una factura del servicio por aparte. Para el proceso de afiliación, se deberá llenar un documento de adhesión en cualquier sucursal, donde firmará la aceptación y se le entregará la tarjeta (RFID). Esta tarjeta tiene una numeración que será escrita en el contrato y relacionará al cliente para realizar los pagos correspondientes. Sin embargo, este documento por sí solo no tiene ninguna validez, por tanto, debe presentarse a una Sucursal para formalizar el servicio. Para la solicitud definitiva se debe completar un formulario de presolicitud de afiliación al servicio. [10]

7.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

En el año 2015 se expidió el reglamento de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables. Aunque esta reglamentación no especifica si los vehículos eléctricos hacen parte de la cuota de generación con fuentes renovables, si detalla el procedimiento que debe realizar un productor-consumidor para registrar generación distribuida para

autoconsumo, y como se le retribuye su contribución a la red. Mediante esta reglamentación, se ha definido una modalidad de medición neta sencilla, que permite que se deposite en la red de distribución la energía no consumida de forma mensual, para hacer uso de ella durante un ciclo anual, en forma de consumo diferido. [15]

Entre otros lineamientos, se presentan las responsabilidades de diferentes organismos en el gobierno y en las empresas de distribución, los procedimientos para almacenar y retirar energía, la fijación de límites en los sistemas de generación [16]. Lo anterior se considera de gran utilidad para la posterior especificación de servicios conexión casa- carro V2H (del inglés *Vehicle To Home*), o de manera más general la conexión casa-red V2G (del inglés *Vehicle To Grid*).

7.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

El Capítulo VII de la Ley No. 9518 expedida en el año 2018 asigna la responsabilidad de implementar los centros de recarga a las distribuidoras de energía eléctrica, en un plazo de 12 meses después de publicada la ley. Además, se establecen distancias mínimas para la instalación de las estaciones, en el caso de carreteras nacionales de 120 km y 80 km en los caminos cantonales. La construcción y funcionamiento es una tarea que les corresponderá a los operadores eléctricos en coordinación con el MINAE-MOPT y las Municipalidades. Los centros de recarga deberán contar con una pizarra informativa sobre los puntos de recarga más cercanos, tiempo de recarga, estadísticas de consumo. La información que se presenta en las pizarras depende del ministerio de ambiente y energía. [13]

Se han definido recomendaciones para las instalaciones y los servicios de carga de vehículos eléctricos basadas en las emitidas por la Comisión Internacional Electrotécnica (ICE del inglés International Electrotechnical Commission), entre ellas, para el sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos [17], estaciones de carga en corriente continua para vehículos eléctrico [18], bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo [19], instalaciones eléctricas de baja tensión, requisitos para instalaciones o localizaciones especiales, suministro del vehículo eléctrico [20], compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para los accesorios de espigas y alveolos en corriente alterna [21], requisitos de EMC del cargador a bordo para vehículos eléctricos para la conexión conductora a la alimentación de AC/DC [22].

Por su naturaleza, la aplicación de esta normativa es voluntaria, por lo que deben establecerse los mecanismos para transformarla en obligatoria, de tal manera que se fomente la compatibilidad entre los equipos de recarga y los vehículos que utilicen los usuarios. Con el objetivo de beneficiar al usuario de un vehículo eléctrico, el centro de recarga debe contar con un sistema de cobro de la energía eléctrica, de tal forma que pueda realizar sus pagos en forma simple y en cualquier parte del territorio costarricense.

7.3 Requerimientos técnicos

7.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

La carga de EV puede afectar el sistema de electricidad con el incremento de la demanda de energía eléctrica, medida en kilowatt-horas (kWh), e incrementando el pico de demanda de potencia eléctrica, medida en kilowatts. El crecimiento de la demanda de energía podría satisfacerse con el incremento en la generación de energía eléctrica a partir del recurso solar, que se ha estimado a 0.9 TWh en el mismo lapso, y con la disponibilidad de fuentes de energía renovable inexploradas, según los autores del estudio *Electrifying emerging markets: the case of Costa Rica*, se muestra que el suministro de energía no es un impedimento para la electrificación del sistema de transporte de Costa Rica.

El impacto de la carga de EV será más pronunciado en la demanda de pico de potencia. La prevalencia de casa unifamiliares en Costa Rica significa que la carga en casas está dada a dominar en este país. El promedio de desplazamientos casa-trabajo ida y vuelta es de menos de 35 km, y la distancia desde la capital a los destinos regionales más importantes es de 100 a 240 km. Lo anterior combinado con el crecimiento mantenido en el rango de los EVs (Figura 24), significa que los costarricenses van a cargar sus vehículos en la noche. La necesidad de cargar fuera de casa se reduce en los viajes y procesos de carga rápida se requieran ocasionalmente.

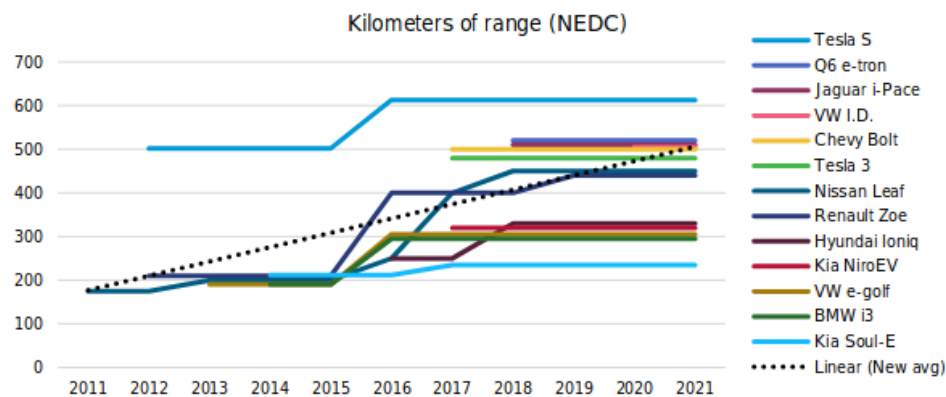


Figura 24: Rango de conducción en km carros eléctricos de baterías de marcas disponibles comercialmente en el ciclo de pruebas europeo (NEDC). El rango real depende del estilo de conducción y el clima, siendo típicamente 25% menor. Tomado de [11]

Para el análisis de impacto en el pico de potencia, el mencionado tomó como referencia la investigación británica *My Electrical Avenue* [23], que monitoreó la carga de 200 Nissan Leafs con cargadores de 3.5 kW durante 18 meses. Esta iniciativa encontró que la carga descontrolada en casas individuales aumenta en pico de potencia en 1.2 kW por hogar. Combinando la curva típica del sistema eléctrico de Costa Rica con la carga de EV del estudio británico, se encuentra que el pico de demanda aumenta el pico de la tarde en 496 MW, cerca del 32% de la demanda actual.

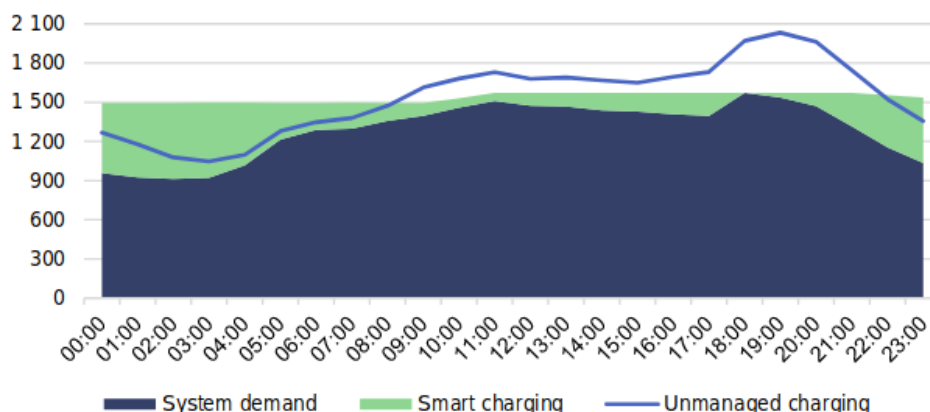


Figura 25: Curva de demanda del sistema eléctrico de Costa Rica (sección inferior azul) con el impacto proyectado de la carga no controlada de EVs (línea azul). La sección verde muestra el escenario de carga optimizada en el tiempo. Tomado de [11]

Los estudios internacionales fijan el costo de los refuerzos de la red de distribución en alrededor de \$1250 USD por vehículo, o \$511 millones de dólares para el escenario de implementación de EV 2030 del gobierno de Costa Rica.

En la Figura 25, se ve en la sección verde como capacidad suficiente está disponible debajo del pico del sistema para proveer la energía requerida para los 410000 EVs en el escenario de implementación durante las horas de menor actividad. Si bien lograr este escenario de cambio de carga perfectamente optimizado sería difícil en la práctica, muestra claramente el potencial de la carga inteligente de EV para evitar el aumento de la demanda máxima en el sistema eléctrico costarricense. [11]

7.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

7.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

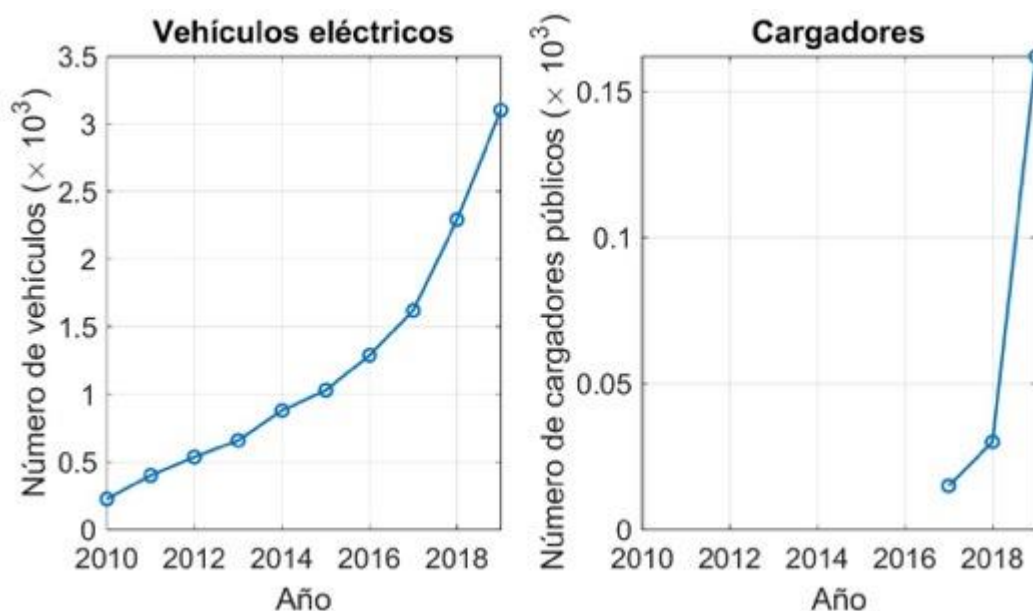


Figura 26. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Costa Rica. [24], [25]

Al 2019, se encuentran instaladas un total de 56 estaciones de recarga semirápidas, y una estación rápida que en su mayoría pertenecen a las diferentes empresas eléctricas o bien están en convenio con desarrolladores inmobiliarios o a las agencias distribuidoras de vehículos [9]. Respecto a la capacidad del sistema de atender la nueva demanda, en [26] se expone la suficiencia energética de Costa Rica, además de la existencia de recursos naturales aún sin explotar, lo que le permite hacer frente al aumento de la demanda de electricidad para la carga de vehículos.

La expectativa de crecimiento en el mercado de vehículos eléctricos se sustenta en la reducción de los precios que significa usar energía eléctrica para suplir las necesidades de transporte de los costarricenses. En la Tabla 6 se presenta la comparación entre dinero invertido por km en vehículos con motor a gasolina y el vehículo eléctrico cuando se carga con tarifa diferencial entre día y noche. La reducción en costos es notable

Tabla 6: Comparación consume combustible vehículo convencional vs vehículo eléctrico

Recurso	Precio	Unidades por recorrido de 100 km, precio, % de ahorro frente a consumo de gasolina
Gasolina	1.07 USD por litro	8 litros, 8.56 USD
Electricidad	0.15 USD por kWh día/	15 kWh, 2.25 USD, 74 %.
	0.05 por kWh noche	15 kWh, 0.75 USD, 91 %.

En cuanto a clima y topografía, las condiciones de Costa Rica son favorables, con una temperatura media de 24.7° y un sistema montañoso con condiciones similares a la de

Noruega, en donde los vehículos eléctricos han logrado suplir las necesidades de transporte de su población [26]. Una tendencia que espera tenga un crecimiento pronunciado en los próximos años en la de compradores que han comenzado a importar vehículos eléctricos usados, siendo el caso más reciente que refiere el estudio el de un Nissan Leaf, con un costo de importación y legalización de 20000 USD.

7.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

7.4.2.1 *Parque EV / parque IC [%]*

$$600/1400000 = 0.000428 * 100 = 0.0428 \%$$

7.4.2.2 *Número EV / número estaciones de carga públicas*

$$600/159 = 3.7735$$

7.4.2.3 *Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]*

$$496.08 \text{ kW} / 3584 \text{ MW} = 0.0001384 * 100 = 0.01384 \%$$

7.4.2.4 *Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]*

$$12.91 \text{ MWh/día} / 25.20 \text{ GWh/día} = 0.00051 * 100 = 0.051\%$$

8 EE. UU. (California)

8.1 Elementos de política pública

8.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

La comisión de servicios públicos de California (CPUC del inglés *California Public Utilities Commission*) desarrolla políticas para apoyar el despliegue de vehículos de cero emisiones (ZEV, del inglés *Zero Emission Vehicles*). Para lograr los objetivos de energía renovable, calidad del aire y cambio climático, la CPUC trabaja con las empresas de servicios públicos IOUs (del inglés *Investor Owned Facilities*) para proporcionar reembolsos, tarifas, infraestructura de carga y tecnologías de integración de la red de vehículos a los conductores de ZEV.

Las actividades de las CPUC frente a la adopción de vehículos de cero emisiones se dividen en cuatro categorías:

- Tarifas de electricidad y costos de abastecimiento de combustible.
- Política de integración de la red de vehículos y pilotos
- Implementación de infraestructura de carga e incentivos
- Evaluación del programa y coordinación interinstitucional.

Por su parte, la gobernación emitió un documento denominado 2018 ZEV Action Plans: Priorities Update como el que se refina las acciones con mayor prioridad desde la visión del gobernador [27]. El programa ZEV requiere que los fabricantes de automóviles aumenten la producción de ZEV en función del porcentaje de sus ventas de vehículos dentro del estado. Entre 2018 y 2025, el porcentaje de ventas totales de vehículos que deben ser ZEV aumentará de aproximadamente 4% a 15.4% [28]. Sin embargo, las proyecciones recientes muestran que para 2025, California probablemente tendrá una tasa de penetración de EV del 6%, debido a las diferencias entre las características proyectadas y reales de los EV comprados y cómo se tratan bajo el programa [29].

Reembolsos estándar de combustible bajo en carbono

Las empresas de servicios eléctricos ofrecen reembolsos a sus clientes que conducen vehículos eléctricos enchufables (PEV).

- PG&E Clean Fuel Rebate
- SDG & E Crédito de clima para vehículos eléctricos
- Recompensas de combustible limpio SCE

Los fondos para estos reembolsos provienen de las ventas de créditos de servicios públicos recibidos a través del Estándar de Combustible Bajo en Carbono (LCFS) de California. [27]

Reembolsos estatales de vehículos

Los clientes que compran o arriendan un vehículo eléctrico pueden ser elegibles para reembolsos a través del proyecto de reembolso para vehículos limpios. Este programa ha emitido casi \$ 350 millones en reembolsos desde que comenzó en 2009. [27]

Tanto CPUC como la comisión de energía de California (CEC del inglés *California Energy Commission*) proporcionan fondos para la instalación de estaciones de carga en todo California.

CPUC proporciona la fuente de fondos para los programas piloto de servicios públicos propiedad de inversores (IOU). Los fondos de la CCA se dedican a través del Plan de Inversión del Programa de Tecnología Alternativa y Renovable de Combustibles y Vehículos (ARFVTP). [30]

También se aprobó un piloto de incentivos para concesionarios, en el que se otorguen beneficios a los vendedores si logran ventas de EV y suscripciones a la tarifa de SDG&E. A su vez, SCE ha diseñado planes con suscripciones a clientes comerciales en el que ofrecen cinco años libre de cargos por demanda. De esta manera, el ahorro en la demanda se va a suplir los costos de inversión en infraestructura. Estos cinco años de gracia pretenden dar tiempo al desarrollo de planes de manejo de carga. PG&E propone una tarifa comercial basada en una suscripción de pago mensual, que se espera sea combinada con una tarifa de energía volumétrica de ToU. [31]

8.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

PG&E, SCE y SDG&E están implementando actualmente programas piloto para instalar infraestructura para soportar la carga de vehículos eléctricos en viviendas de varias unidades, lugares de trabajo y destinos de interés público. Cada empresa de servicios públicos convoca a un consejo asesor del programa compuesto por representantes de agencias estatales, defensores de los contribuyentes, grupos de justicia ambiental, proveedores de tecnología, fabricantes de automóviles y otros para proporcionar comentarios y orientación sobre el diseño y la implementación del piloto. Los tres pilotos de servicios públicos instalarán la infraestructura para soportar hasta 12,500 estaciones de carga con presupuesto total de hasta \$ 197 millones. [27]

8.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

En Julio de 2019 la oficina de desarrollo económico de la gobernación de California publicó el documento *Electric Vehicle Charging Station Permitting Guidebook*, en el que presenta una guía de los requerimientos de planeación, autorización, accesibilidad y conexión a la red para la constitución de una estación de carga. Las características de los lugares en los que se puede instalar una estación de carga contemplan la pertinencia en términos de flujo vehicular, espacio disponible para la instalación del equipo de carga, un lugar que no tenga restricciones de uso, capacidad eléctrica o buena colocación respecto al tendido eléctrico, facilidad en la adquisición del lote, considerando que se compite con otros usos de la tierra. [32]

El estado de California expidió la ordenanza local AB 1236 para que todas las ciudades y condados desarrollen un proceso de permisos acelerado y simplificado para todos los niveles de estaciones de carga de vehículos eléctricos (nivel 1, nivel 2 y DCFC). La ley se desarrolló con base en la realidad de que la disponibilidad de infraestructura de carga impulsa la adopción de vehículos de cero emisiones: cuanto más rápido se implementen las estaciones de carga, cuanto antes mejore la calidad del aire de California, se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y se capturen los beneficios económicos locales. [33]

El código de estándares de construcción ecológica de California (CALGreen) incluye disposiciones obligatorias para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos (EV) para apoyar la instalación futura de estaciones de carga. Los nuevos edificios multifamiliares con

17 o más unidades deben instalar infraestructura de carga EV en el 3 por ciento de los espacios de estacionamiento. El personal de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB) completó un análisis técnico y de costos para determinar si estos estándares actuales de construcción son adecuados para satisfacer la demanda de carga de vehículos eléctricos en viviendas multifamiliares en 2025 y más allá. [30]

El condado de San Diego ha desarrollado un documento con buenas prácticas para la instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos en consorcio con la Comisión de energía de California, la asociación de gobiernos de San Diego (SANDAG) y el centro de energía sustentable (CSE). El programa se llama Plug-in SD e incluye:

1. Una revisión de los códigos y estándares relacionados con la instalación de cargadores eléctricos
2. Una visión general de retos comunes en las instalaciones en diferentes escenarios.
3. Mejores prácticas para asistir departamentos de oficinas locales y contratistas eléctricos para preparar en anticipación el incremento de las instalaciones de los puntos de carga.

El estado de California generó un documento - Vehículos eléctricos Plug-In: Pautas para puntos de carga universales y mejores prácticas. Enuncia requerimientos en términos del espacio designado para cargadores, accesibilidad, número mínimo de cargadores en calle, proximidad a edificios, vía pública, medidas de los cargadores, y espacios libres a sus alrededores, especificaciones de las demarcaciones. En el equipamiento para las estaciones de carga se incluyen pedestales y estaciones de pago. [1]

8.2 Elementos regulatorios y normativos

8.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

Frente a las tarifas de energía para recarga de EV, la CPUC ha aprobado tarifas diferenciales por tiempo de uso (ToU) para clientes residenciales de PG&E, SCE, SDG & E, Bear Valley y Liberty Utilities que conducen EV y cobran en casa. Las tarifas de ToU están diseñadas para proporcionar señales de precios a los clientes sobre cuándo es mejor utilizar la electricidad para optimizar el uso de los recursos de la red y mantener tarifas y confiabilidad razonables. Las tarifas y los períodos de ToU varían según la utilidad, pero en general, las tarifas son más bajas de la noche a la mañana, lo que les da a los conductores suficiente tiempo para cargar sus vehículos eléctricos mientras están en casa. Las tarifas también dependen de la segmentación de horas pico, en invierno y verano, días entre semana y fines de semana. [31]

Por otro lado, en 2016, PG&E, SCE y SDG&E comenzaron a proporcionar reembolsos a los conductores de vehículos eléctricos a través del Estándar de combustible bajo en carbono (LCFS del inglés *Low Carbon Fuel Standard*) del estado. Los conductores de EV generan créditos LCFS mediante el uso de combustible bajo en carbono (electricidad), y las empresas de servicios públicos reciben créditos en nombre de sus clientes. Cuando las empresas de servicios públicos venden los créditos, utilizan los ingresos para distribuir reembolsos y créditos en la factura a sus clientes residenciales que manejan un EV, reduciendo efectivamente el costo del conductor para comprar u operar el EV. Los montos para reembolsar

dependerán de los proveedores de energía eléctrica a los que estén suscritos los conductores de EV, que van de 450 USD para SDG&E hasta 1000 USD en el caso de SCE. [31]

8.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

La CPUC, en colaboración con otras agencias estatales, está desarrollando políticas que apoyan la integración de la red de vehículos (VGI). VGI ayuda a alinear la carga EV con las necesidades del sistema eléctrico. Para hacer esto, los vehículos eléctricos deben tener capacidades para gestionar la carga o admitir la interacción bidireccional entre los vehículos y la red. En 2014, el personal de la División de Energía de CPUC emitió un documento técnico de VGI y apoyó el desarrollo de CAISO de la hoja de ruta de VGI del estado. [34]

En esta hoja de ruta se determina las actividades para tres canales que se han definido como claves para el manejo de V2G:

- Determinar el valor y el potencial de VGI
- Desarrollar políticas habilitantes, regulaciones y procesos de negocios.
- Soporte para el desarrollo tecnológico

En 2017, el personal de la División de Energía de la CPUC inició un grupo de trabajo público para evaluar si la adopción de un protocolo de comunicación es necesaria para permitir que los recursos de VGI participen más económicamente en los mercados de electricidad a escala. Más de 130 expertos internacionales participaron en el proceso del grupo de trabajo, que consistió en 15 reuniones dirigidas por facilitadores a lo largo de 2017. [31]

Con base en la retroalimentación y orientación de las partes interesadas, el personal de la División de Energía ha determinado que no es aconsejable exigir a las empresas de servicios públicos propiedad de los inversores que solo utilicen un único protocolo, o una combinación específica de protocolos, para sus inversiones en infraestructura en este momento. Sin embargo, la división de energía proporciona ciertas recomendaciones de rendimiento de hardware destinadas a permitir que el mercado pruebe y potencialmente converja en un protocolo en el futuro. [35]

8.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

El documento "Plug-In Electric Vehicles: Universal Charging Access Guidelines and Best Practices" emitido por la oficina de planeación y desarrollo del gobernador da las directrices para la construcción de estaciones accesibles de carga de vehículos eléctricos enchufables en sitios públicos y privados y dentro de los derechos de pasos públicos. Hacer que las estaciones de carga dentro de los derechos de paso públicos sean totalmente accesibles puede ser un desafío, como lo ilustran los ejemplos en la "Accessibility and Signage for Plug - in Electric Vehicle Charging Infrastructure Report and Recommendations" de mayo de 2012. Se han adaptado disposiciones similares de las directrices federales de accesibilidad propuestas para instalaciones peatonales en el derecho de paso público relacionadas con el estacionamiento como base para las instalaciones en la calle. [36]

Cuando se hagan alteraciones a instalaciones ya existentes, un camino de accesibilidad debe ser provisto con los siguientes servicios:

1. Una entrada primaria a la instalación
2. Instalaciones de baño
3. Fuentes de agua potable
4. Teléfonos públicos

Estándares para edificios con equipos de suministro para vehículos eléctricos: La comisión de estándares de edificios en California expidió estándares obligatorios para la instalación de equipos de suministro para vehículos eléctricos, en particular el artículo 625 enuncia las condiciones de acople para vehículo eléctrico: El acoplador debe estar construido para protegerse contra contacto inadvertido por personas con partes de la estación de carga o de la batería. Además, menciona la necesidad de prevenir desconexiones no intencionadas, con el diseño de un polo a tierra para que sea el primero en hacer contacto y el último en desconectarse al interrumpir el contacto. [37]

Respecto a los conectores y plugs, la mayoría de los EVSE y PEV modernos tienen un conector y receptáculo estándar basado en el estándar SAE J1772 desarrollado por SAE International como se ve en la Figura 27. Cualquier vehículo con este receptáculo puede usar cualquier EVSE de Nivel 1 o Nivel 2. Todos los principales fabricantes de vehículos y sistemas de carga son compatibles con este estándar, que debería eliminar las preocupaciones de los conductores sobre si sus vehículos son compatibles con la infraestructura de carga disponible. La mayoría de los PEV disponibles actualmente que están equipados para aceptar la carga rápida de DC utilizan el conector CHAdeMO, desarrollado en coordinación con Tokyo Electric Power Company, que no es estándar en los Estados Unidos. Los fabricantes pueden ofrecer el receptáculo de carga rápida CHAdeMO DC, ver Figura 28, como una opción en vehículos con capacidad de carga rápida hasta que se establezca un estándar. SAE International también está trabajando en un estándar de "conector híbrido" para carga rápida que agrega pines de contacto de alimentación de DC de alto voltaje al conector J1772, lo que permite el uso del mismo receptáculo para todos los niveles de carga.



Figura 27: Estandar SAE J1772: Conector del EVSE se ajusta con el receptáculo del estándar SAE J772. Tomado de [1]



Figura 28: El receptáculo del estándar J1772 (a la derecha) puede recibir carga de EVSE nivel 1 o nivel 2. El receptáculo CHAdeMO de carga rápida (a la izquierda) usar un tipo diferente de conector. Tomado de [1]

8.3 Requerimientos técnicos

8.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

En 2030, más de 1.5 millones de vehículos eléctricos enchufables estarán en la carretera, según la Comisión de Energía de California. A medida que el transporte se electrifica progresivamente, una carga creciente se traslada a la red eléctrica. Para dimensionar el impacto del aumento en el consumo de energía eléctrica, la comisión de energía de California (CEC del inglés *California Energy Commission*) en compañía del Instituto Nacional Lawrence Berkeley (LBNL del inglés *Lawrence Berkeley National Laboratory*) prepararon un documento denominado Project Electric Vehicle Hourly Loads for the 2017 California Energy Demand Forecast.

En este estudio, los autores consideran vehículos híbridos y totalmente eléctricos con una amplia gama de tipos, incluidos automóviles compactos y deportivos. El estudio toma en cuenta el desarrollo de infraestructuras de carga, el comportamiento humano hacia la carga de sus vehículos, la temperatura ambiente, los patrones de viaje típicos de los californianos y las múltiples tarifas de adopción de tarifas por tiempo de uso. [38]

El comportamiento de carga de los vehículos eléctricos se caracterizó usando aquella que suministraban dos marcas de equipos para EV en California. Se usaron datos de carga de miles de unidades públicas y residenciales. Con la información obtenida, los equipos de carga se dividieron en zona geográfica y del tipo de equipo. Luego, se crearon las curvas características para cada grupo. [38]

El equipo de LBNL utilizó el software V2G-Sim para simular PEV y producir perfiles de demanda. El software fue desarrollado en LBNL y está disponible públicamente en <https://github.com/Samveg/V2G-Sim-beta>

Las entradas del modelo son:

1. Metainformación: Temperatura ambiente, que incrementa con la distancia recorrida
2. El desarrollo de la infraestructura de carga, discriminado por los tres tipos de cargadores (1.4 kW, 7.2 kW, 100 kW), además del número de puntos de carga por ubicación
3. Cantidad de vehículos por cada modelo de carro: Factor de eficiencia, capacidad de la batería, máxima potencia de carga
4. Tarifas de electricidad por cada ubicación.
5. Itinerarios de viajes: Representan cuando, a donde, y que tan lejos los conductores de EV viajan. Los datos de la encuesta nacional de viajes (NHTS del inglés *National Home Transportation Survey*) de California en 2009 se usan en este estudio.
6. Características detalladas de cada tipo de vehículo

Salidas:

1. Demanda de potencial
2. Número de vehículos conectados
3. Número de vehículos parqueados

Los datos del NHTS de California 2009 muestran una mediana de 50 km recorridos (VKT del inglés Vehicle Kilometers Traveled) por día, con el 80 por ciento de las personas conduciendo menos de 80 VKT por día.

La infraestructura de carga es el puente entre los vehículos y la red. A medida que cambia la penetración de los cargadores en diferentes ubicaciones, cambia la forma de la demanda de energía. Por ejemplo, cuando las estaciones de carga están más disponibles en los lugares de trabajo, la demanda de energía aumenta a las 8 a.m. seguido de una reducción de las 8 p.m. demanda máxima en ubicaciones de origen. Cuando cada propietario de PEV carga sus vehículos en el lugar de trabajo (línea púrpura en la Figura 29), la demanda máxima de PEV cambia de alrededor de las 8 p.m. a las 8 a.m.

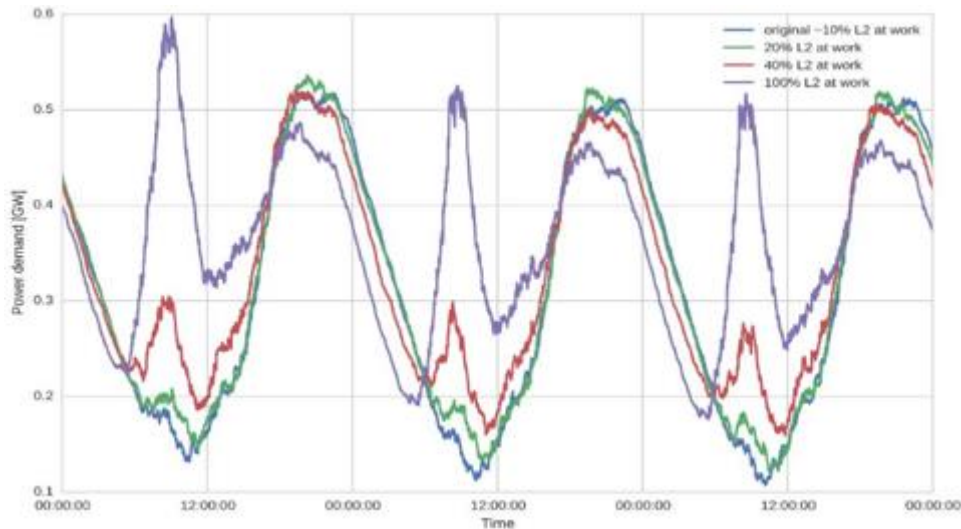


Figura 29: Demanda de energía de la zona de pronóstico 1 para diferentes penetraciones de cargadores L2 en los lugares de trabajo, datos minuto a minuto del 17 de junio al 20 de junio de 2030. Sin precios de TOU. Tomado de [38]

La investigación concluye con un estimado de 3 gigavatios adicionales de demanda de energía de los vehículos eléctricos enchufables a las 8 p.m. en la red en 2030. Por lo tanto, los vehículos eléctricos enchufables causan un aumento de la demanda máxima del 6 por ciento en el área de servicio del Operador del Sistema Independiente de California en 2030. Como el crecimiento de los vehículos eléctricos enchufables podría concentrarse geográficamente, este estudio sugiere que es necesario para ver las restricciones del sistema de energía en los niveles de transmisión y distribución para comprender el impacto total en la red del vehículo eléctrico enchufable. [38]

8.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

8.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

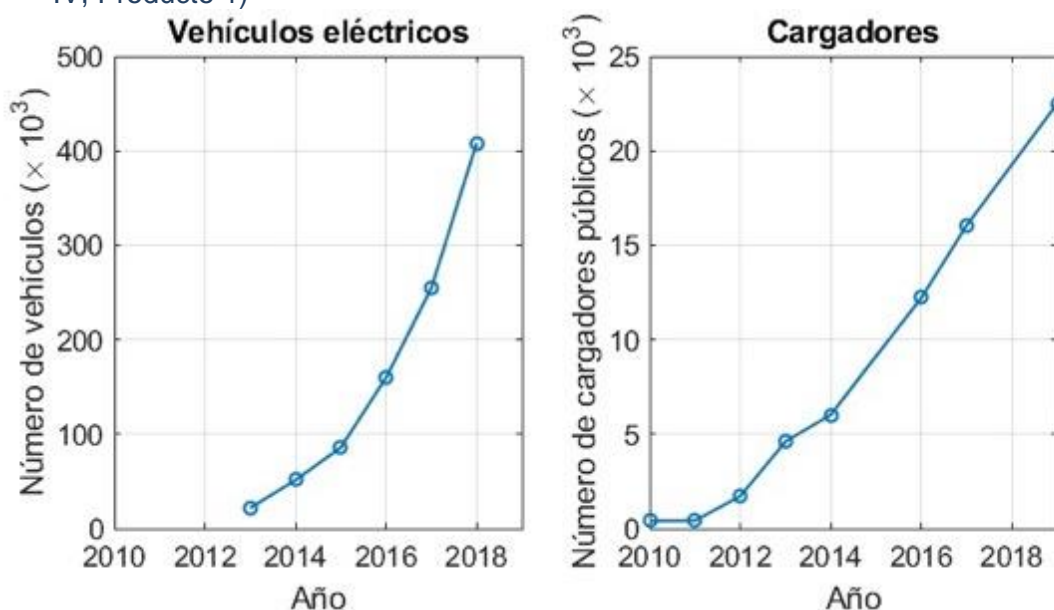


Figura 30. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en California. [39], [40], [41], [42], [43], [44]

Tabla 7. Estimación de CARB de la cantidad de estaciones de carga de EV financiadas para la instalación en viviendas multifamiliares debido a los programas piloto de infraestructura de IOU. Adaptado de [30].

Empresa	Estación de Carga de EV	Ubicaciones	% instalado en multifamiliares	Rango de estaciones de carga de EV instaladas en casas multifamiliares	
				Bajo	Alto
SDG&E	3500	Multifamiliares y sitios de trabajo	40 -60%	1400	2100

SoCalEdison	1000	Multifamiliares, sitios de trabajo y centros públicos	4-6%	40	60
PG&E	7500	Multifamiliares y sitios de trabajo	20-50%	1500	3750
Total	12500			2940	5910

8.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

8.4.2.1 *Parque EV / parque IC [%]*

$$52000/14600000 = 0.00356 * 100 = 0.356 \%$$

8.4.2.2 *Número EV / número estaciones de carga públicas*

$$52000/15193 = 3.4226$$

8.4.2.3 *Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]*

$$174415.64 \text{ KW} / 194842 \text{ MW} = 0.00089516 * 100 = 0.089 \%$$

8.4.2.4 *Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]*

$$305.86 \text{ MWh/día} / 704.843836 \text{ GWh/día} = 0.000433 * 100 = 0.043 \%$$

9 Holanda

9.1 Elementos de política pública

9.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

La toma de decisiones en Holanda está basada en lo que se conoce como “poldermodel” donde por consenso de partes privadas y el gobierno llegan a un acuerdo y emiten todas las políticas públicas del país. El caso de la electrificación del transporte no es una excepción a esto. Sin embargo, todas las decisiones no son centralizadas, sino que cada gobierno local tiene libertad en crear sus propias políticas respetando las que son emitidas a nivel de todo el país. La evolución de la electrificación fue planeada en 4 etapas mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 8. Plan de Desarrollo de la electromovilidad en Holanda.

Time frame	Market development	Electric vehicles on the road (3 or more wheels)	Program stage
2009–2012	demonstration projects	2,500–3,000	start-up phase
2012–2015	upscaling	15,000–20,000	implementation
2015–2020	continued roll-out	200,000	consolidation
> 2020	mature market	1,000,000 cars in 2025	scaling back

Esta planeación fue realizada en el “Action Plan for Electric Driving” emitido en el 2009. Hasta el momento se han cumplido las estimaciones realizadas ya que a 2019 Holanda cuenta con una flota de más de 200,000 vehículos eléctricos. La primera etapa estuvo enfocada en la experimentación e investigación. Desde el año 2008 ya se venían realizando asociaciones con estos fines donde surgió la “Dutch Innovation Centre for Electric Road Transport” también conocida como Dutch-INCERT. En esta organización se vincularon diferentes institutos donde se buscaba la unión de la investigación científica, innovación tecnológica y educación con la transición a transporte eléctrico en las vías holandesas. En esta primera etapa también el operador de la red eléctrica hizo pruebas para medir las consecuencias de la electrificación del transporte en este país.

La segunda etapa estuvo dirigida hacia la creación de una infraestructura de carga suficiente para los planes de crecimiento de EVs. En 2011, se establece “e-Violin” la cual es una asociación de operadores de puntos de carga con fines de facilitar la accesibilidad de estos teniendo estándares de carga y pagos. Solamente a finales de 2013 Holanda ya contaba con más de 5000 puntos de carga públicos [45]. Para finales de 2014 se creó la “National Charging Infrastructure Knowledge Platform Foundation” (NKL) con el propósito de reducir los costos de infraestructura pública para todos los stakeholders a través de proyectos compartidos. Esta Fundación logra la optimización del proceso de instalación que incluye el operador del sistema de distribución, operador del punto de carga y consumidores [46].

La tercera etapa y parte de la segunda se vieron involucradas estrategias para incentivar la compra del vehículo. Estas estrategias han ido dirigidas sobre todo a la reducción de impuestos. Por ejemplo, en lo que respecta al impuesto de registro del vehículo, a los carros eléctricos no se les cobra. Por parte del impuesto de renta los vehículos pagan 4% en vez de 25%.

Además de las ayudas financieras con reducción de impuestos, con la creación de Zonas de baja emisión en ciudades como Rotterdam, Ámsterdam, La Haya y Utrecht también se ha incentivado el uso de movilidad eléctrica. En estas zonas se regula permanente el tránsito de ciertos vehículos que no cumplan con estándares de emisiones establecidos para cada ciudad. Se espera que en 2030 estas zonas se vuelvan zonas de cero emisiones donde se pasa de regular a prohibir el paso de vehículos con emisiones de gas carbónico.

9.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

En 2009 surgió la “Formula E-Team”, una asociación público-privada donde los principales stakeholders, como la comunidad empresarial, instituciones de conocimiento y el gobierno, trabajan juntos en el transporte eléctrico. Se estableció con el fin de promover desarrollos en el transporte eléctrico, para vincularse con desarrollos en el extranjero y con oportunidades de crecimiento sostenible. Los acuerdos a los que se llegan en esta asociación se reportan en el *Green Deal reports*, donde el gobierno intenta eliminar barreras o cuellos de botella en los planes sostenibles. Esta asociación surge con el fin de volver a los Países Bajos el principal terreno de pruebas para la movilidad eléctrica y el gobierno destina 65 millones de euros con este fin. Esta asociación es la principal coordinadora de todas las actividades relacionadas con la electromovilidad en Holanda.

9.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

Holanda cuenta con una densidad de 23.25 estaciones de carga por cada 100km recorridos en sus vías [47], siendo esta la densidad más alta del mundo hasta ahora. Como se puede ver en el siguiente mapa, en todo el territorio holandés hay presencia de estaciones de carga.



Figura 31. Mapa estaciones de carga Holanda. A: LA Haya, B: Rotterdam, C: Ámsterdam. Tomado de [46].

9.2 Elementos regulatorios y normativos

9.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

El esquema que se ha seguido en Holanda para la integración de las estaciones de carga ha sido a través de la asociación público-privada “E-Violin” la cual estandariza los requerimientos y métodos de pago de todas las electrolineras.

9.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

Partiendo de la preocupación de si las redes locales están preparadas para soportar el incremento de EVs y que los picos de carga de EVs coincide con el pico de demanda, desde 2017 se han iniciado múltiples proyectos piloto en ciudades de Holanda como Ámsterdam, Utrecht y Lochem. En Utrecht el 2017 se inició el proyecto “Smart solar charging” el cual es un piloto que busca combinar las estaciones de carga mediante energía solar con carga bidireccional inteligente usando tecnología V2G. Mediante esta carga inteligente se pretende prevenir congestiones en la red de bajo voltaje y también evitar la necesidad de hacer grandes inversiones en la red a futuro [48]. Este proyecto piloto, liderado por el operador de puntos de carga Lomboxnet en asociación con diferentes compañías e instituciones y financiado en gran parte por el “European Regional Development Fund”, se evaluará 4 años en 5 diferentes áreas de Utrecht con el fin de desarrollar un estándar de V2G.

En Lochem y Ámsterdam surgió “Ámsterdam Vehicle2Grid”, un proyecto piloto que también busca combinar la energía solar con V2G dado el gran crecimiento que ha tenido la tecnología solar dentro de la matriz energética de este país. Al igual que el proyecto anterior, este busca evaluar los impactos que podría tener el uso de V2G en los cargadores públicos únicamente, con la diferencia que también se tienen en cuenta servicios complementarios de regulación de voltaje y frecuencia además de “Imbalance market” y servicios de almacenamiento para energía solar. Los usuarios que utilicen estos puntos de caga bidireccionales se les da una compensación financiera.

Por parte de la Unión Europea, se está desarrollando un proyecto llamado “SEEV4-city” En el que en 4 ciudades europeas se llevan a cabo diferentes proyectos piloto de V2G. En el caso de Amsterdam se tienen dos proyectos. El primero es de Vehicle-to-Street/Neighborhood (V2S) llamado “Amsterdam Flexpower” el cual busca disminuir el pico de consumo causado por la masificación del transporte eléctrico en la ciudad. El segundo proyecto que se desarrolla en Ámsterdam es en el Johan Cruijff Arena en donde se instaló un sistema de almacenamiento en reemplazo de una planta de energía tradicional que junto con 8 cargadores bidireccionales se maximizar el provecho de una planta solar instalada en el mismo estadio.



Figura 32. Infraestructura del proyecto V2G en el Johan Cruijff Arena. Tomado de [49].

Por último, en septiembre de 2019, el gobierno holandés, por parte del ministerio de infraestructura y manejo del agua, otorgó 5 Millones euros a 21 municipalidades con el fin de ayudar a la instalación de 472 cargadores inteligentes con funcionalidad V2G. Es espera que en 2020 entren algunos de los cargadores planeados y se planteó pagar a los usuarios de EVs que hagan uso de estos cargadores [50].

9.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Existen diferentes protocolos o estándares que se siguen en las instalaciones de puntos de carga. Algunos de estos protocolos son: Open Charge Point Protocol, Open Automated demand Response Standard, Open Smart Charging Protocol, IEC 61850, eMobility intoperation Protocol.

9.3 Requerimientos técnicos

9.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

La demanda energética por parte de la electromovilidad en Holanda es de 448.78 GWh al año.

9.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

9.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

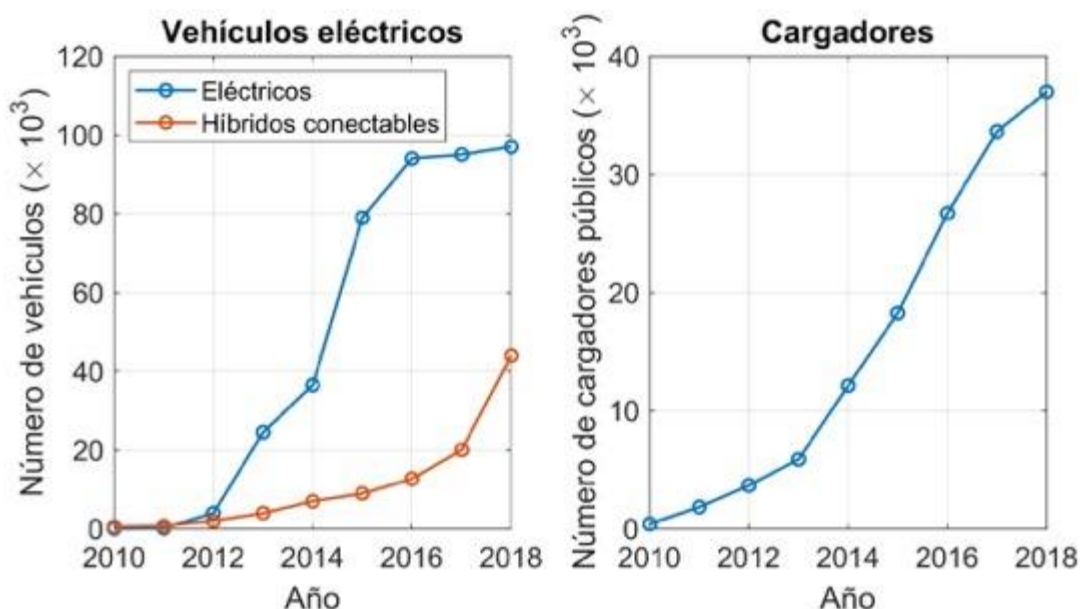


Figura 33. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Holanda. Tomado de [51].

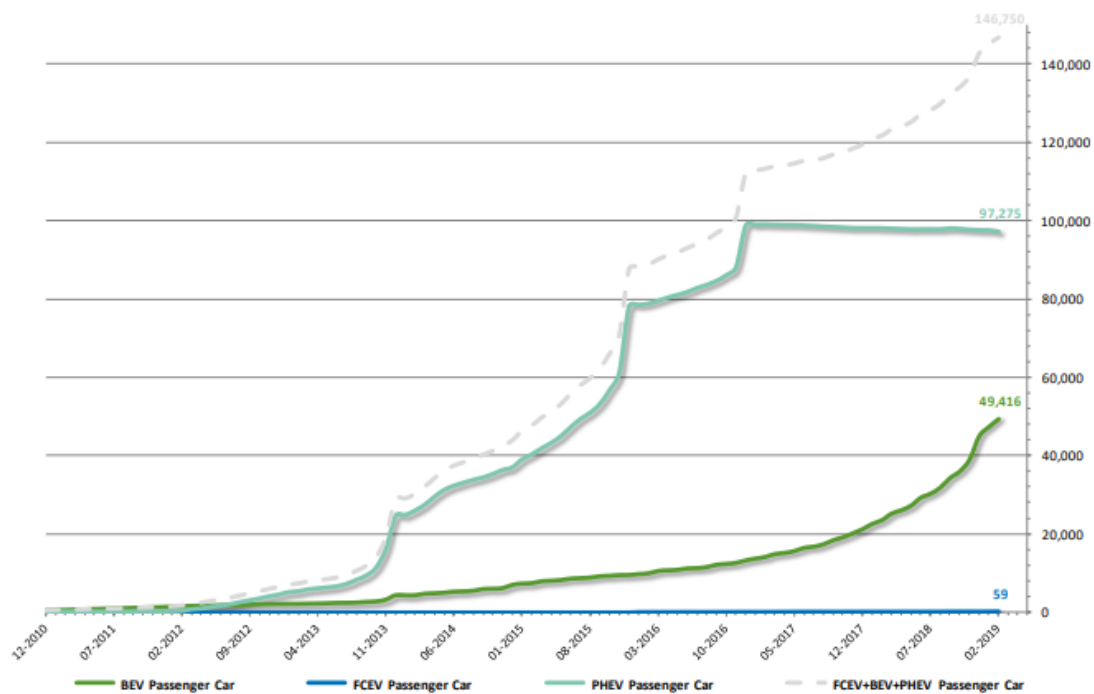


Figura 34. Crecimiento de la flota vehicular eléctrica en Holanda. Tomado de [51].

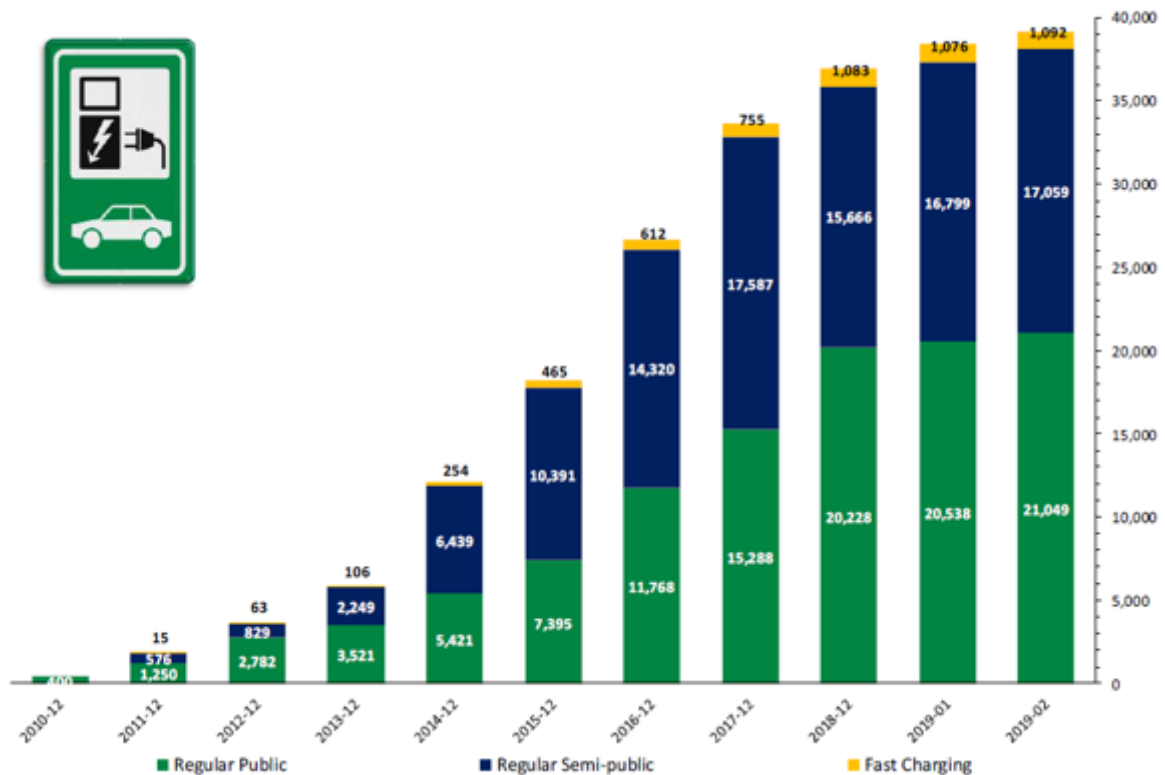


Figura 35. Desarrollo de los puntos de carga en Holanda. Tomado de [51].

9.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

9.4.2.1 *Parque EV / parque IC [%]*

Holanda cuenta con una relación de 2.17%

9.4.2.2 *Número EV / número estaciones de carga públicas*

Teniendo 202,624 vehículos y 39200 puntos de carga, este indicador es de 5.17

9.4.2.3 *Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]*

Tomando la potencia promedio de cargadores lentos de 3.6kW y de cargadores rápidos de 50kW, se tiene que esta relación es de 45%.

9.4.2.4 *Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]*

La relación entre demanda consumida por EVs y la demanda total del país es de aproximadamente 1%.

10 Japón

10.1 Elementos de política pública

10.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

El gobierno japonés introdujo una política de promoción de autos ecológicos como parte de la legislación de Reforma Fiscal del año fiscal 2009 para estimular las ventas no solo de vehículos de combustible alternativo, sino también de vehículos convencionales que ahorran combustible y tienen bajas emisiones. La política de reducción de impuestos estaba relacionada con dos impuestos en Japón: el impuesto a la adquisición de automóviles y el impuesto al peso del automóvil. Cuanto más ecológico era el vehículo, mayor era el nivel de reducción de impuestos. [52]

La Figura 36 muestra las ventas del Toyota Prius y el precio promedio de la gasolina regular en Japón desde abril de 2006 hasta marzo de 2013. Podemos ver que después de la implementación de los incentivos fiscales, hubo un fuerte aumento en las ventas. La fuerte disminución de las ventas de Prius en abril y mayo de 2011 se puede atribuir al Gran Terremoto y Tsunami de Japón Oriental de 2011 [53].

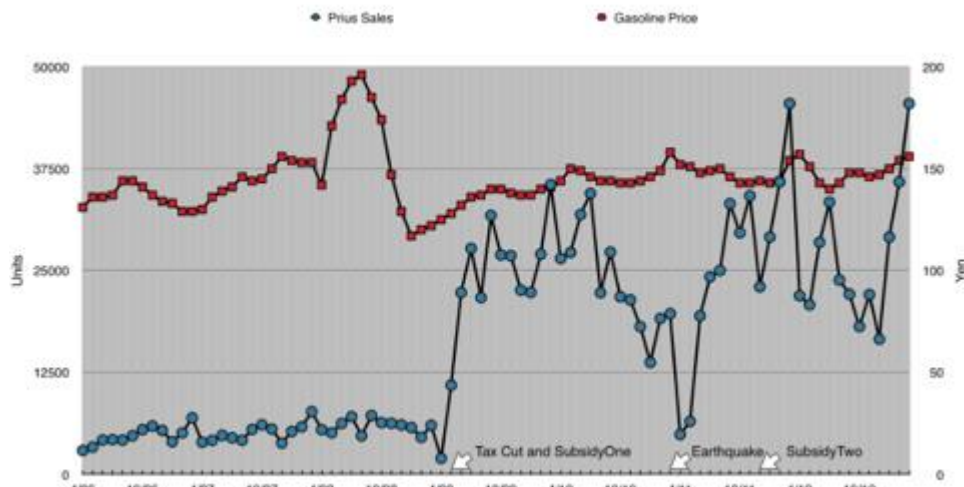


Figura 36: Ventas Toyota Prius (azul) y precios de Gasolina (rojo). Tomado de [53]

El índice de vehículos eléctricos publicado por McKinsey cada medio año clasifica continuamente a Japón como el mejor en implementación de transportes eléctricos. Además, los fabricantes de equipos originales japoneses (OEM del inglés *Original Equipment Manufacturers*) tienen los vehículos eléctricos más vendidos (Nissan Leaf), PHEV (Mitsubishi Outlander), vehículos híbridos (Toyota Prius) y vehículos con celdas de combustible (Toyota Mirai). [54]

Desde 2005, una combinación de factores en Japón ha llevado a los segundos niveles más altos de ventas de EV a nivel mundial. Los OEM innovadores (Nissan, Mitsubishi, Toyota), una compañía eléctrica proactiva (TEPCO) y las principales compañías de baterías y energía (NEC, Hitachi, Mitsubishi, Sumitomo) con sede en Japón han ingresado al mercado de

vehículos eléctricos. Además, una cultura corporativa que generalmente apoya la I + D colaborativa en todas las organizaciones ha convertido a Japón en un líder en la práctica de "innovación abierta" en muchas industrias de alta tecnología, incluyendo automotriz y electrónica de potencia. [55]

10.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

Tabla 9: Consorcios industriales para la red de vehículos eléctricos en Japón. Adaptado de [55]

	Soporte para emisiones cero	Desarrollo en el cambio de la red	Japan Charge Network (JNC)	Red EVSS
Inversores	Nissan	Toyota, Honda, Mitsubishi Motors, Chubu Electric Power	Nissan, Sumitomo, NEC, Showa Shel	Idemitsu Oil, Cosmo Oil, ENEOS, Showa Shell
Antecedentes	Servicio integral al cliente	Spin-off de CHAdEMO, modelo de servicio de membresía compartida	Concesionarios Nissan, Nexco East Japan, Family Mart	Programa "Next Gen Gas Station" respaldado por METI
Número de estaciones de carga rápida (otoño 2012)	450	188	22	29
Operaciones	TI, mantenimiento, emergencia, carga rápida	El servicio de demostración comenzó en septiembre de 2012.	Comenzó en octubre de 2012 (interoperable con la red EVSS)	Comenzó en octubre de 2012 (interoperable con JCN)
Plan de cobro	Carga rápida gratuita en los concesionarios Nissan y en algunas estaciones de Japan Charge Network	Miembros individuales: 1,050 yenes / mes (\$ 10 / mes) Miembros corporativos: 3,150 yenes / mes (\$ 31 / mes)	Planes mensuales de 500 yenes (\$ 5) a 4,500 yenes (\$ 45), más cargos	Cada uno de los 4 minoristas de gas tiene sus propios planes de precios, que incluyen mensual vs. por cargo

Tener una diversidad de participantes y de modelos de precios en el negocio de cobro EV es beneficioso para estimular el crecimiento del mercado y, en última instancia, aumenta el bienestar del consumidor. El enfoque "de abajo hacia arriba" del desarrollo de la red de cobro

visto en Japón, donde los socios de la industria invierten conjuntamente en infraestructura y soluciones de red y compiten por las ofertas de financiamiento del gobierno, alienta la experimentación e innovación de modelos de negocios con diferentes productos y servicios.

Tener un estándar común para la carga rápida, CHAdeMO, permite al resto de la industria diseñar sus propios modelos de negocio en la emergente industria de vehículos eléctricos. Este modelo de I + D colaborativo se encuentra en otros niveles de la cadena de valor también para vehículos eléctricos: para el diseño y fabricación de vehículos (por ejemplo, SIM-Drive Corporation), y con empresas conjuntas como Automotive Energy Supply Company para baterías y Advanced Energy Company para servicios de carga en la isla de Okinawa [55].

10.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

En marzo de 2017, Alemania y Japón firmaron un memorando de entendimiento (MoU) centrado en el desarrollo de estándares internacionales para la interoperabilidad de las estaciones de carga EV con redes del tendido eléctrico. Además, estas naciones investigarían, desarrollarían y probarían conjuntamente estaciones de carga ultrarrápidas, fomentando así el desarrollo de la infraestructura de vehículos eléctricos en Japón. [56]

A la fecha de este informe, se reportan 14972 estaciones de carga lenta, y 7651 estaciones de carga rápida. [57]

10.2 Elementos regulatorios y normativos

10.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

Los consorcios en Japón operan en un modelo de riesgo compartido (inversiones conjuntas) y de forma experimental, donde diferentes planes de membresía están disponibles y las estaciones de carga se prueban en lugares preferidos, como lugares turísticos, tiendas participantes y estaciones de servicio. El despliegue de una red de carga como un proceso competitivo impulsado por la innovación es beneficioso para el crecimiento de la industria. [55]

METI (del inglés *Ministry of Economy, Trade and Industry*) y MLIT (del inglés *Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*) han llevado a cabo algunas actividades para promover EV / PHV y sus estaciones de carga. Sin embargo, no se obtuvieron grandes resultados debido a la falta de dinero suficiente para los subsidios. En 2013, se incrementaron en gran medida los subsidios para la instalación de estaciones de carga. Dos comités han estado proporcionando a los miembros un servicio de carga que cubre varias baterías en todo Japón [58]:

CHAdeMO charge: Establecido en el 2011, con 334 cargadores, se ha planeado un método de pago diferencial para uso individual o empresarial. En el primer caso, el precio es fijo con 1050 yen/mes. Para el pago empresarial, que incluye a taxis, se requiere de una transferencia dos veces al año, con un valor mensual de 3150 yen. [58]

Japan Charge Network: Establecido en el año 2012, con 103 cargadores, se fijaron los precios en dos modalidades. Para la primera, una cuota mensual que depende de la frecuencia del uso de los cargadores:

- Menos de 5 veces: 980 yen/mes
- De 6 a 10 veces: 2000 yen/mes
- Más de 10 veces: 4500 yen/mes
- Miembros Nissan: 0 yen/mes

En el segundo caso, con pago por uso, depende del monto asignado por los proveedores del servicio de carga.

Se ha considerado incluir las estaciones de carga como servicios adicionales a las estaciones de gasolina. Además, se ha previsto el uso del espacio muerto de los parqueaderos, donde la carga sería gratuita, y la instalación inicial sería subsidiada por el METI. [58]

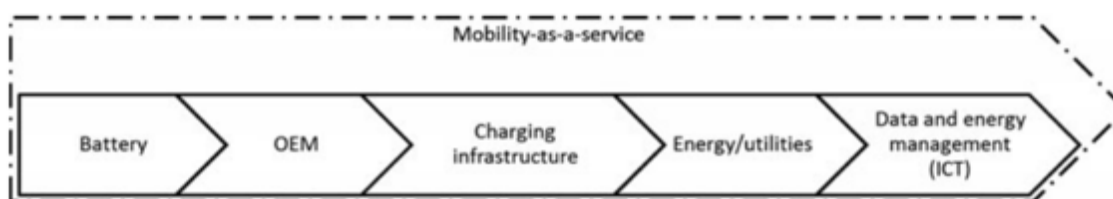


Figura 37. Representación básica del negocio de EV. Tomado de [55]

Modelos de negocio de movilidad como servicio:

Caso 1: Servicio de alquiler de vehículos eléctricos de Okinawa

En 2010, las empresas de alquiler de automóviles desplegaron 200 vehículos eléctricos (EV) en la isla de Okinawa (Japón) como parte del "Proyecto de promoción de Eco-Resort Island Okinawa". Uno de los primeros de su tipo, el proyecto incluyó el despliegue de una red de carga rápida basada en la tecnología japonesa CHAdeMO. A través del proyecto, 3 de los muchos proveedores de servicios de alquiler de vehículos de las islas ofrecen servicios de alquiler de vehículos eléctricos: Nippon Rent-a-car Okinawa (100 autos), Nissan Rent-a-Car Okinawa (60 autos) y ORIX Rent-a -car Okinawa (40 autos). [55]

Caso 2: Servicios de e-movilidad en proyectos de ciudades inteligentes

Kashiwa y Toyota-city son ejemplos de pruebas de fase de demostración de soluciones de transporte innovadoras en Japón. La visión resultante es desarrollar un sistema de taxis eléctricos públicos autónomos (autónomos) que operen en toda la ciudad y puedan ser llamados en cualquier momento para recoger a los residentes en cualquier lugar. Este sistema de movilidad bajo demanda permitiría a los residentes hacer todos sus viajes locales en automóvil, como entre el hogar, los supermercados, las escuelas y otras actividades locales, sin tener que comprar, mantener y conducir sus propios automóviles privados [55]

Toyota City es un ejemplo de experimentos de servicios de movilidad dentro de un concepto de planificación urbana colaborativa. La ciudad de Toyota se desarrolló alrededor de la sede de Toyota y la fábrica principal en la Prefectura de Aichi, Japón. Toyota Motors, en cooperación con el gobierno municipal de Toyota City, Hitachi, las compañías locales de transporte público

y la Universidad de Chukyo, desarrollaron una demostración a pequeña escala de un sistema de transporte urbano optimizado multimodal utilizando el uso compartido de EV. El servicio que comenzó en octubre de 2012 proporciona vehículos eléctricos para sus 100 miembros en cuatro ubicaciones de la ciudad para su uso en conjunto con otros modos de transporte público. El sistema ofrece un planificador de rutas para teléfonos inteligentes que tiene en cuenta la congestión del tráfico y las emisiones de diferentes rutas, incluida la combinación de energía eléctrica regional para el viaje EV. [55]

10.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

Vehículo al Edificio (V2B)

La capacidad de almacenamiento de las baterías en vehículos eléctricos también se puede utilizar para arbitrar entre diferentes tarifas de electricidad durante todo el día. Esto es relevante, ya que un BEV completamente cargado teóricamente podría alimentar a un hogar durante uno o más días, dependiendo del tamaño de la batería. Nissan está probando este enfoque V2B en Japón, con la idea de que permitirá a las compañías regular sus facturas de electricidad utilizando las baterías de los vehículos eléctricos de su personal. Ha llevado a cabo una prueba piloto inicial en su propio Centro de Tecnología Avanzada en la ciudad de Atsugi, Japón, utilizando 6 Nissan Leaf, lo que según Nissan condujo a una reducción del 2.5% en el uso de energía eléctrica durante las horas pico, generando ahorros en los costos de electricidad. [59]

Vehículo a la casa (V2H)

La tecnología de vehículo a casa (V2H) progresó rápidamente en Japón como resultado de su respuesta al terremoto de Sendai y los eventos asociados de 2011. En 2012, los fabricantes de vehículos lanzaron sistemas en el mercado japonés que permiten que los vehículos se utilicen como respaldo de emergencia, de modo que el sistema Nissan Leaf-to-Home ahora es comprado por alrededor del 7% de los conductores japoneses de Leaf. Es probable que la aparición y la evolución continua de la "casa conectada" combinada con el crecimiento de las instalaciones solares residenciales tengan consecuencias para las aplicaciones V2H. [60]

Para capturar las ventajas iniciales de sus marcas, los proveedores de sistemas V2H pueden surgir con bastante rapidez de las experiencias japonesas con sistemas de respaldo de emergencia y/o asociaciones estratégicas entre los proveedores de tecnología de vehículos eléctricos y hogares conectados. Estas oportunidades se combinarán con la convergencia hacia estándares técnicos reconocidos (particularmente para el hogar conectado) para ayudar a acelerar el desarrollo de productos V2H. [60]

10.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Para definir un estándar para la carga de DC, TEPCO creó la asociación CHAdeMO (Charge de Move) en 2010. Sus miembros eran tanto de la industria automotriz japonesa (Mitsubishi, Nissan, Subaru y Toyota) como de varias empresas de servicios eléctricos. Sobre la base de sus especificaciones, el Japan Automotive Research Institute diseñó un conector para altos voltajes (300 a 600 V) y altos niveles de corriente continua (hasta 400 A). [61]

El estándar CHAdeMO prescribe el uso de un cable fijo en el lado del suministro. El uso de cables sueltos para la carga de CC se consideró inseguro y el costo y el peso de los cables (debido a su alta potencia) hacen que transportar los cables sea una carga excesiva para los conductores. Sin embargo, esto significa que una estación de carga CHAdeMO solo puede usarse para automóviles con una entrada de vehículo CHAdeMO correspondiente. El diseño del conector CHAdeMO es reconocido por IEC en su estándar 62196-3. [61]

Una desventaja importante del estándar CHAdeMO es que prescribe una entrada de vehículo que se utiliza exclusivamente para la carga de CC. Por lo tanto, una entrada de vehículo de CA separada siempre es necesaria junto a ella. Por lo tanto, los fabricantes de automóviles estadounidenses y europeos se han negado a adoptar CHAdeMO y han propuesto un conector alternativo que combina la carga de CA y CC en la entrada de un vehículo.

10.3 Requerimientos técnicos

10.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

En el estudio “Impacto de vehículos eléctricos en tiempos de viaje y demanda eléctrica en Nagoya” se examinaron los impactos que los vehículos eléctricos tienen en los patrones de uso de los vehículos y las mejoras ambientales. Además, para examinar los efectos que la carga y la descarga tienen en la demanda en electricidad, en el estudio se analizaron escenarios basados en la ubicación de parqueo de los EV, duración de los tiempos de parqueo y el estado de carga de la batería. Esta investigación es de relevancia para analizar el fenómeno japonés, dado que Nagoya es la tercera ciudad más poblada de Japón. [62]

Después de calcular la demanda de electricidad en cada zona usando área arquitectónica y unidades básicas de consumo de energía por hora, evaluamos el efecto para disminuir la carga máxima por vehículo a red (V2G). Según los resultados, si los conductores de vehículos eléctricos cargan en casa durante la noche y se descargan en el trabajo durante el día, la demanda de electricidad en la ciudad de Nagoya aumenta aproximadamente un 1%, aunque los cambios en cada zona individual varían de -7% a + 8%, dependiendo de sus características.

La Figura 38: Demanda de electricidad por hora según el uso del edificio de Nagoya. La Figura 38 muestra la demanda de electricidad por hora según el uso del edificio en Nagoya. La demanda total de electricidad en un día es de aproximadamente 31 GW, y la variación de tiempo en la curva de demanda es la siguiente: la demanda aumenta abruptamente a las 8 a.m. y se mantiene a aproximadamente 2 GW hasta las 6 p.m., y luego disminuye gradualmente. Desde el punto de vista del uso del edificio, la demanda máxima en el hogar ocurre durante la noche porque la mayoría de los residentes regresan y se quedan durante este período de tiempo. Por el contrario, la demanda en oficinas y tiendas alcanza su punto más alto durante el horario comercial. La demanda en otros edificios (como los hoteles y hospitales utilizados en este análisis) es constante sin horas pico porque su equipo debe mantenerse durante todo el día y la noche.

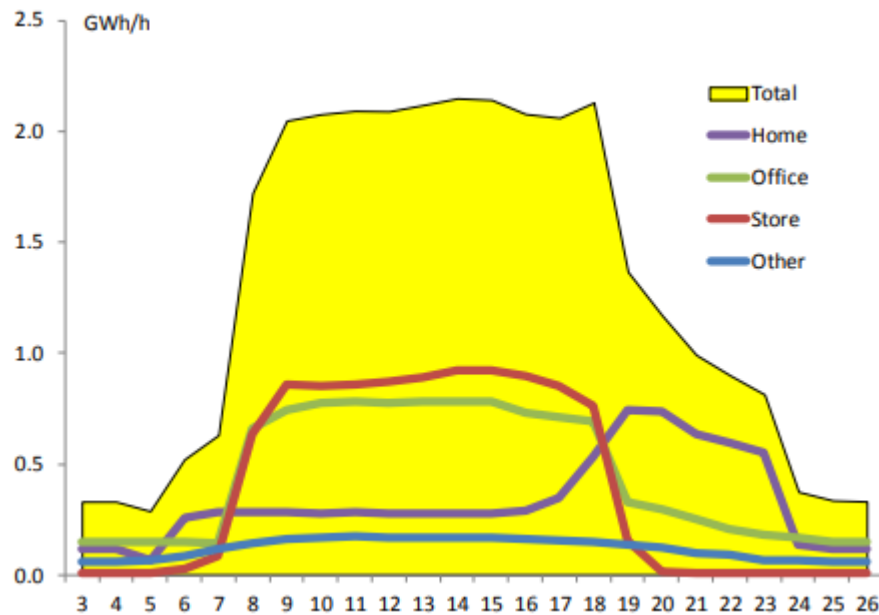


Figura 38: Demanda de electricidad por hora según el uso del edificio de Nagoya [62]

Se evaluó el impacto de la demanda de electricidad por la carga y la descarga de EV con la suposición que las funciones de almacenamiento de energía están completamente instaladas para el año 2020 (Propietarios de EV pueden cargar o descargar en cualquier momento en cualquier ubicación). Los escenarios para considerar son:

Caso 0: Sin la descarga o recarga de EV

Caso 1: Carga en casa inmediatamente después de llegar a casa (sin restricciones de tiempo)

Caso 2: Carga en casa solo en la noche (entre las 23:00 m y las 7:00 am)

Caso 3: Carga en el sitio de trabajo inmediatamente después de llegar a trabajar (sin restricciones de tiempo)

Caso 4: Carga en cada durante la noche y descarga en el lugar de trabajo durante el día

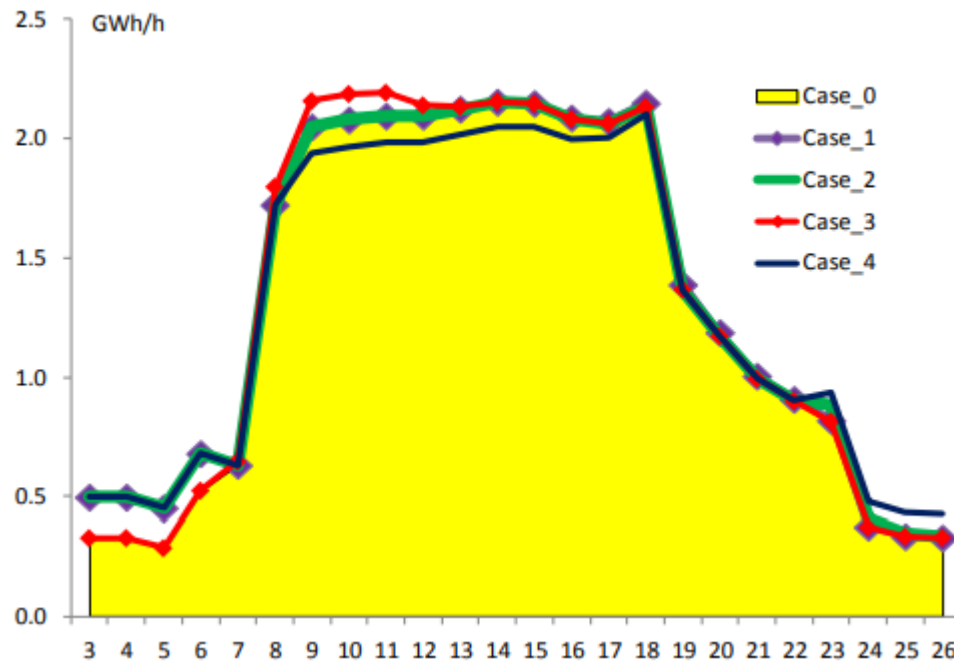


Figura 39. Resultados de la demanda eléctrica en Nagoya para cada caso

Tabla 10: Impacto de la demanda de electricidad en Nagoya para cada caso

	Día	Max		Min	
Caso 1	2.51 %	57.73%	5 am	0.001%	8 am
Caso 2	2.51 %	57.73%	5 am	1.43 %	2 am
Caso 3	1.56 %	5.27 %	9 am	0.01%	11 pm
Caso 4	0.57 %	57.73%	5 am	-5.35 %	9 am

10.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

10.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

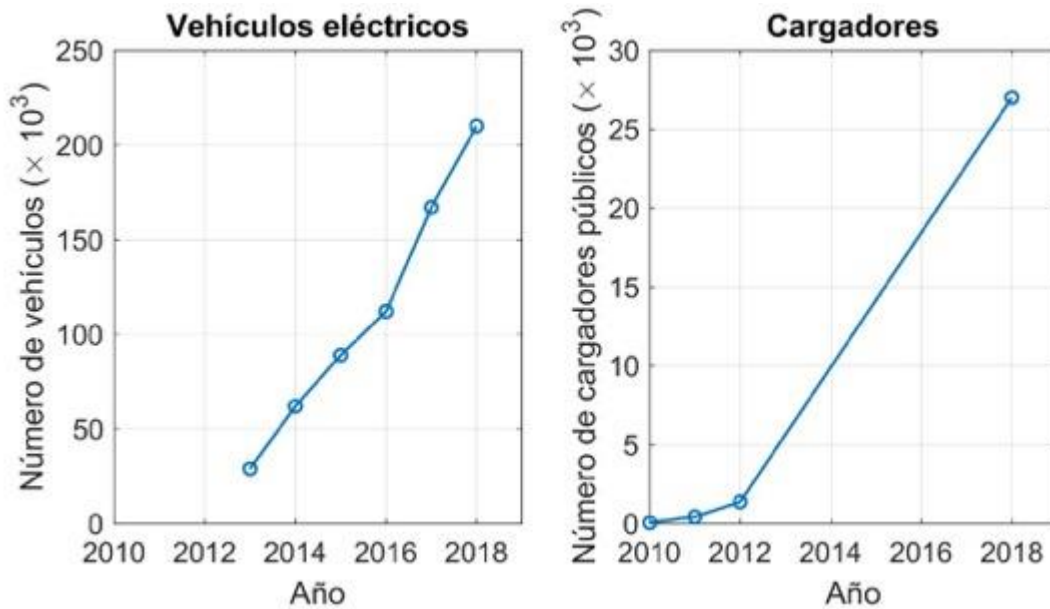


Figura 40. Acumulado año a año de vehículos eléctricos registrados en Japón. [63], [64], [65], [66]

Japón fue el país del primer lanzamiento de un EV comercial: Mitsubishi lanzó su 'i-MieV' en 2009. Desde ese lanzamiento, se han vendido alrededor de 120,000 PHEV (PHEV y EV) en Japón y alrededor de 80 % de ellos están equipados con habilidades de carga rápida. Junto a una industria fuerte, Japón ha invertido continuamente en infraestructura de carga para EV y PHEV puros. El estándar CHAdeMO de carga rápida en todo el país también se utiliza en la mayoría de las estaciones de carga rápida en todo el mundo (se han instalado alrededor de 6000 cargadores rápidos CHAdeMO en Japón, 2000 en Europa y 1500 en los EE. UU). **Esto significa una relación de 5.9 cargadores rápidos por 100 vehículos compatibles con carga rápida en Japón.** [54]

Los datos muestran que el 98% de las instalaciones solo tienen un cargador por ubicación. El área de servicio de la autopista y algunas tiendas son las únicas excepciones a esto. Por ejemplo, casi todos los traficantes de los principales OEM japoneses tienen solo una estación de carga en sus terrenos. [54]

10.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

10.4.2.1 Parque EV / parque IC [%]

$$104490 / 68900000 = 0.0015 * 100 = 0.15 \%$$

10.4.2.2 Número EV / número estaciones de carga públicas

$$27000 / 104490 = 3.87$$

10.4.2.3 Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]

$$494000 \text{ kW} / 295900 \text{ MW} = 0.001669 * 100 = 1.16 \%$$

10.4.2.4 Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]

$$1957 \text{ MWh/día} / 2558.90 \text{ GWh/día} = 0.000512 * 100 = 0.0512 \%$$

11 México

11.1 Elementos de política pública

11.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Hasta el momento, la mayoría de las electrolineras disponibles en México han sido instaladas por instituciones gubernamentales como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Energía. Estas entidades gubernamentales han utilizado dineros provenientes del Fondo de Transición y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Diferentes planes han sido implementados para la instalación de cargadores. Por ejemplo, en 2017 se destinaron 25 millones de pesos mexicanos (aproximadamente 1.3 M USD) para instalar 100 centros de recarga en Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara. Algunos de estos planes han sido apoyados por el sector privado [67].

Hay varios incentivos en México para los vehículos eléctricos. Estos vehículos no tienen Impuesto sobre Automóviles nuevos. Tampoco se cobra el impuesto a tenencia anual, aunque en Ciudad de México esta exención es por cinco años, y después se cobrará un 50% del impuesto durante otros cinco años. Adicionalmente, en Ciudad de México y el estado de México no aplica el programa “Hoy no Circula” (restricción de circulación para mejorar el tránsito) para los vehículos eléctricos e híbridos conectables [68].

A finales de 2018, la Comisión de Regulación de Energía (CRE) emitió un acuerdo por el cual se interpreta el artículo 46, fracción I de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Este acuerdo regula la compra y venta de electricidad entre un usuario final y terceros. Un usuario final es una persona que adquiere el suministro eléctrico en sus centros de carga, como participante del mercado o a través de un suministrador. En este último caso se debe celebrar un contrato de suministro eléctrico. Adicionalmente, en dicha regulación se aclara que los contratos celebrados entre un tercero y un usuario final quedan protegidos bajo las disposiciones legales en materia civil y mercantil, así como materia de protección al consumidor [69].

Con esta regulación se pretende incentivar la instalación de puntos de carga para los vehículos eléctricos. Antes de realizar esta regulación, no había incentivo para los inversionistas interesados en colocar electrolineras porque no había una regla para vender energía a los usuarios de los vehículos.

11.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

La CFE es una empresa perteneciente al gobierno de México. Esta empresa se encarga del control, generación, transmisión y comercialización de energía. Desde el año 2009, la CFE se encarga de brindar el servicio eléctrico en todo el país. Por su parte, la Secretaría de Energía se encarga de la administración y regulación de los recursos energéticos de México. Como se mencionó anteriormente, esta empresa ha colaborado con la secretaría de energía para la instalación de gran parte de los cargadores públicos disponibles.

Otra organización que ha estado involucrada en la implementación de los vehículos eléctricos y cargadores es la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). Esta es una asociación conformada por los fabricantes de vehículos y representa los intereses de estas empresas. La CFE también ha colaborado con la AMIA. Con esta colaboración se busca

implementar un plan para el desarrollo de electrolineras, fomentar el dialogo entre organismos del sector público y privado, coordinar y proporcionar información relacionada con el mercado de vehículos eléctricos [68]. De esta iniciativa, se han generado proyectos como la instalación de un contador independiente en las casas para independizar el costo de la electricidad de los vehículos eléctricos. Esta iniciativa se detallará más adelante en la Sección 11.2.1.

11.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

La Unidad de Negocios Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (UN PAESE) lidera un grupo de trabajo compuesto por todas las compañías automotrices que fabrican vehículos eléctricos, empresas instaladoras y reguladores que buscan promover la electromovilidad. La UN PAESE brinda asesoría a las compañías automotrices y hace parte de la CFE.

Actualmente, con el trabajo de este grupo, existe un plan con el que se pretendía instalar 100 electrolineras en 2018 por medio del programa para La Electromovilidad por Medio de la Inversión en Infraestructura de Recarga. Estas electrolineras se instalarían en las ciudades que están más afectadas por la contaminación (Ciudad de México, Monterrey Guadalajara) y, adicionalmente, tienen un gran potencial para el crecimiento del mercado vehicular eléctrico.

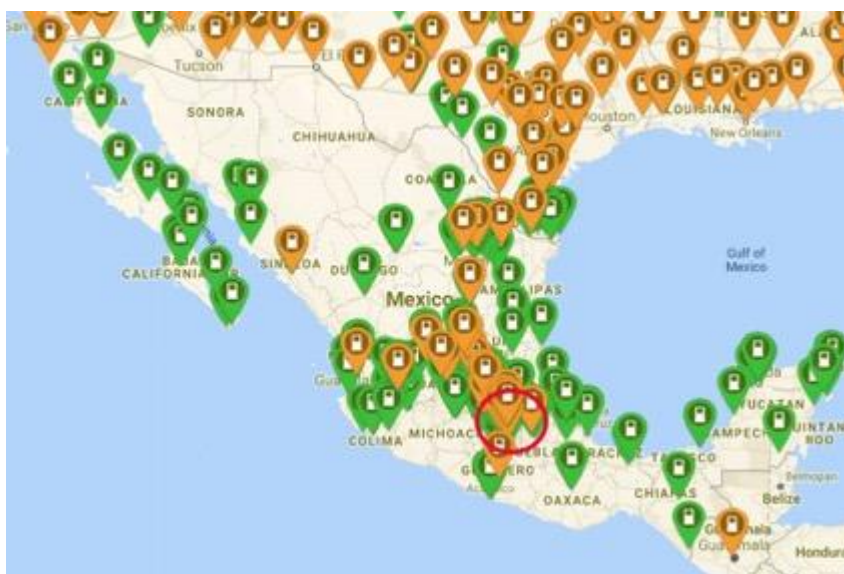


Figura 41. Distribución de los cargadores eléctricos en México. El círculo rojo es la Ciudad de México que posee la mayor cantidad de cargadores. Tomado de [70].

La Figura 41 muestra la distribución de los puntos de carga disponibles públicamente en México. El círculo rojo encierra la Ciudad de México que es la ciudad con la mayor cantidad de población. Esta ciudad es la capital del país y cuenta con una población de 8.918.653 habitantes.

11.2 Elementos regulatorios y normativos

11.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

La CFE se ha encargado de la definición de los costos de la electricidad y ha establecido una diferencia de precios dependiendo del consumo. Para octubre de 2018, los primeros 75 kW tenían un costo de 0.793 \$/kW, los siguientes 65 kW una tarifa de 0.956 \$/kW y a partir de ahí (i.e., 140 kW) el precio es de 2.802 \$/kW. Por esta razón la CFE está implementando el uso de un medidor independiente destinado exclusivamente al seguimiento del consumo de los vehículos eléctricos. De esta forma, se evita que la energía utilizada en los vehículos eléctricos se sume a la factura doméstica. Por lo tanto, se previene un sobre costo en la electricidad debido a la carga de los vehículos.

Como fue mencionado anteriormente, diferentes entidades gubernamentales han trazado planes para la instalación de cargadores públicos. Estos cargadores instalados son gratuitos para los usuarios de los vehículos.

11.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

En México, la CFE no permite que los cargadores de usuarios residenciales retornen energía desde el vehículo a la red eléctrica [71]. De esta forma, en el momento no hay posibilidad que usuarios residenciales puedan ser parte de estrategias V2G.

11.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

Para que los usuarios residenciales puedan instalar cargadores en sus casas, la CFE da una serie de recomendaciones y normas. Primero, los usuarios deben tener una instalación eléctrica destinada exclusivamente a la recarga del vehículo. Esta instalación debe cumplir la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE Instalaciones eléctricas (Utilización). Segundo, se debe cumplir con las especificaciones de la CFE dependiendo de la carga, hilos de corriente y tipo de red.

Finalmente, la CFE recomienda que los cargadores cumplan con la norma IEC/CISPR25 y la guía rápida IEC-107. También recomienda que la Distorsión Armónica Total de Corriente permisible sea de hasta un 5%. Estos requerimientos se encuentran en [71].

11.3 Requerimientos técnicos

11.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

De acuerdo con [72], en México hay 2677 cargadores lentos y 29 cargadores rápidos. Adicionalmente, Tesla ha instalado varios *supercargadores*. Los cargadores lentos consumen por lo menos $3.6kW$, mientras que en los cargadores rápidos se encuentran algunos CHAdeMO que cargan a $50kW$ y los *supercargadores* de Tesla pueden cargar los vehículos con una potencia de $120kW$. Esto implica que la mínima potencia instalada es de $11.087MW$.

11.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

11.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

En Figura 42 se muestra la cantidad de vehículos eléctricos en México entre los años 2012 y 2018. Estas gráficas muestran la cantidad de vehículos híbridos y completamente eléctricos. Información acerca de los cargadores accesibles públicamente está disponibles a partir del 2017.

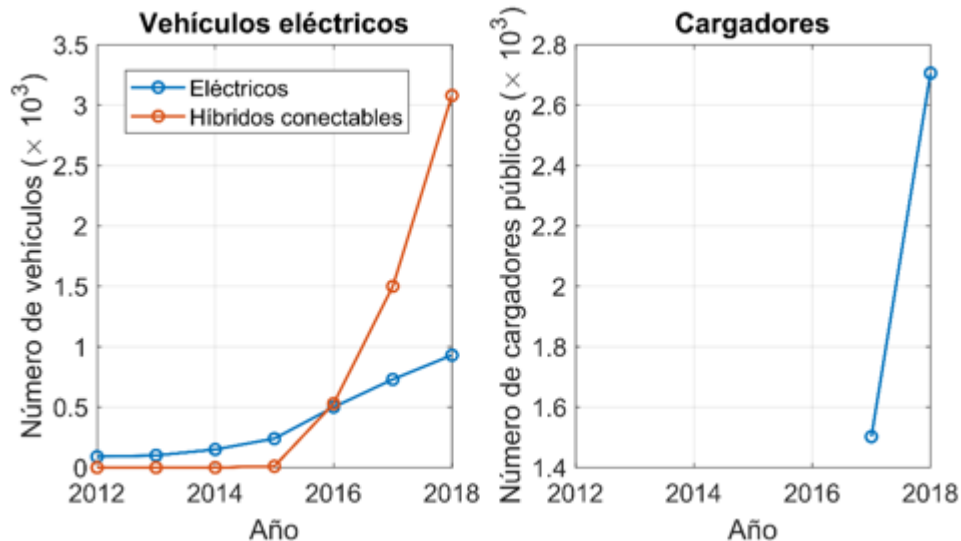


Figura 42. Número de vehículos eléctricos e híbridos conectables (izquierda) y cargadores públicos (derecha) en México [72].

11.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

11.4.2.1 Parque EV / parque IC [%]

El instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), menciona que había 32.3 millones de carros circulando en el país. Este dato, no incluye camiones para pasajeros, camiones y camionetas para carga, ni motocicletas. De esta forma, se tiene que el porcentaje de vehículos eléctricos con respecto a la cantidad de carros es de 0.0124%.

11.4.2.2 Número EV / número estaciones de carga públicas

La cantidad de vehículos por cargador para 2018 fue de: $Evc = 1.48 \text{ vehículos/cargador}$.

11.4.2.3 Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]

En México hay 2677 cargadores lentos y 29 cargadores rápidos. Por facilidad de cálculo del indicador, se asume que los cargadores lentos utilizan $3.6kW$ y los cargadores rápidos $50kW$. De esta forma, la proporción de la capacidad agregada y la capacidad total del parque eléctrico es 0.017%.

11.4.2.4 Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]

Para estimar la demanda de energía los vehículos eléctricos, se utiliza la información de recorrido anual de cada vehículo, la información del uso de energía por kilómetro y la cantidad

de vehículos eléctricos disponibles en el país. Sin embargo, el parámetro de energía depende de características del vehículo (e.g., marca y modelo). Por lo tanto, se ha utilizado el valor más pequeño (utiliza menos energía por kilómetro) y más grande (utiliza más energía por kilómetro) encontrado. Esto representaría el mejor y peor caso, respectivamente. Entonces, se encontraría una cota para el indicador. Finalmente, esta estimación de la energía es dividida por la energía total.

Los vehículos seleccionados utilizan $55 \text{ kWh}/100\text{km}$ y $12 \text{ kWh}/100 \text{ km}$. En México el recorrido promedio anual para el año 2005 fue de 15000 km/año . La energía consumida por el país fue 187GWh . De esta forma, la estimación del indicador se encuentra en el rango de 0.3319% 1.5212%.

12 Noruega

12.1 Elementos de política pública

12.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

En Noruega se han desarrollado diferentes políticas para la promoción de los vehículos eléctricos. Entre 2009 y 2010 se genera el primer apoyo gubernamental para el desarrollo de infraestructura de carga eléctrica básica. En esos años, el gobierno noruego hace una inversión de cerca de 50 millones de coronas noruegas para un total de 1800 puntos de carga ubicados en todo el país. El desarrollo de esta política se realiza entre los años 2010 y 2014. Muchos de los cargadores están actualmente fuera de uso por los altos costos de mantenimiento [73].

Adicionalmente, existen distintas regulaciones acerca de la infraestructura de carga. En 2016 se promulga una ley que regula la infraestructura de recarga necesaria en lugares de estacionamiento. Se debe procurar que en todo momento haya un espacio vacante con capacidad de recarga. Sin embargo, la compañía está obligada a colocar cargadores en un 6% del total de lugares para estacionamiento [74].

En 2011, la entidad gubernamental Transnova inició un plan para la implementación de cargadores rápidos. Aunque los primeros cargadores fueron colocados libremente, después se desarrolló una estrategia para ubicarlos [74], [75]. ENOVA, una entidad gubernamental que se hizo cargo de Transnova, busca aumentar la cobertura de cargadores rápidos en el país colocando un cargador rápido cada 50 km a lo largo de las carreteras principales. Los cargadores rápidos dentro de las ciudades no cuentan con el apoyo de ENOVA, pues se considera que la construcción se regula por la demanda en el mercado. En este escenario, los cargadores se instalan por actores comerciales que, en algunas ocasiones, cuentan con el apoyo de las municipalidades [76].

El gobierno de Noruega ha implementado distintas estrategias para incentivar el uso de vehículos eléctricos, diferente a la instalación de cargadores. En cuanto a la reducción de impuestos anualmente [74]:

- Exención del impuesto de registro. Para un vehículo de combustión interna, este impuesto se calcula a partir del peso y las emisiones.
- Exención del impuesto de valor agregado.
- Reducción del valor de la licencia anual.
- Reducción de impuestos para las compañías de vehículos.

Los usuarios de vehículos tienen algunos privilegios:

- Los vehículos eléctricos pueden utilizar las vías de los buses. Sin embargo, las autoridades locales pueden restringir el tránsito de los vehículos eléctricos si se producen grandes retardos.

- El estacionamiento de los vehículos es gratuito. Sin embargo, Las autoridades locales pueden decidir si se cobra el parqueo con un cobro máximo del 50% del valor cobrado a los vehículos de combustión interna.

Finalmente, Las autoridades locales pueden decidir si se cobra el paso por ferris y peajes a los vehículos eléctricos. El cobro será de hasta el 50% del valor cobrado a los vehículos de combustión interna.

12.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

Transnova es una empresa que se estableció en el año 2009 con el fin de apoyar la prueba y expansión de nuevas tecnologías para reducir las emisiones de gases que contribuyen al cambio climático producidos por el sector de transporte. Transnova hace parte de la Administración de Carreteras Públicas de Noruega. Sin embargo, Transnova tiene su propio presupuesto y autoridad para utilizarlo. Esta empresa soporta proyectos que contribuyan a (1) reemplazar los combustibles fósiles con combustibles que generen baja emisión de dióxido de carbono, (2) una transición a formas de transporte que tengan un efecto reducido en el clima, (3) reducir la extensión del transporte y (4) cambiar la eficiencia de la energía [77].

Con Transnova ha sido posible financiar la creación de estaciones de carga en larga escala y comenzar varias actividades de prueba y demostración de actividades de carga. Algunos ejemplos de estos de estos proyectos es la financiación de ubicación de cargadores lentos y rápidos por Noruega, o el soporte a Grønn Bil una organización que busca promover el uso de vehículos eléctricos y flotas [77].

Otra empresa involucrada en los vehículos eléctricos en Noruega es Enova SF. Esta empresa fue fundada en 2001 y actualmente hace parte del Ministerio de Clima y Medio Ambiente. Enova SF busca disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, desarrollo de tecnología energética y climática, y una mayor seguridad del suministro. Como parte de sus actividades, ha buscado implementar cargadores rápidos por todo el país.

12.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

En 2012 se propuso una estrategia de ubicación de cargadores rápidos en el país como parte de los planes que tenía Transnova para incentivar el uso de vehículos eléctricos. El objetivo de la empresa era ubicar los cargadores para asignar óptimamente los recursos de los que disponía. El plan de ubicación de estos cargadores tiene como prioridad colocarlos donde la venta de vehículos es alta y la temperatura y topografía hacen que los vehículos eléctricos sean viables. De esta forma, en la región de Oslo, y la vía entre Oslo y Bergen que pasa por Kristiansand y Stavanger tienen la prioridad más alta. En esta región se había colocado 36 cargadores rápidos para 2012. Otra región con prioridad es el corredor de Telemark, así como la construcción de cargadores entre Bergen y Trondheim. También se tiene prioridad en la construcción de cargadores rápidos en el norte de Noruega para estudiar el comportamiento del mercado en esas regiones. También se tiene como plan colocar cargadores de soporte, donde la prioridad se basa en cuántos puntos se necesitan para llegar a algún corredor principal. Finalmente, se quiere colocar cargadores en algún cruce de las montañas para extraer experiencia cuando se transita entre ellas. Esta estrategia requiere la instalación de 50 cargadores por año, durante los siguientes cuatro años [75].

En el año 2018, ENOVA propuso colocar cargadores rápidos cada 50 km en las vías principales de Noruega. Este plan ha tenido dificultades, dado que la licitación para las provincias que se encuentran más al norte, y las islas Lofoten no atrajeron postores. Los proveedores consideran que la instalación de infraestructura en estos lugares no es viable [74].



Figura 43. Distribución de los cargadores eléctricos en Noruega. Los círculos rojos indican las ciudades con mayor cantidad de cargadores. El marcador A es Oslo y el B es Bergen. Tomado de [78].

La Figura 43 muestra la distribución de los cargadores eléctricos en Noruega. Las ciudades que tiene más cargadores han sido encerradas por un círculo rojo. Estas ciudades son:

- Oslo: es la capital y la ciudad con mayor población de Noruega. La población es de 673.469 habitantes (marcador A).
- Bergen: es la segunda ciudad más grande de Noruega con una población de 254.235 habitantes (marcador B).

12.2 Elementos regulatorios y normativos

12.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

En Noruega, el cobro de electricidad es dinámico. Es decir, el valor de la electricidad cambia dependiendo de algún criterio. En Noruega suelen utilizarse dos tipos de cobro dinámico: precios en tiempo real (RTP, por sus siglas en inglés) y precio de tiempo de uso (TOU, por sus siglas en inglés). En el primer escenario, los precios al por mayor de la electricidad se transfieren al consumidor. Es decir, el precio al consumidor dependerá del precio dado al

comprador mayorista más un margen del proveedor. Por lo tanto, el precio puede cambiar cada hora [79]. En el segundo escenario, el proveedor define un precio distinto para la hora de alta demanda o de baja demanda. Los cambios en los precios en dichos periodos deben notificarse al usuario con una o dos semanas de anticipación. Para tener este método de precios, las casas poseen un medidor horario. De esta forma, los usuarios de los vehículos eléctricos pueden definir que la carga se realice en el momento de menor precio y demanda.

Muchos de los cargadores públicos en Noruega son de uso gratuito. Por ejemplo, los instalados en el primer apoyo gubernamental pueden ser utilizados con una llave que viene incluida al momento de comprar el vehículo. Sin embargo, hay otros cargadores que deben ser pagados. Dos de las empresas que prestan este servicio son *Fortune Charge & Drive* y *Grønn Kontakt*. Estas empresas tienen un modelo de pago en el que el usuario paga por cada minuto de carga, en lugar de la cantidad de energía (kWh) que recibe el auto [73]. Para acceder a los servicios de estas empresas, es necesario utilizar una tarjeta RFID, una aplicación móvil o un mensaje de texto.

12.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

Hasta lo encontrado, en Noruega no existe ningún plan o proyecto para colocar servicio V2G. Sin embargo, varios de los cargadores que se colocan en las casas tienen la capacidad de programar la hora de la carga, para evitar sobrecostos de la electricidad debido al cobro dinámico que existe en el país.

Actualmente, muchos de los edificios de apartamentos han sido construidos antes del desarrollo de los vehículos eléctricos en el país. Por esta razón, algunos edificios no pueden manejar la nueva demanda que tienen los vehículos eléctricos. Esto representa un riesgo a la seguridad hasta que exista una mejora en el sistema eléctrico. No es claro de quién es la responsabilidad de asumir estos gastos. Por esta razón, una empresa productora de equipo de carga ha creado un sistema para cambiar la potencia de los cargadores y mantener la carga dentro del límite soportado [74].

12.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

La Región Nórdica, dentro de la que se encuentra Noruega utiliza estándares y prácticas adoptadas por otros países europeos. En la Tabla 1 se muestran los estándares utilizados en los países Nórdicos. Estos países comprenden a Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia. La corriente se refiere al tipo: continua (DC, por sus siglas en inglés) o alterna (AC, por sus siglas en inglés). El nivel, se refiere a la potencia del cargador. El tipo se refiere a la toma y el conector del cargador. Finalmente, el modo se refiere al protocolo de comunicación entre el vehículo y el cargador.

Tabla 11. Estándares de carga utilizados en los países Nórdicos. Tomado de [80].

	Corriente	Nivel	Modo	Potencia	Tipo de conector
Dispositivos instalados en casas	AC	Nivel 1	Modo 1-2	$P \leq 3.7kW$	Tipo C

Cargadores de vehículos eléctricos lentos	AC	Nivel 2	Modo 2-3	$3.7kW \leq P \leq 22kW$	IEC 62196 tipo 2 (7-22 kW) Commando (9-22 kW) Conector Tesla
Cargadores de vehículos eléctricos rápidos	AC, trifásico	Nivel 3	Modo 3	$22kW < P \leq 43.5kW$	IEC 62196-2 Type 2
	DC	Nivel 3	Modo 4	$22kW < P \leq 150kW$	CCS Combo 2 Connector (IEC 62196-3 Type 2) (50 kW) CHAdeMO (IEC 62196-3 Type 4) (50 kW) Tesla (120 kW)
Cargadores ultra rápidos (aun no implementados)	DC	Nivel 3	Modo 4	$150kW \leq P \leq 350kW$	CCS Combo 2 (IEC 62196-3) (150 – 350 kW) CHAdeMO (150 - 350 kW)

12.3 Requerimientos técnicos

12.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

En Noruega la Fundación para la Investigación Industrial y Técnica (SINTEF, por sus siglas en noruego) ha recolectado sobre la forma en que se cargan los vehículos. Entre 2012 y 2015 se recolectaron datos tanto en estaciones como en casa. La Dirección Noruega de Recursos Hídricos y Energía (NVE, por sus siglas en noruego) tiene acceso a los datos tomados en Oslo entre agosto y diciembre de 2014. En la Figura 44, se muestra el promedio de la potencia consumida por cuatro vehículos. Se puede observar que el pico de carga se produce cerca de la media noche. En la tarde, la carga de vehículos es baja en la tarde cuando se consume energía por elementos como la cocina y el calentamiento.

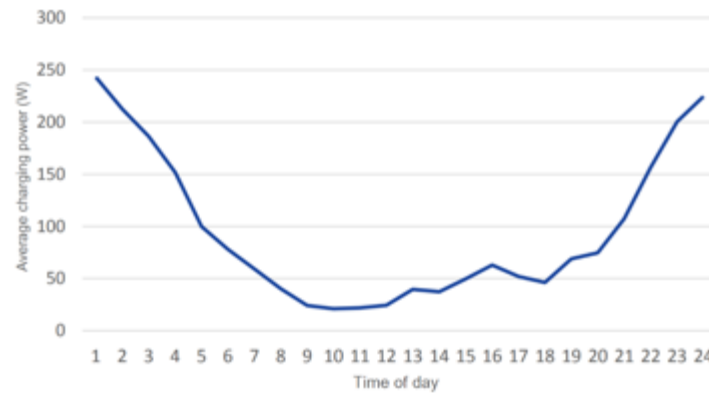


Figura 44. Perfil de carga promedio para un vehículo en casa. Tomado de [81].

Adicionalmente, se han realizado dos encuestas acerca de los hábitos de carga con cerca de 400 respuestas. De esta encuesta, se encuentra que la mayoría de los usuarios realizan carga en las casas. Después lo sigue la carga en el trabajo y finalmente, en estaciones de carga pública. Los resultados de una de las encuestas, se muestra en la Figura 45.

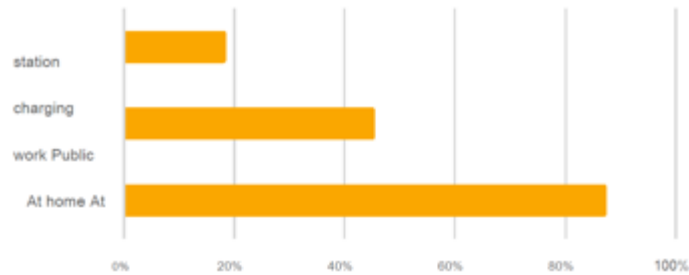


Figura 45. Resultados de la encuesta sobre la preferencia del lugar de uso de los cargadores eléctricos en Noruega. Tomado de [81].

A partir de estos datos, se genera una estimación de la potencia requerida para el 2030. Se asume que para ese año el 75% de la carga se realiza en casa, 15% en el trabajo y el 10% en estaciones de carga. Adicionalmente, se asume que habrán 1.56 millones de vehículos eléctricos, se utiliza el promedio de recorrido para el año 2016 de 12300 km/año y un consumo de energía de 0.2 kWh/km . En la Figura 46 se muestra el perfil de carga estimado haciendo las asunciones anteriores.

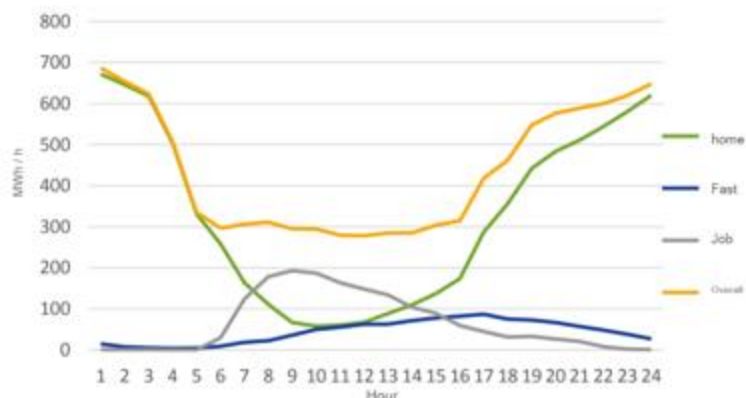


Figura 46. Perfil estimado para el año 2030 realizado por la NVE. Tomado de [81].

La NVE, es una dirección del Ministerio de Petróleo y Energía y es responsable de la gestión de los recursos hídricos y energéticos de Noruega. Esta dirección, es una autoridad regulatoria para el mercado de electricidad en Noruega.

12.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

12.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

En la Figura 47, se muestran la cantidad de vehículos eléctricos tanto híbridos como completamente eléctricos, junto con la cantidad de cargadores disponibles para el uso público.

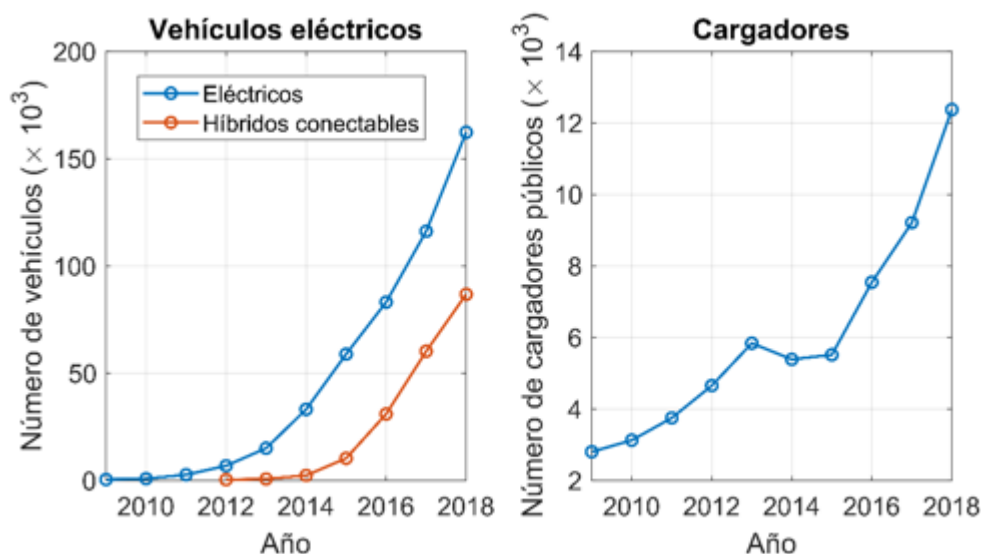


Figura 47. Número de vehículos eléctricos e híbridos conectables (izquierda) y cargadores públicos (derecha) en Noruega [72].

12.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

12.4.2.1 Parque EV / parque IC [%]

La Oficina de Estadísticas de Noruega (SSB, por sus siglas en noruego), tiene una cantidad de vehículos eléctricos distinto que las estadísticas mostradas en [72]. Según la SSB para 2017 hay un total de 138983 vehículos completamente eléctricos y 67315 híbridos conectables. De acuerdo con estas estadísticas, hay un total de 2691859 vehículos privados, en los que se incluye los vehículos de los hogares y ambulancias [82]. Por lo tanto, para el 2017 el porcentaje de vehículos eléctricos conectables es del 5.59% y el 2.71% son híbridos. Para el año 2018 no se encontró la cantidad de vehículos híbridos conectables. Sin embargo, hubo un crecimiento de la cantidad de vehículos puramente eléctricos. Para ese año, el porcentaje de vehículos puramente eléctricos con respecto a la cantidad total de vehículos (2721582), fue de 7.18%.

12.4.2.2 Número EV / número estaciones de carga públicas

La cantidad de vehículos por cargador para el año 2018 fue: $Evc = 20.12 \text{ vehículos/cargador}$.

12.4.2.3 Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]

En el Reino Unido hay 11145 cargadores lentos y 1226 cargadores rápidos. Por facilidad de cálculo del indicador, se asume que los cargadores lentos utilizan $3.6kW$ y los cargadores rápidos $50kW$. De esta forma, la proporción de la capacidad agregada y la capacidad total del parque eléctrico es 0.2963%.

12.4.2.4 Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]

Los vehículos seleccionados utilizan $55 kWh/100km$ y $12 kWh/100 km$. En el Noruega el recorrido promedio anual para el año 2018 fue de $12300 km/año$. La energía consumida por el país fue $121721GWh$. De esta forma, la estimación del indicador se encuentra en el rango de 0.3019% 1.3839%.

13 Reino Unido

13.1 Elementos de política pública

13.1.1 Rol del Estado y actores privados en electrificación del transporte (Numeral I Producto 1)

Existe un esquema para ayudar a la instalación de cargadores en las casas, llamado EVHS por sus siglas en inglés. Esta estrategia es financiada gubernamentalmente. Se contribuye un 75% de los costos de un punto de carga más la instalación, con un máximo de GBP 500. Los requisitos para poder ser elegible en este plan se pueden encontrar en [83]. Recientemente, en julio 15 de 2019 se generó una Consulta Pública que busca, entre otras cosas, obligar legalmente a colocar un espacio de estacionamiento con un punto de carga en las nuevas casas. También hay un esquema para proveer soporte en la compra de cargadores en las empresas. La contribución es de máximo 300 GBP para cada conector con un máximo de 20.

Se estima que la mayor parte de la carga de vehículos eléctricos en el país se realiza en la casa. Sin embargo, en algunas zonas los usuarios no tienen disponibilidad de parqueaderos. Con el fin de incentivar el uso de vehículos eléctricos en el país, se ha diseñado un esquema para la instalación de cargadores residenciales en calle (ORCS, por sus siglas en inglés). El proyecto es financiado por la Oficina para Vehículos de Baja Emisión (OLEV, por sus siglas en inglés).

Aunque proyectos como el anteriormente mencionado buscan incentivar el uso de vehículos eléctricos, las Autoridades Locales no están obligados a proveer puntos de cargas. Estas Autoridades son independientes de decidir sobre la provisión de cargadores.

Finalmente, tanto las inversiones del Gobierno del Reino Unido como inversiones privadas han sido necesarias para la instalación de los puntos de carga públicos que se encuentran disponibles en este momento. A partir de estas inversiones se han instalado cargadores lentos y rápidos.

13.1.2 Instituciones participantes y coordinación (Numeral VII Producto 1)

OLEV es un equipo que trabaja con varias entidades del gobierno y hace parte del Departamento del Transporte, y el Departamento de Estrategia Empresarial, Energética e Industrial. Este equipo trabaja para apoyar el mercado de vehículos eléctricos de ultra baja emisión. Este equipo ha aportado más de 900 M GBP para apoyar el desarrollo, manufactura y uso de los vehículos eléctricos. Este equipo ha colaborado con algunas Autoridades Locales dentro del plan ORCS.

Como parte de los proyectos de financiación de la instalación de los cargadores, la OLEV determina los requerimientos mínimos necesarios para entregar la financiación de la instalación de los cargadores. Así mismo, determina las empresas instaladoras de cargadores que se puede utilizar para pedir apoyo.

13.1.3 Existencia de planes de desarrollo y ubicación de estaciones de carga públicas (Numeral V Producto 1)

Para el esquema para la instalación de cargadores en la calle, las autoridades locales pueden pedir fondos para la instalación de puntos de carga en la calle. OLEV otorga fondos de hasta un 75% de cada proyecto a la Autoridad Local, hasta 7500 GBP por cada punto de carga, y máximo 100000 GBP por cada proyecto. Los fondos serán entregados una vez se finalicen los proyectos. Tales fondos serán otorgados a los primeros proyectos propuestos (primero en llegar, primero servido). Algunas de las condiciones para ser elegible en este proyecto son:

- Debe haber un apoyo entre las Autoridades Locales y las Autoridades de Carretera.
- Las Autoridades Locales son responsables de estima y controlar los costos y entrega del proyecto.
- Los cargadores deben ser ubicados en lugares residenciales que no tienen estacionamiento fuera de la calle.

Por otro lado, las empresas privadas han desarrollado planes de instalación de cargadores públicos que pueden ser utilizados por los propietarios de la EV.



Figura 48. Distribución de los cargadores eléctricos en el Reino Unido. Los círculos rojos indican las ciudades con mayor cantidad de cargadores. La ciudad marcada con el indicador A es el Área Urbanizada del Gran Manchester, con B Londres y C es Glasgow. Tomado de [78].

En la Figura 48, se muestra la ubicación de los puntos de carga en el Reino Unido. Las ciudades que presentan una gran cantidad de cargadores han sido encerradas con un marcador rojo. Estas ciudades son:

- Área urbanizada del Gran Manchester (Greater Manchester Built-Up Area): es una conurbación que comprende el área urbana y metropolitana de la ciudad de Manchester. La población es 2.553.379 habitantes y la población de la ciudad es de 547.627 habitantes (marcador A).
- Londres: es la capital y la ciudad más grande de Inglaterra con una población de 8.908.081 habitantes (marcador B).
- Glasgow: es una de las ciudades con mayor población de Escocia. Su población total es de aproximadamente 626.410 habitantes (marcador C).

13.2 Elementos regulatorios y normativos

13.2.1 Modelos de negocios y esquemas de integración comercial de las estaciones de carga. (Numeral II, Producto 1 – Numeral V, Producto 1)

En el Reino Unido hay cerca de 25 operadores de red que prestan servicios de carga públicos. La forma de pago y registro del consumo de los vehículos varía por cada uno de estos operadores. Para acceder al servicio, se puede utilizar una tarjeta de identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) o una aplicación móvil. Para pagar estos servicios, hay varias movilizaciones. Es posible pagar por cada uso de las estaciones de carga mediante aplicaciones móviles o web, o pagando mensualmente cuando se tiene una suscripción a un operador. El cobro por cada uso dependerá de la energía utilizada y una cuota por el uso (esta cuota no es cobrada por todos los operadores). Puede haber cambios en el precio, dependiendo del tipo de cargador.

Existe un caso especial, de la empresa *Ubitricity* que requiere un *cable inteligente*. Junto con una cuenta en la red, el cable permite el uso de la red de *Ubitricity* y hace un seguimiento al uso de electricidad para generar el cobro. El valor dependerá de la energía utilizada y de la autoridad local del lugar en que el usuario vive.

Para el uso de los cargadores en compañías, hay libertad de cobrar o no alguna cuota por el uso. Por otro lado, una vez se ha colocado un cargador en casa, la carga de los vehículos es cobrada junto con la electricidad de la casa. Estos cargadores tienen una unidad de medida con un circuito integrado para monitorear y separar de otras cargas.

13.2.2 Provisión de otros servicios asociados a las estaciones de carga (Numeral VIII, Producto 1)

En 2017, *Innovate UK* lanzó una competición para investigar acerca de la tecnología V2G en el país. En esta competencia se realizó una inversión de 30 M GBP (aproximadamente 38.5 M USD) para financiar 8 proyectos para estudiar factibilidad de los modelos de negocios de la tecnología, 8 proyectos para realizar demostraciones reales, y 5 proyectos para desarrollo e investigación de hardware y plataformas de agregación. Los 8 proyectos de demostración real están orientados a usuarios domésticos o comerciales, y se desarrollan en carros, van o buses. En la Figura 49, se muestran los proyectos financiados, así como los usuarios a los que se encuentran orientados.

Innovative UK es la agencia de innovación del Reino Unido. Es un organismo público no departamental. Esto quiere decir que no es parte integral de ningún departamento del gobierno, pero realizan sus actividades a distancia de los ministros. Sin embargo, los ministros

son responsables ante el parlamento de las actividades financiadas por el departamento. *Innovative UK* hace parte de la organización de la Investigación e Innovación del Reino Unido.

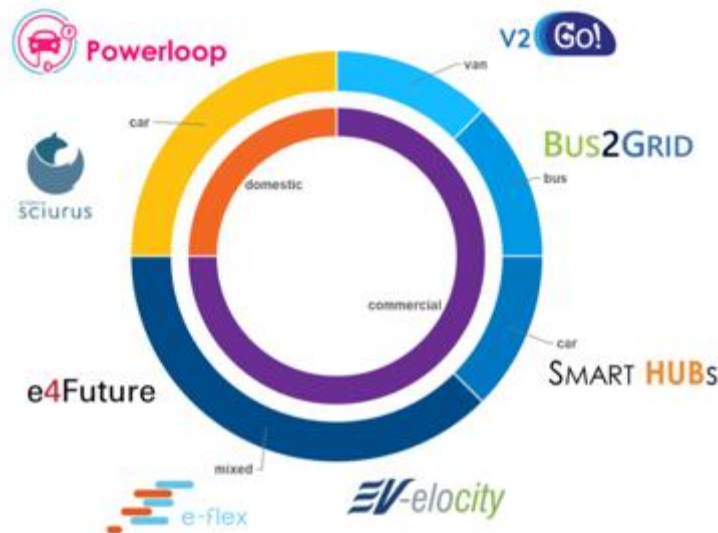


Figura 49. Ocho proyectos de implementación de tecnología V2G en el Reino Unido, financiado mediante la competición realizada por Innovative UK.

Adicionalmente, el gobierno de Reino Unido permite que los cargadores instalados en casa tengan capacidad de V2X.

13.2.3 Normativa técnica asociada al desarrollo de estaciones de carga (Numeral VI, Producto 1)

El gobierno del Reino Unido ha colocado algunas condiciones para que las personas puedan beneficiarse del plan EVHS. Para que los usuarios puedan beneficiarse del esquema, deben utilizar un instalador autorizado por la OLEV. En [84] se encuentran los requerimientos técnicos que se deben cumplir a partir de julio de 2019. Entre los requerimientos, se establecen algunas características de los cargadores como la carga máxima y mínima que se puede instalar, requerimientos de comunicación, entre otros. También se establece las normativas que deben cumplir tanto para los cargadores como para la instalación. Además de los requerimientos de las conexiones eléctricas, las normas que se especifican para la instalación y los cargadores es la BS EN 61851. Estas son normativas hechas por *British Standards Institution* (BSi).

Los conectores que hay en el Reino Unido son, para conectores AC:

- UK 3-pin (BS1363).
- Industrial Commando (IEC 60309).
- Tipo 1 (SAE J1772).
- Tipo 2 (Mennekes, IEC 62196).

Para cargadores DC:

- CHAdeMO.
- CCS.

- Cargadores Tesla.

13.3 Requerimientos técnicos

13.3.1 Características de estaciones de carga, perfiles de operación e impacto en la demanda (Numeral III, Producto 1)

En 2014 se publicó un estudio acerca del uso de los puntos de carga residenciales. Para este estudio, se tomaron datos de 54 usuarios con vehículos eléctricos durante 302 días. Estas medidas empezaron a mitad de mayo de 2013 hasta abril de 2014. El promedio fue tomado en todos los vehículos eléctricos para cada uno de los días de la semana. Por ejemplo, para un domingo se toma el promedio para todos los vehículos y todos los domingos de los que se tienen datos. En la Figura 50 se muestra el promedio de los perfiles de carga para vehículos eléctricos residenciales. Se puede observar que el máximo pico se presenta a las 9pm. Adicionalmente, la energía demandada en días de trabajo es más alta que los fines de semana. En promedio se requirió 3.68kWh para el primer caso y 3.09kWh para el segundo.

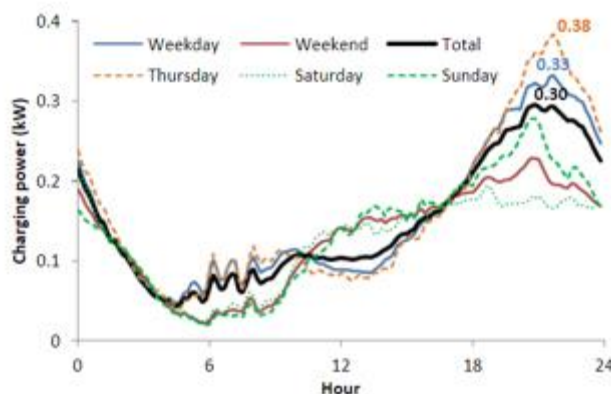


Figura 50. Perfiles de carga promedio por vehículo para diferentes días de la semana. Tomado de [85].

Como parte del proyecto *My Electric Avenue* (MEA), se tomaron datos de 219 vehículos eléctricos en distintos lugares del Reino Unido. En ese caso, se adquirieron datos del tiempo inicial de carga del vehículo, y el porcentaje de carga inicial y final en cada evento. Posteriormente, en [86] se diseña un modelo que, a partir de la distribución de los datos reales, genera datos aleatorios de: número de conexiones en un día, hora de la conexión, y el porcentaje inicial y final de carga. Con estos datos aleatorios, los autores pueden generar perfiles de carga, asumiendo que la demanda típica de cada vehículo de 3.6kW y un factor de potencia de 0.98. Un ejemplo de uno de los perfiles generados se muestra en la Figura 51. Este escenario es comparado con los datos obtenidos durante el proyecto. En esta Figura también se muestra un ejemplo de la forma de la carga para tres vehículos eléctricos. Adicionalmente, se muestra un modelo distinto que ignora la existencia de una relación entre el estado de carga y el tiempo de inicio. Por ejemplo, el modelo ignora que, si la carga inicia en la noche, es más probable que vehículo termine totalmente cargado. Este modelo se refiere en el trabajo como *Whole Day*.

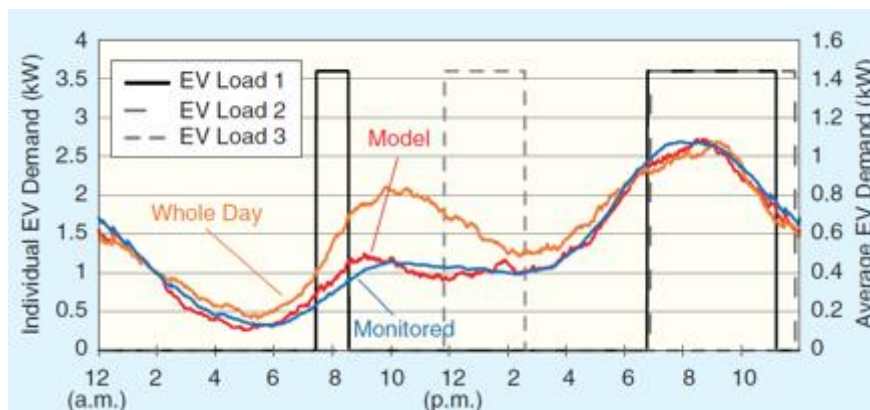


Figura 51. Perfiles de los vehículos eléctricos y consumo promedio.

Aunque hay una diferencia entre la potencia consumida comparado con el estudio anterior, se puede ver que el pico del consumo se genera a una hora similar. Por otro lado, el estudio ha encontrado que algunos usuarios de vehículos suelen cargarlos dos (o más) veces al día.

13.4 Desarrollo de la electromovilidad y la infraestructura asociada

13.4.1 Crecimiento del parque vehicular eléctrico y de estaciones de carga públicas (Numeral IV, Producto 1)

En la Figura 52, se muestra la cantidad de vehículos eléctricos entre el año 2010 y 2018. En este gráfico, se incluyen vehículos eléctricos que funcionan únicamente con batería (BEV, por sus siglas en inglés) y vehículos híbridos enchufables con batería (PHEV, por sus siglas en inglés). Adicionalmente, se muestra la cantidad de cargadores disponibles para uso público.

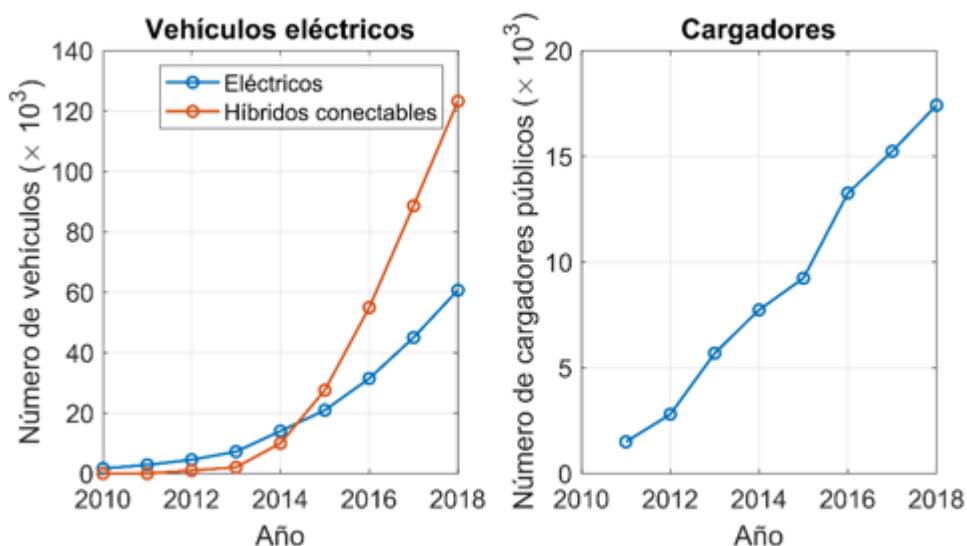


Figura 52. Número de vehículos eléctricos e híbridos conectables (izquierda) y cargadores públicos (derecha) en Reino Unido [72].

13.4.2 Indicadores de seguimiento y madurez de desarrollo

13.4.2.1 *Parque EV / parque IC [%]*

De acuerdo con la estadística del Gobierno del Reino Unido, para 2018 hay un total de 38.4 millones de vehículos. De estos vehículos, 31.6 millones son carros. Esto genera que la razón entre vehículos eléctricos con respecto a la cantidad total de vehículos de combustión interna sea de 0.00582, o 0.582%.

13.4.2.2 *Número EV / número estaciones de carga públicas*

La cantidad de vehículos por cargador para el año 2018 fue: $Evc = 10.56 \text{ vehículos/cargador}$.

13.4.2.3 *Capacidad agregada estaciones de carga / Capacidad parque de generación [%]*

En el Reino Unido hay 14732 cargadores lentos y 2692 cargadores rápidos. Por facilidad de cálculo del indicador, se asume que los cargadores lentos utilizan $3.6kW$ y los cargadores rápidos $50kW$. De esta forma, la proporción de la capacidad agregada y la capacidad total del parque eléctrico es 0.21%.

13.4.2.4 *Previsión demanda de energía EV / Demanda de energía eléctrica total [%]*

Los vehículos seleccionados utilizan $55 kWh/100km$ y $12 kWh/100 km$. En el Reino Unido el recorrido promedio anual para el año 2018 fue de $7600 mi/año$ (aproximadamente $12231 mi/año$). La energía consumida por el país fue $334TW$. De esta forma, la estimación del indicador se encuentra en el rango de 0.00809% a 0.3707%.

14 Sobre la masificación del uso de los EV (Numeral IV, Producto 1)

Según definición de la palabra masivo, se entiende como: “que actúa o se hace en gran cantidad”. En lo que respecta al alcance de este análisis, se infiere entonces que haría mención a gran cantidad de vehículos eléctricos.

En este contexto, gran cantidad hace referencia a la proporción de vehículos eléctricos en el parque automotor total, para ello se toma inicialmente como referencia el umbral del 50%, lo que representa la mitad del parque. No obstante, también se entiende que un desarrollo “masivo” de EV no puede ir desacoplado de un avance similar en infraestructura, ya que un número mayor de EV sin suficiente desarrollo de estaciones de carga daría señales de estancamiento.

En adición a lo anterior, la muestra internacional observada indica que a la fecha no existe un país que haya superado el umbral del 10%, sólo Noruega se aproxima a estos números. Por lo anterior, se opta por tratar el concepto masificación o tendencia a masificación antes de masivo. Para identificar estas tendencias por países se toma el par “ECV” vs “Proporción en el parque (%EV)” lo que indica tanto el desarrollo de parque vehicular eléctrico como el respectivo acompañamiento en infraestructura. La siguiente figura ilustra el desarrollo de los países en estudio, respecto de estos dos parámetros.

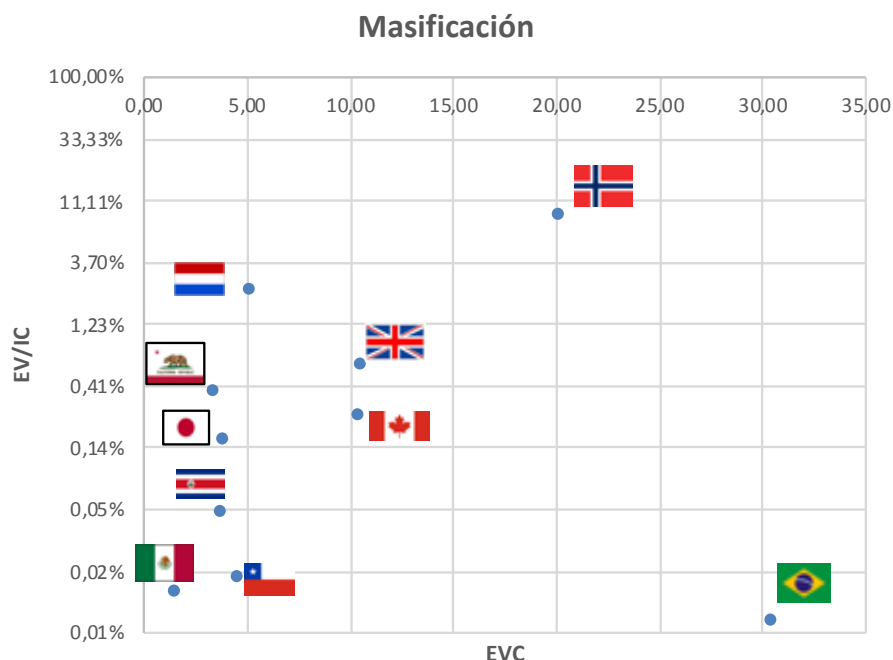


Figura 53. Desarrollo de la electromovilidad en los países bajo estudio, desarrollo conjunto de infraestructura (EVC) vs participación de EV en el parque vehicular (EV/IC). Datos obtenidos para cargadores públicos.

De la figura anterior se observa que si bien Noruega ha destacado en términos de despliegue de vehículos eléctricos, en cuanto a infraestructura indica que son del orden de 20 EV por cargador, mientras otros países como Holanda, presentan un nivel de participación de EV menor, el número de vehículos por cargador, es mucho menor, cercano a 5.

Finalmente, la siguiente tabla ilustra la síntesis de los diferentes indicadores considerados en este estudio. Se observa claramente, que si bien el término y despliegue de la electromovilidad está en curso y con un alto protagonismo, en números reales todavía se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo.

Tabla 12. Resumen de indicadores por país bajo análisis.

Indicadores				
País	EV/IC	EV/Ec (Evc)	Capacidad instalada PC/total país generación	Demanda energética vehículos/demanda país(MWh-año)
Brasil	0,01%	30,46	0,001%	0,003%
Canadá	0,23%	10,44	0,100%	0,100%
Chile	0,01%	4,54	0,014%	0,001%
Costa Rica	0,04%	3,74	1,384%	0,001%
Estados Unidos (California)	0,36%	3,42	0,089%	0,043%
Holanda	2,17%	5,17	1,060%	0,999%
Japón	0,15%	3,87	1,160%	0,005%
México	0,01%	1,48	0,020%	[0.3319%, 1.5212%]
Noruega	8,30%	20,12	0,300%	[0.3019%, 1.3839%]
Reino Unido	0,58%	10,56	0,210%	[0.0809%, 0.3707%]

15 Propuesta de escenarios para la electrificación del transporte

Para la creación de los escenarios de electrificación del transporte en Colombia se tuvieron en cuenta principalmente el crecimiento del parque vehicular total (todas las tecnologías), mostrado en la figura 19, el cual fue proyectado luego según la tendencia que viene presentando desde el año 2002 según cifras del RUNT encontradas en [87]. Además, para el análisis de esta proyección se estimó la población Colombia según datos del banco mundial [88].

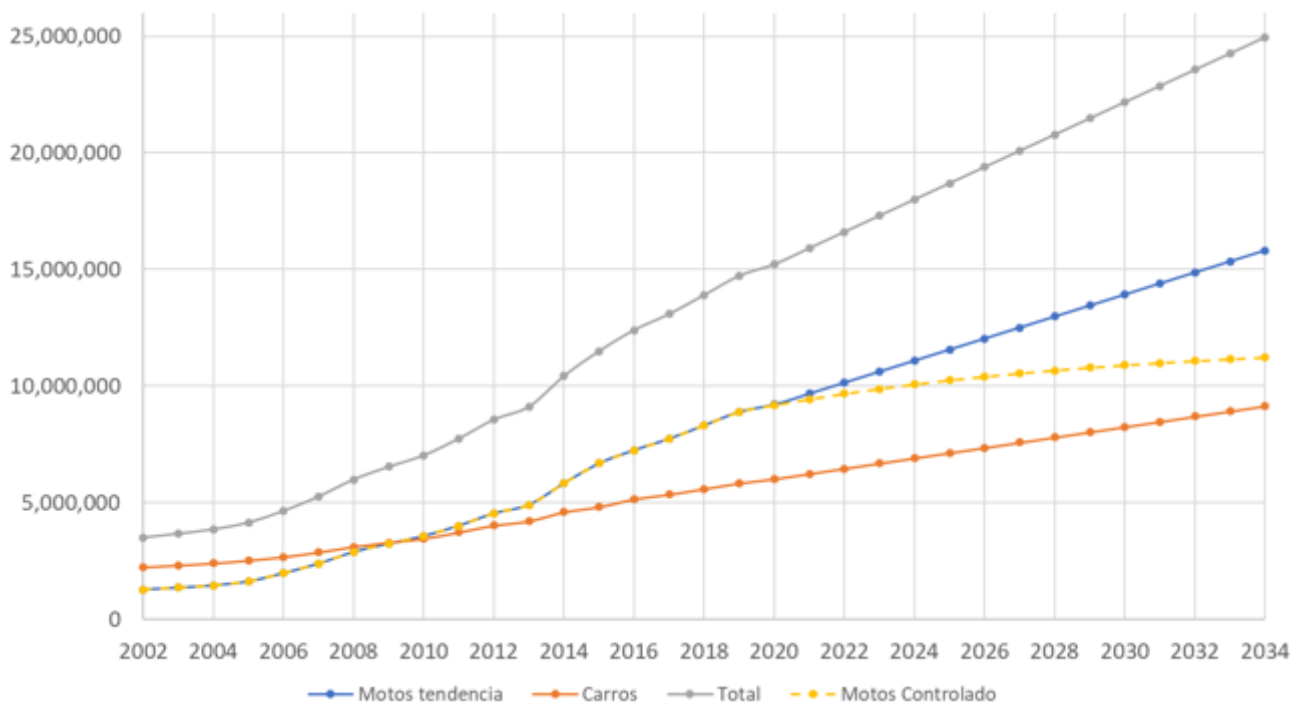


Figura 54. Crecimiento del parque vehicular colombiano teniendo en cuenta todas las tecnologías. Realizado con datos del RUNT encontrados en [87].

Se cautela que la tasa de motorización vehicular se aproxime a lo esperado según crecimiento de PIB per capita y población en Colombia para el horizonte estudiado, teniendo en cuenta a tasas observadas en países latinoamericanos como Argentina, México y Chile. En consecuencia, se llega a que la densidad $\frac{\text{vehículos}}{1000 \text{ habitantes}}$ calculada con los carros únicamente, no debe superar la magnitud de 200. Con la proyección mostrada en la Figura 54 se llega a una tasa de 160 *veh/1000hab* lo cual se mantiene dentro del límite establecido.

15.1 Escenario 1 – “Crecimiento Verde”

A partir del comportamiento de incorporación de vehículos eléctricos hasta el año 2019, mostrado en Figura 55, se realiza una proyección polinómica de tal manera que al año 2030 haya 600,000 vehículos eléctricos en el parque vehicular colombiano.

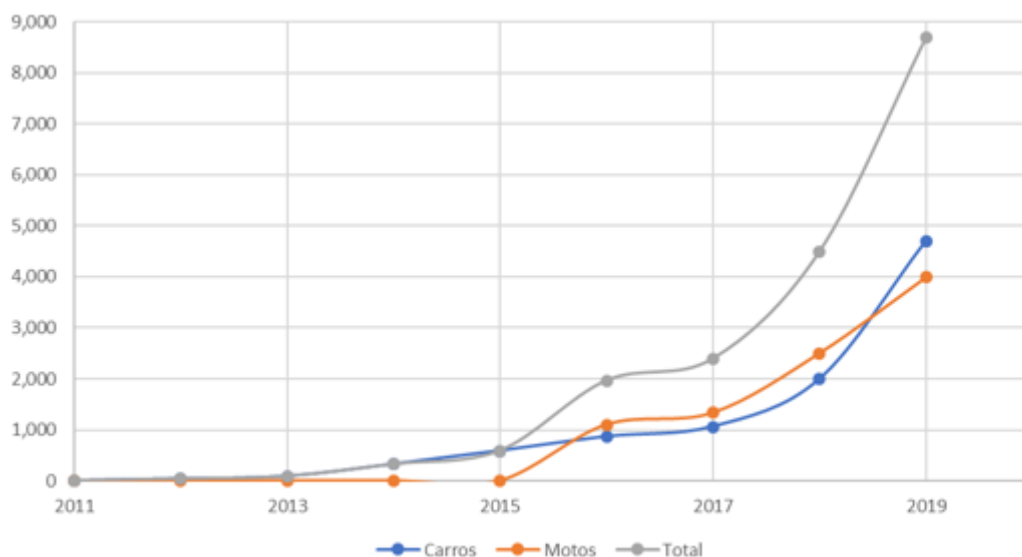


Figura 55. Número de vehículos eléctricos en Colombia hasta año 2019. Construido a partir de datos del RUNT mostrados en [87].

Este ajuste es basado en lo declarado en el documento CONPES 3934 “Política de crecimiento verde”. Para esta proyección se mantienen la proporción actual entre motos y carros en el parque vehicular eléctrico actual la cual es de 53.6% y 46.4% respectivamente. Dado este comportamiento de crecimiento se llega a que, en 15 años, en 2034, se tendría 964,308 vehículos eléctricos distribuidos en 516,981 carros y 447,327 motos. En la Figura 56 se muestra la proyección obtenida en este escenario.

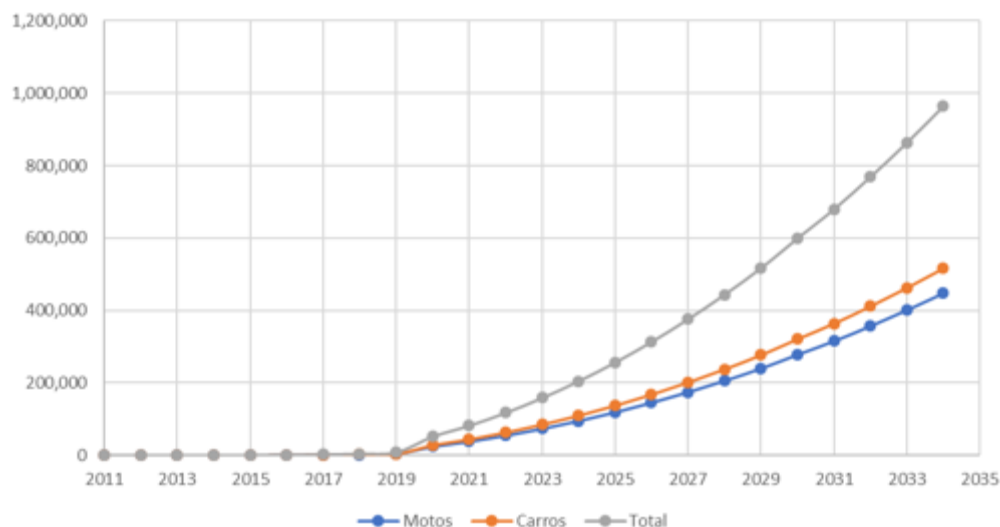


Figura 56. Proyección para escenario 1 de número de vehículos eléctricos en Colombia.

15.2 Escenario 2 – “Quiebre Tecnológico”

Para este escenario se realiza una comparación entre la compra de vehículos eléctricos (EVs) y vehículos de combustión interna (VICs) en donde se estima que en el año 2025 el costo de

paridad de EV vs VIC será igual lo que podría motivar a un aumento de la tasa de compra de EVs.

De 2019 a 2023 se proyecta crecimiento geométrico considerando la relación actual considerando efectos de la ley 1964 de 2019 “Por medio la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones”. A partir de 2025 aumenta la preferencia de compra de EVs sobre VICs hasta alcanzar el 25% de compras *EVs/Compras totales*. En el caso de los carros, esta relación solo se tuvo en cuenta en las principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla) la cual representa en promedio el 66.32% (el cual está distribuido como lo muestra Figura 57), de las compras del país, por tema de ansiedad de rango, dada la centralización del desarrollo de la infraestructura de carga que tiende a suceder en todos los países. Los resultados son mostrados en la Figura 59.

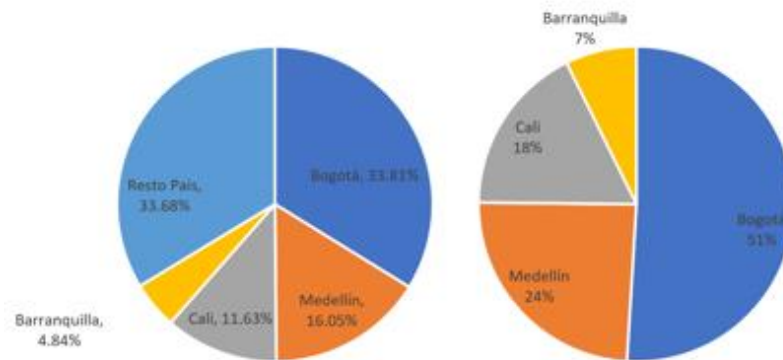


Figura 57. Distribución de las ventas de carros (todas las tecnologías) por ciudad (Izquierda).
 Distribución por ciudad utilizada para el escenario 2 y 3 para la compra de EVs (Derecha).

En la Figura 58 se muestra el crecimiento del parque vehicular (solo carros) en donde cada área representa una ciudad diferente. El crecimiento total de todas estas zonas alcanza los 400.000 carros para 2034.

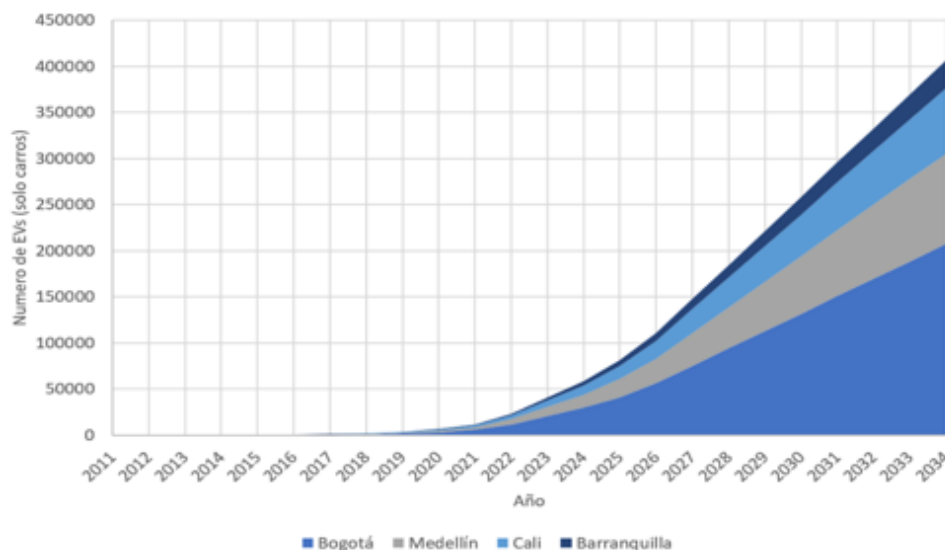


Figura 58. Crecimiento de carros eléctricos por ciudad en Colombia.

El resultado para todo el parque incluyendo motos es mostrado en la Figura 59 donde se alcanzan los 890.000 vehículos.

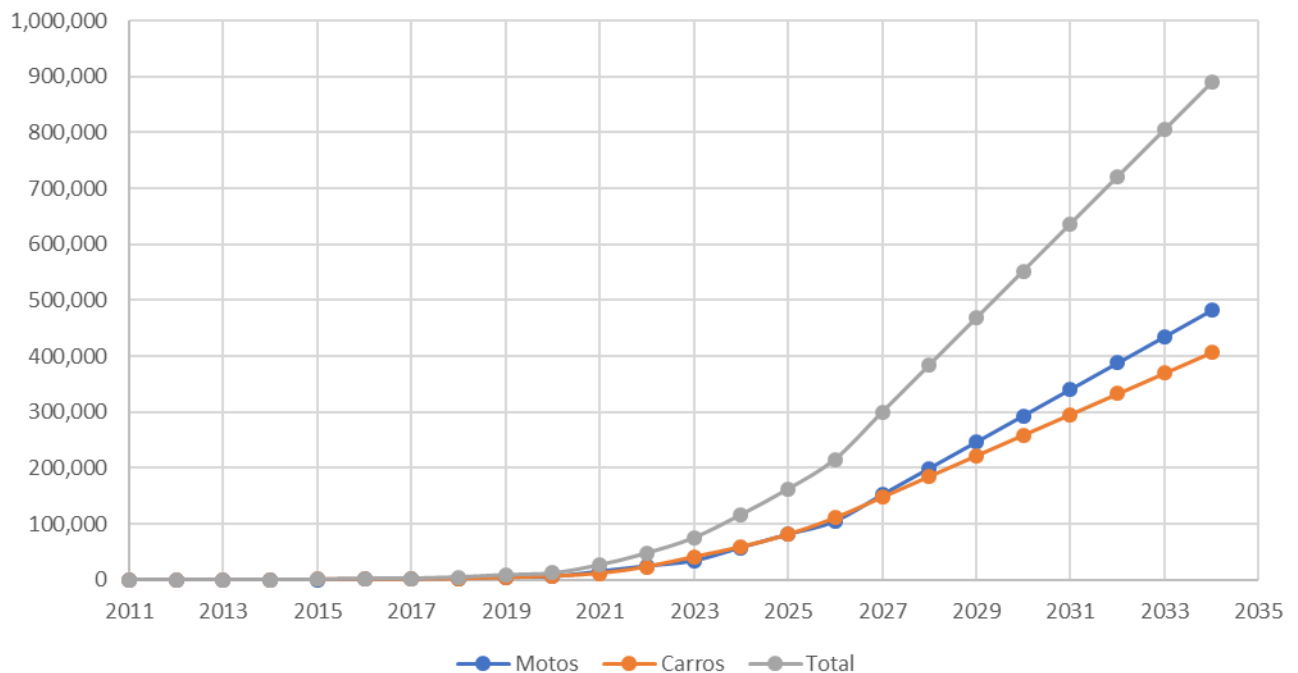


Figura 59. Proyección para escenario 2 de número de vehículos eléctricos en Colombia.

15.3 Escenario 3 – “Control de tasa de crecimiento de motos”

Teniendo en cuenta el deseo del gobierno por ejercer control sobre el uso de las motos en Colombia y la implementación de medidas como el aumento del costo del pase, reglamentación nueva de cascos, ley 1972 de 2019, se disminuyó el crecimiento de las motos en Colombia como lo es mostrado en la Figura 54 en la línea correspondiente a “motos controlado”. Resultados de este escenario se muestra en la Figura 60.

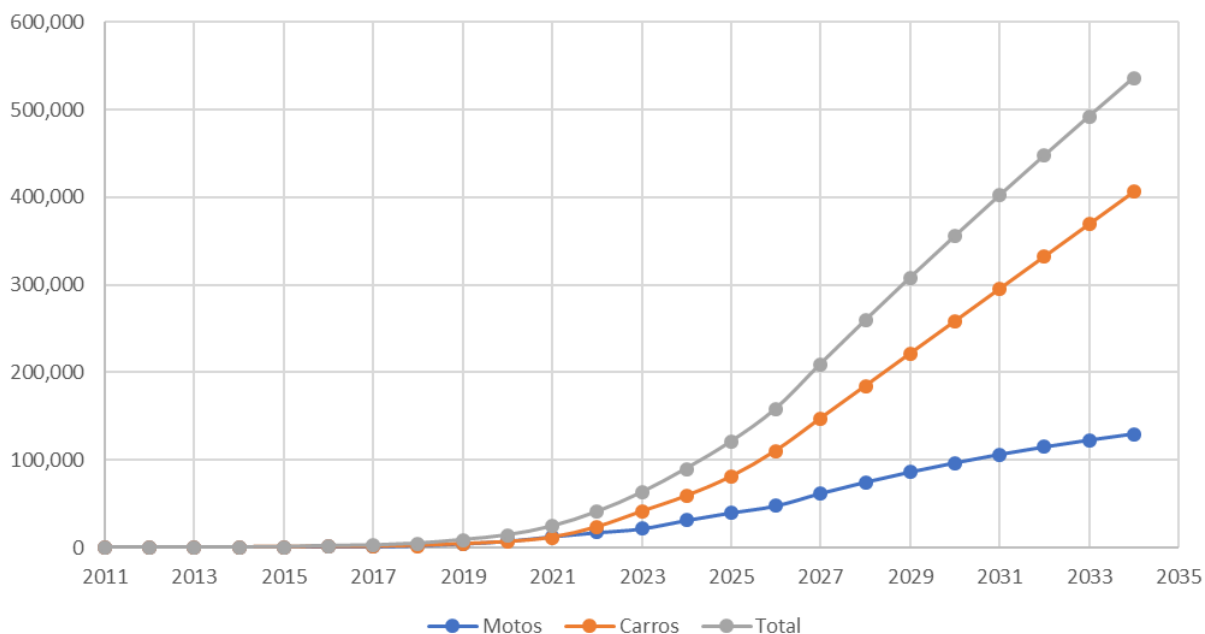


Figura 60. Proyección para escenario 2 de número de vehículos eléctricos en Colombia.

En la Tabla 13 se muestran las cantidades exactas de vehículos eléctricos para cada año en todos escenarios propuestos.

Tabla 13- Crecimiento del parque vehicular colombiano en 3 escenarios.

AÑOS	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3		
	Motos	Carros	Total	Motos	Carros	Total	Motos	Carros	Total
2011	1	0	1	0	1	1	0	1	1
2012	36	0	36	0	36	36	0	36	36
2013	86	0	86	0	86	86	0	86	86
2014	324	0	324	0	324	324	0	324	324
2015	587	0	587	0	587	587	0	587	587
2016	865	1,100	1,965	1,100	865	1,965	1,100	865	1,965
2017	1,061	1,334	2,395	1,334	1,061	2,395	1,334	1,061	2,395
2018	1,993	2,502	4,495	2,502	1,993	4,495	2,502	1,993	4,495
2019	4,702	3,993	8,695	4,702	3,993	8,695	4,702	3,993	8,695
2020	24,208	27,978	52,186	5,397	6,458	11,855	7,557	6,458	14,015
2021	38,212	44,162	82,374	14,844	11,388	26,231	12,723	11,388	24,111
2022	54,711	63,230	117,941	24,290	23,234	47,524	17,398	23,234	40,632
2023	73,705	85,182	158,887	33,737	41,002	74,739	21,628	41,002	62,630
2024	95,195	110,018	205,213	57,353	58,771	116,125	31,196	58,771	89,968
2025	119,179	137,737	256,917	80,970	80,982	161,952	39,854	80,982	120,836
2026	145,659	168,340	314,000	104,587	110,597	215,183	47,688	110,597	158,285
2027	174,635	201,827	376,462	151,820	147,615	299,435	61,865	147,615	209,480
2028	206,105	238,198	444,303	199,053	184,633	383,686	74,693	184,633	259,326
2029	240,071	277,453	517,523	246,286	221,651	467,938	86,300	221,651	307,951
2030	278,330	321,670	600,000	293,519	258,670	552,189	96,802	258,670	355,472
2031	315,487	364,613	680,100	340,753	295,688	636,440	106,305	295,688	401,993
2032	356,939	412,519	769,457	387,986	332,706	720,692	114,904	332,706	447,610
2033	400,885	463,308	864,193	435,219	369,724	804,943	122,685	369,724	492,409
2034	447,327	516,981	964,308	482,452	406,742	889,195	129,725	406,742	536,467

Como lo ilustra la Figura 61, el primer escenario es el más optimista de todos y con un crecimiento más constante a partir de 2019. El Escenario 2 muestra un gran impulso a partir de 2026, luego de que sucede el quiebre tecnológico mencionado anteriormente.

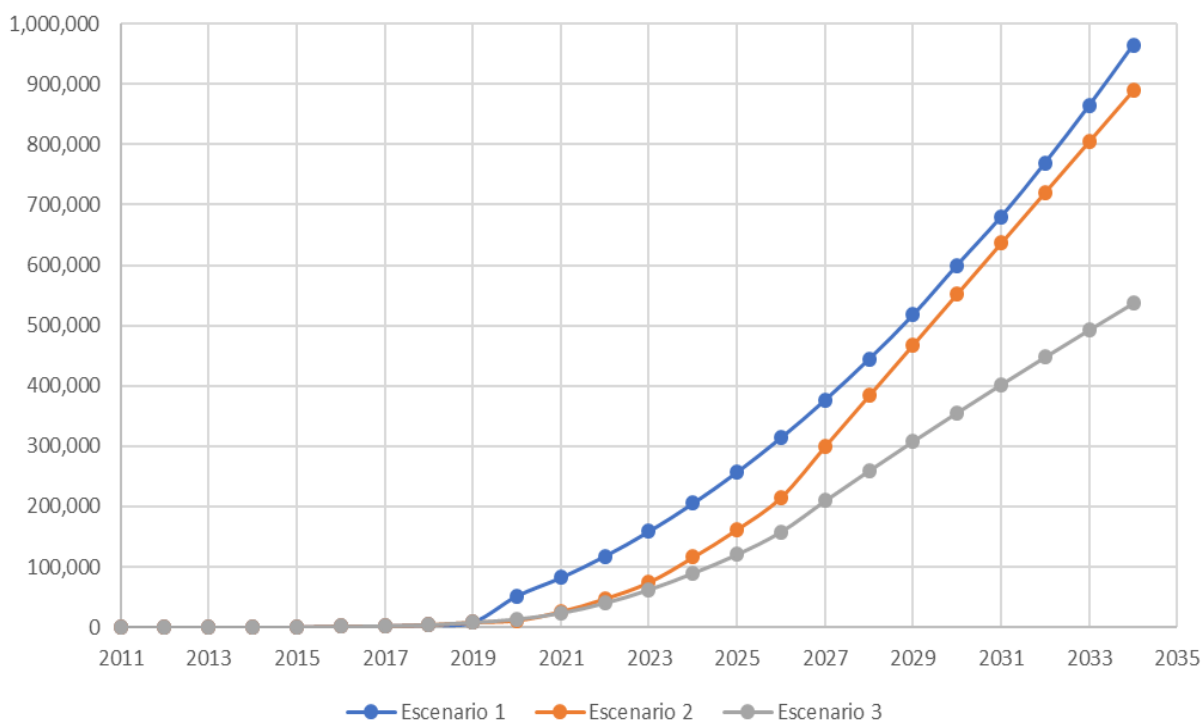


Figura 61. Comparación de los 3 escenarios.

Para evaluar el impacto de cada uno de los escenarios en la demanda de energía en el país se utilizó la información del Nissan Leaf [89] para los carros, y para las motos la información de Starker Trotter de Auteco [90]. Se realizaron estimados de consumo diario para 3 años diferentes, teniendo en cuenta el número de vehículos eléctricos en cada uno de los escenarios. Se realizaron dos estimaciones diferentes para cada uno de los años, la primera con una eficiencia constante de la tecnología y la segunda con un esperado desarrollo de la eficiencia de los vehículos. Para el segundo caso se utilizaron eficiencias de 12000, 10000, 9000(kWh/100km) en el caso de los carros, y 2000, 1500 y 1000 (kWh/100km) en el caso de las motos para los años 2025, 2030 y 2034 respectivamente. En el caso de mayor consumo de energía se da en el escenario 1 llegando a un aumento de la demanda de 1443.25 GWh en el año 2034.

Tabla 14. GWh al año requeridos para atender la demanda de los escenarios de electromovilidad en Colombia.

		2019	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3		
			2025	2030	2034	2025	2030	2034	2025	2030	2034
Carros	Eficiencia Cte	9.82	338.83	791.31	1271.77	199.22	636.33	1000.59	199.22	636.33	1000.59
	Mejor eficiencia		247.93	482.51	697.92	145.77	388.01	549.10	145.77	388.01	549.10
Motos	Eficiencia Cte	1.80	45.69	106.69	171.48	31.04	112.52	184.94	15.28	37.11	49.73
	Mejor eficiencia		35.75	62.62	67.10	24.29	66.04	72.37	11.96	21.78	19.46
Total	Eficiencia Cte	11.63	384.52	898.00	1443.25	230.25	748.84	1185.53	214.49	673.44	1050.31
	Mejor eficiencia		283.68	545.13	765.02	170.06	454.05	621.47	157.72	409.79	568.56

Para tener un mejor dimensionamiento del impacto que podría tener la electrificación del transporte con estos escenarios, en la Figura 62 son presentados los porcentajes de energía demandada anualmente por estos vehículos con respecto la demanda anual nacional de cada uno de los años (Teniendo en cuenta los consumos proyectados por la UPME en [91]).

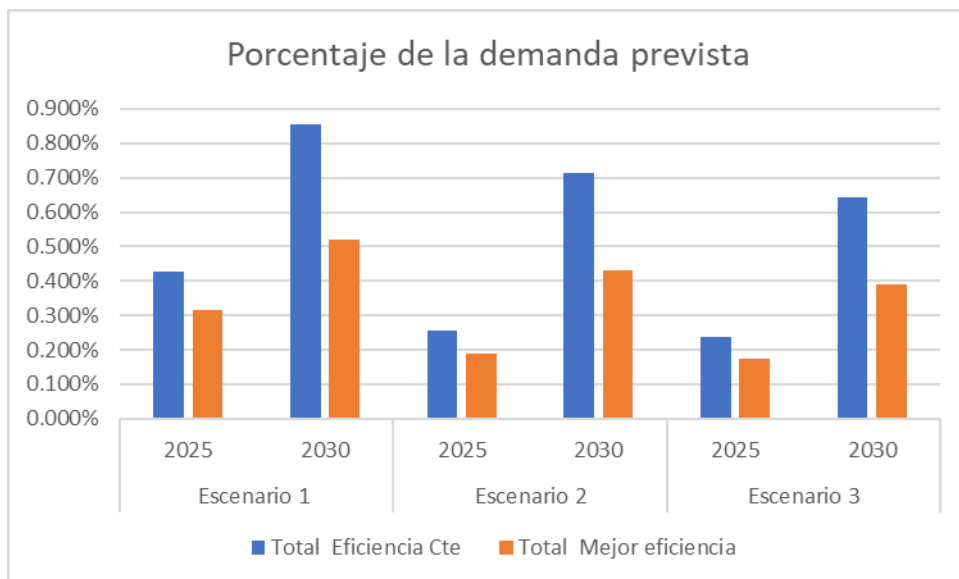


Figura 62. Porcentaje de consumo energético anual por parte del sector transporte según escenarios.

En el escenario 1, que es donde mayor número de vehículos eléctricos entran en el país, los EVs en Colombia representarían el 0.426% y 0.861% de la demanda energética nacional anual para los años 2025 y 2030 respectivamente.

16 Referencias

- [1] US Department of Energy, *Plug-In Electric Vehicle Handbook for Public Charging Station Hosts*, 2015.
- [2] American Automobile Association, «AAA Electric Vehicle Range Testing. AAA proprietary research into the effect of ambient temperature and HVAC use on driving range and MPGe,» Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.aaa.com/AAA/common/AAR/files/AAA-Electric-Vehicle-Range-Testing-Report.pdf>.
- [3] R. Zhang, K. Li, F. Yu, Z. He y Z. Yu, «Novel electronic braking system design for EVS based on constrained nonlinear hierarchical control,» *International Journal of Automotive Technology*, vol. 18, nº 4, pp. 707-718, 2017.
- [4] J. C. Sierra, «Caracterización energética de la operación de un vehículo eléctrico en Bogotá,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2015.
- [5] D. Victoria, «Desarrollo de una metodología para el cálculo integral de la energía de un vehículo eléctrico en la zona de Ciudad Salitre mediante el análisis energético del vehículo centrado en el freno regenerativo,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2015.
- [6] p. Slowik, C. Araujo, T. Dallmann y C. Façanha, International evaluation of public policies for electromobility in urban fleets., 2018.
- [7] Statista, «Number of registered electric automobiles in Brazil from 2006 to 2018,» [En línea]. Available: <https://www.statista.com/statistics/763591/number-registered-electric-automobiles-brazil/>.
- [8] E. M. Canada, «Electric Vehicles Sales in Canada in 2018,» 2019. [En línea]. Available: <https://emc-mec.ca/new/electric-vehicle-sales-in-canada-in-2018/>.
- [9] Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica, «Plan Nacional de transporte eléctrico 2018-2030,» San José, 2018.
- [10] CNFL, *Carga rápida*, 2019.
- [11] M. A. B. Utgård, *Electrifying emerging markets: the case of Costa Rica*, 2017.
- [12] Ministerio de Ambiente y Energía MINAE, Costa Rica, *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*, San José, 2015, p. 116.
- [13] República de Costa Rica, *Incentivos y promoción para el transporte público*, 2018, p. 4.
- [14] Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Panamá, *El sector eléctrico en Costa Rica*, 2011.
- [15] Ministerio de Minas y Energía, Costa Rica., *Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables*, 2015.
- [16] CNFL, *Generación Distribuida*, 2019.
- [17] INTECO, *INTE/IEC 61851-22*, 2017.
- [18] INTECO, *INTE/IEC 61851-22*, 2017.
- [19] INTECO, *INTE/IEC 61851-22*, 2017.
- [20] INTECO, *INTE/IEC 60364-7-722*, 2018.
- [21] INTECO, *INTE/IEC 62196-2*.
- [22] INTECO, *INTE/IEC 61851-21-1*, 2018.
- [23] EA Technology, *My electric avenue*.

- [24] EFE - El País, *Costa Rica suma 30 centros de recarga para vehículos eléctricos*.
- [25] Electromaps, *Puntos de recarga en Costa Rica*.
- [26] B. Utgård, *Esencialmente eléctrica: Cómo puede abanderar Costa Rica la movilidad eléctrica*, 2017.
- [27] CPUC, *Zero-Emission Vehicles*.
- [28] C. Shulock, *Manufacturer Sales under the Zero Emission Vehicle Regulation: 2012 Expectations and Governors' Commitments versus Today's Likely Outcomes*, New York.
- [29] H. Trabish, *Can California Hit 1.5M Zero-Emission Vehicles by 2025?*, 2017.
- [30] California Air Resources Board, *Electric Vehicle (EV) charging infrastructure: Multifamily building standards*, 2018.
- [31] CPUC, *Summary of CPUC Actions to Support Zero-Emission Vehicle Adoption*, 2019, p. 2.
- [32] C. G. O. o. B. a. E. Development, *Electric Vehicle Charging Station Permitting Guidebook*, 2019.
- [33] C. L. Information, *AB 1236, Local ordinances: electric vehicle charging stations*, 2015.
- [34] S. V. S. Khan, *Strategies for Integrating Electric Vehicles into the Grid*, 2018.
- [35] CPUC, *Order instituting rulemaking to continue the development of rates and infrastructure for vehicle electrification and closing rulemaking 13-11-007-Appendices*, 2018, p. 24.
- [36] Governor's Office of Planning and Research, *Plug-In Electric Vehicles: Universal Charging Access Guidelines and Best Practices*.
- [37] NFPA 70, *Artículo 625: Electric Vehicule Power Transfer System*, 2019.
- [38] S. S. D. S. M. G. J. S. J. Coignard, *Projected Electric Vehicle Hourly Loads for the 2017 California Energy Demand Forecast*, 2018.
- [39] E. Adoption, *EV Market Share California*.
- [40] US Departament of Energy, *Electric Vehicle Charging Stations Locations*.
- [41] US Departament of Energy, *Alternative Fueling Station Counts by State*.
- [42] Oak Ridge National Laboratory, *Transportation Energy Data Book*, 33 ed., 2014, p. 167.
- [43] Oak Ridge National Laboratory, *Transportation Energy Data Book*, 36 ed., 2017, p. 173.
- [44] Oak Ridge National Laboratory, *Transportation Energy Data Book*, 35 ed., 2016, p. 171.
- [45] J. Cansino, A. Sanchez y M. Sanz, «Policy Instruments to promote Electro-Mobility in the EU28: A Comprehensive Review.,» 2018.
- [46] N. Elektrisch, «Charging Infrastructure,» [En línea]. Available: <https://nederlandelektrisch.nl/charging-infrastructure>.
- [47] GoCompare, «Electric Avenues,» [En línea]. Available: <https://www.gocompare.com/car-insurance/electric-avenues/#/countries>.
- [48] B. de Brey, «Smart Solar Charging: Bi-directional AC Charging (V2G) in the Netherlands.,» *Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 11, nº 7, 2017.
- [49] I. N. S. Region, «The 3 megawatt energy storage system in Johan Cruijff ArenA is now live!,» [En línea]. Available: <https://www.seev4-city.eu/2018/07/12/the-3-megawatt-energy-storage-system-in-johan-cruijff-arena-is-now-live/>.
- [50] A. Group, «Netherlands invests in bi-directional charging network,» 2019.
- [51] N. E. Agency, «Statistics Electric Vehicles in the Netherlands,» 2019.

- [52] T. M. T. M. T. Y. G. Xu, *Vehicle purchasing behaviors comparison in two-stage choice perspective before and after eco-car promotion policy in Japan*, vol. 34, p. 195–207.
- [53] K. T. I. Alhulail, *Effects of Tax Incentives on Sales of Eco - Friendly Vehicles: Evidence from Japan*, 2014.
- [54] C. F. J. Rominger, *Public charging infrastructure in Japan – A stochastic modelling analysis*, vol. 90, p. 134–146.
- [55] A. N. C. Weiller, *Business Models for Electric Vehicles: Lessons from the Japanese EV Ecosystem.*, 2015.
- [56] Mordor Intelligence, *Japan Electric Vehicle Charging Equipment Market - Segmented by Vehicle Type, End Use, Charging Station, and Connector Type - Growth, Trends, and Forecast (2018 - 2023)*.
- [57] EvEvGo, *Number of registered charging stations*.
- [58] N. Takehiro, *Japanese Situation of EV Charging Infrastructure*, 2013.
- [59] McKinsey, *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?*, 2014.
- [60] G. O. K. Handberg, *Electric Vehicles as Grid Support*, 2015, pp. 129-146.
- [61] P. L. H. v. L. S. Bakker, *Niche accumulation and standardization - the case of electric vehicle recharging plugs*, 2015, pp. 155-164.
- [62] T. M. M. O. T. Y. T. I. R. Kanamori, *The Impact of Electric Vehicles on Travel and Electricity Demand in Nagoya*, 2013.
- [63] E. i. Tech, *Japan has more electric vehicle charging points than gas stations*.
- [64] WattEV2Buy, *Japan EV Sales*.
- [65] G. A.-P. B. Association, *E-Mobility in China and Japan*.
- [66] Roland Irle, *EV Volumes, Global EV Sales for the 1st Half of 2019*.
- [67] U. N. Environment, *Electric Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and Opportunities for Regional Collaboration*, Panama: United Nations Environment Programme, Office for Latin America and the Caribbean, 2018.
- [68] G. López y S. Galarza, «Movilidad eléctrica oportunidades para Latinoamérica,» de *ONU Medio Ambiente*, 2016.
- [69] Diario Oficial de la Federación, «ACUERDO Núm. A/039/2018,» 17 Diciembre 2018. [En línea]. Available: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5546665&fecha=17/12/2018.
- [70] «PlugShare,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.plugshare.com>.
- [71] Comisión Federal de Electricidad, «Guía para contratación de servicios de recarga a vehículos eléctricos para Clientes Residenciales,» 20 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.cfe.mx/Casa/Documents/Forms/AllItems.aspx>.
- [72] T. Bunsen, P. Cazzola, L. M. Gerner, S. Scheffer, R. Schuitmaker, H. Signollet, J. Tattini y J. Teter, «Global EV Outlook 2019: Scaling-up the transition to electric mobility,» 2019.
- [73] E. Lorentzen, P. Haugneland, C. Bu y E. Hauge, «Charging infrastructure experiences in Norway-the worlds most advanced EV market,» de *Proceedings of the EVS30 Symposium. Stuttgart, Germany, EN*, 2017.
- [74] E. Figenbaum, «Electromobility Status in Norway: Mastering Long Distances - the Last Hurdle to Mass Adoption,» *TØI report*, 2018.
- [75] E. Pöyry, «Strategi Og Kriteriesett For Utplassering Av Hurtigladere (Del 1). Utarbeidet for Transnova og Statens vegvesen,» *Econ-rapport nr. R-2012-007*, 2012.

- [76] E. Figenbaum, «Charging Into the Future: Analysis of Fast Charger Usage,» *TØI Report*, 2019.
- [77] E. Figenbaum y M. Kolbenstvedt, *Electromobility in Norway-experiences and opportunities with Electric Vehicles*, 2013.
- [78] «Chargemap,» 2019. [En línea]. Available: <https://chargemap.com/map>. [Último acceso: 24 10 2019].
- [79] U. Electricity Industry EURELECTRIC, «Dynamic pricing in electricity supply,» 2017.
- [80] P. Cazzola, M. Gorner, S. Scheffer, R. Scuitmaker y J. Tattini, «Nordic EV Outlook 2018,» *International Energy Agency*, 2018.
- [81] C. Scotland, E. Eggum y D. Spilde, «Hva betyr elbiler for strømmettet?,» *NVE Rapport nr 74*, 2016.
- [82] Statistisk sentralbyrå, «Registered vehicles,» 29 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ssb.no/en/bilreg>.
- [83] Low Emission Vehicles, Office, «Office for Low Emission Vehicles - Guidance for customers: January 2019,» 2019.
- [84] Office for Low Emission Vehicles, «Electric Vehicle Homecharge Scheme minimum technical specification,» 21 Enero 2019. [En línea]. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/772457/electric-vehicle-chargepoint-scheme-technical-spec-july-2019.pdf.
- [85] M. Auendi, M. Wolf, M. Bilton y G. Strbac, «Impact and opportunities for wide-scale electric vehicle deployment,» Imperial College London, 2014.
- [86] J. Quirós-Tortós, A. Navarro-Espinosa, L. F. Ochoa y T. Butler, «Statistical representation of EV charging: Real data analysis and applications,» de *Proceedings of the 2018 Power Systems Computation Conference (PSCC)*, 2018.
- [87] ANDEMOS, «Asociación Nacional de Movilidad Sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.andemos.org/index.php/cifras-y-estadisticas-version-2/#1549405331598-c451e508-2140>. [Último acceso: 11 2019].
- [88] B. Mundial, «Datos Banco Mundial,» [En línea]. Available: <https://datos.bancomundial.org/pais/colombia>. [Último acceso: 11 2019].
- [89] E. V. Database, «Nissan Leaf Information,» [En línea]. Available: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>.
- [90] AUTEKO, «STARKER TROTTER (60 / 90 @ 45) Ficha tecnica,» [En línea]. Available: <https://www.auteko.com.co/moto-electrica-starker-trotter/p>.
- [91] UPME, «Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia,» 2016.
- [92] INTECO, *INTE/IEC 61851-22*.

Producto 2: Características de la demanda de combustibles líquidos que ha sido desplazada ante la electrificación del transporte público y privado

Contenido 2

1.	<i>Resumen ejecutivo</i>	114
2.	<i>Glosario y Siglas</i>	116
3.	<i>Experiencia de desarrollo de EV (Síntesis)</i>	118
4.	<i>Brasil</i>	119
4.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	119
4.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	119
4.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles	121
5.	<i>Canadá</i>	122
5.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	122
5.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	123
5.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles	123
6.	<i>Chile</i>	124
6.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	124
6.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	124
6.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles	126
7.	<i>Costa Rica</i>	128
7.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	128
7.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	129

7.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	130
8.	<i>EE. UU. (California)</i>	132
8.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	132
8.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	134
8.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	134
9.	<i>Holanda</i>	140
9.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	140
9.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	140
9.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	141
10.	<i>Japón</i>	142
10.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	142
10.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	142
10.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	145
11.	<i>México</i>	147
11.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	147
11.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	147
11.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	149
12.	<i>Noruega</i>	153
12.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	153
12.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	154

12.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	155
13.	<i>Reino Unido</i>	160
13.1.	¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?	160
13.2.	Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos	161
13.3.	Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles.....	162
14.	<i>Colombia</i>	164
14.1.	Potencial de impacto.....	164
15.	<i>Impacto en la cadena de distribución de combustibles.</i>	166
17.	<i>Referencias</i>	171

- Resumen ejecutivo

El presente informe hace un estudio sobre el impacto de los vehículos eléctricos sobre los combustibles derivados del petróleo, haciendo diferenciación entre gasolina y diésel. El estudio se enfoca en diez países que son: Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, EE. UU. (California), Holanda, Japón, México, Noruega y el Reino Unido. El ejercicio revisa el uso de los combustibles derivados del petróleo a partir del año 2010, pues este es el año en el que comienzan varios países a introducir los vehículos eléctricos dentro de su parque. Además, se realiza una búsqueda acerca del posible impacto de los vehículos eléctricos hasta el año 2030. Para esto, se identifican los objetivos de introducción de los vehículos eléctricos en el parque vehicular de cada país, diferenciando varios tipos, como buses o vehículos particulares. En la mayoría de los países estudiados, el sector que presenta mayor electrificación es el de automóviles. Sin embargo, este porcentaje de vehículos eléctricos sigue siendo bajo en los países estudiados. Esto incluye a Noruega, que es uno de los países con la mayor cuota de mercado de vehículos eléctricos, donde únicamente el 8% de los automóviles son conectables y este porcentaje disminuye al analizar el parque total. Como consecuencia, la afectación de la entrada de vehículos eléctricos sobre los combustibles fósiles no es observable. Del mismo modo, en ninguno de los países estudiados se observa que el consumo de electricidad sobrepase al consumo de combustibles en el año 2030. Esto se debe a que no solo hay una introducción lenta de vehículos eléctricos, sino también una mayor eficiencia de estos. Finalmente, se estudia el posible impacto de los vehículos eléctricos en los combustibles fósiles en tres posibles escenarios para Colombia: (1) el primero, llamado crecimiento verde, en el que se cumple el objetivo planteado por la UPME de llegar a los 600.000 vehículos eléctricos en 2030; (2) un Quiebre Tecnológico en donde se asume que en 2025 el costo de los vehículos eléctricos es igual al de los vehículos de combustión y (3) el escenario de control de crecimiento de motos en el que se asume unas condiciones similares al escenario dos, pero con un control el número de motos. Los resultados de este estudio se muestran en la Figura 63. También se analiza el posible impacto en la cadena de distribución de combustibles en Colombia.

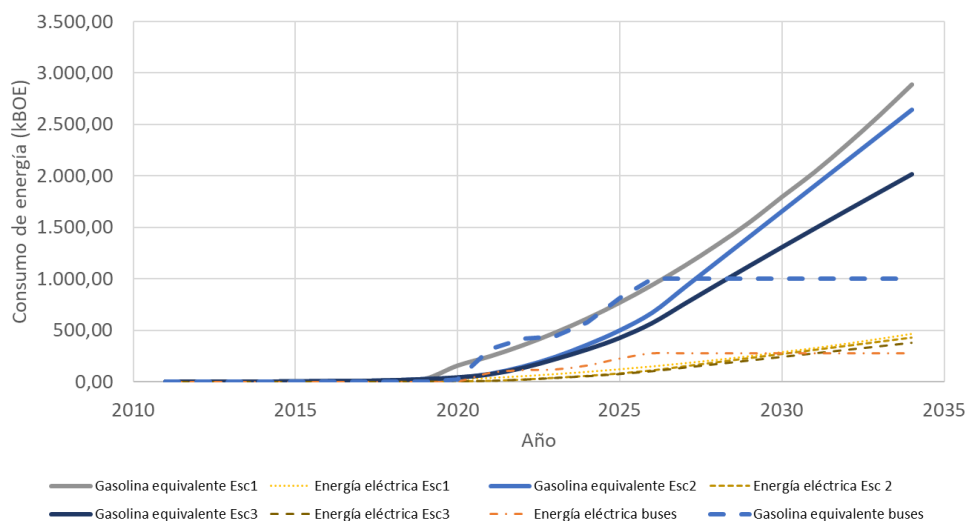


Figura 63. Consumo energético para cada uno de los escenarios y para proyección de buses.

Como recomendación de este estudio, y en función de la posibilidad de recambio tecnológico, se propone un análisis de ciclo de vida en el uso de combustibles fósiles para evaluar en términos reales cual es el impacto completo que se obtiene en la disminución de consumo de energía de origen fósil cuando se integra electromovilidad al sistema de transporte, este análisis se conoce en la literatura como (Well to Wheel, “pozo a la rueda”) ya que inicia desde el pozo de extracción de petróleo. Sin este análisis, los resultados de estudios futuros podrían ser limitados pues no se tendría en cuenta el consumo total de petróleo debido no solo al uso de combustible de los vehículos, sino también al proceso de refinación y transporte de este, entre otros.

- **Glosario y Siglas**

BEV	Battery Electric Vehicle	Vehículo Eléctrico a baterías
BOE	Barrel of Oil Equivalent.	Barril equivalente de petróleo: Unidad de Energía que corresponde a la energía liberada de quemar un barril de petróleo
Cargador tipo 1		Carga lenta @120V (1,4 kW - 3,9kW)
Cargador tipo 2		Carga media @208-240 V (3,3 kW - 22kW)
Cargador tipo 3		Carga rápida @480V (>45kW)
CCS	Combined Charging Systems (Combo 1, Combo 2)	Sistemas de carga combinados, combo 1 para combinación DC más SAE 1772, combo 2 para combinación DC más IEC tipo 2 (Mennekes).
CHAdemo	Charge de Move	Protocolo de carga de baterías para vehículos eléctricos y tipos de conectores para carga rápida
CREG		Comisión de Regulación de Energía y Gas
EV	Electric Vehicle	Vehículo Eléctrico
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment	Equipo de carga para vehículos eléctricos
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle	Vehículo Eléctrico con celda de combustible
HV	Hybrid Vehicle	Vehículo Híbrido
IC	Internal Combustion vehicle	Vehículo a combustión interna
IEC	International Electrotechnical Commission	Comisión Electrotécnica Internacional
IEC type 2		Conector usado para autos eléctricos en Europa, conocido también como Mennekes.
LDV	Light Duty Vehicle	Vehículo liviano (auto, moto, SUV, camperos)
MUD	Multi Unit Dwelling	Unidad de varias viviendas
NEMA	National Electrical Manufacturers Association	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NTC	Norma Técnica Colombiana	
PEV	Plug-in Electric Vehicle	Vehículo Eléctrico Enchufable
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	
SAE 1772	IEC type 1	También conocido como IEC Tipo 1, es un estándar para conectores de autos eléctricos de uso masivo en EE. UU. y Japón

SUV	Sport Utility Vehicle	Vehículo todo terreno, van, camioneta o similar
ToU	Time of Use	Tarifas "Tiempo de Uso" con señal horaria
TTW	Tank to Wheel	Análisis de consumo de energía fósil equivalente del tanque a la rueda
UPME	Unidad de Planeación Minero Energético	
WTT	Well to Tank	Análisis de consumo de energía fósil equivalente del pozo de producción al tanque de los vehículos
WTW	Well to Wheel	Análisis de consumo de energía fósil completo (ciclo de vida) del pozo de producción a la rueda de vehículo.

- Experiencia de desarrollo de EV (Síntesis)

Este documento cubre diferentes aspectos asociados al desarrollo de la electromovilidad en un conjunto de países, cuya selección es la siguiente:

- Brasil: caso seleccionado por constituirse como la economía de mayor tamaño en la región.
- Canadá: país referente en experiencia de desarrollo de electromovilidad en Norteamérica
- Chile: país referente en desarrollo de electromovilidad en Suramérica
- Costa Rica: país referente en desarrollo y políticas estatales en el ámbito de la electromovilidad
- EE. UU. (California): Estado referente de los EE. UU. en desarrollo de nuevas políticas asociadas al desarrollo sostenible
- Holanda: país con amplio desarrollo de electromovilidad en Europa.
- Japón: país seleccionado como referencia en Asia.
- México: se selecciona México como otro referente regional
- Noruega: país con mayor participación de parque vehicular en el mundo a la fecha
- Reino Unido: junto con Holanda es otra experiencia relevante en términos de electromovilidad.

Asimismo, si bien se reconoce que existen otros casos ampliamente reconocidos, como es el caso de China, no se selecciona este último por las diferencias significativas en términos de magnitud comparado con otros casos y el nacional.

- Brasil

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La flota vehicular liviana ha sido la que más ha presentado tasa de electrificación en el país, pero teniendo en cuenta que Brasil es un gran productor de vehículos, en verdad ha sido escasa. La falta de políticas públicas para impulsar la movilidad eléctrica en el país ha sido evidenciada con la marginal participación de esta tecnología con respecto al parque vehicular total. En ciudades como Campinas, Sao Pablo y Rio de Janeiro se han realizado planes piloto desde el año 2014 en que se han evaluado varias tecnologías como biodiésel, etanol diésel y trolebuses eléctricos. Las principales flotas de buses eléctricos están en Sao Pablo y Campinas. Sao Pablo, una ciudad que cuenta con 14mil buses de transporte público, adquirió 15 buses a inicios de 2019 para plan piloto. Campinas, desde el año 2015 se inició un plan piloto en el que se incluyeron 10 buses eléctricos dentro de la flota de transporte público.

- o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

Brasil no ha tenido una gran entrada de parque eléctricos en su parque vehicular a pesar de ser un país que tiene gran generación limpia y estar comprometido a enfrentar el cambio climático. Sin embargo, desde 2011 se ha venido presentando un crecimiento considerable de este tipo de tecnología en el país. La demanda energética asociada al sector transporte para el año 2011 (Figura 64) está principalmente dada por consumo de combustible diésel con un 46,3% de participación, seguida de Gasolina con un 28,22% y, donde marca la mayor diferencia este país es en la demanda de Etanol que tiene una participación de 14,54%. El mercado de la movilidad a partir de Etanol en Brasil se ha venido desarrollando desde los años setenta, el cuál es producido a partir de caña de azúcar.

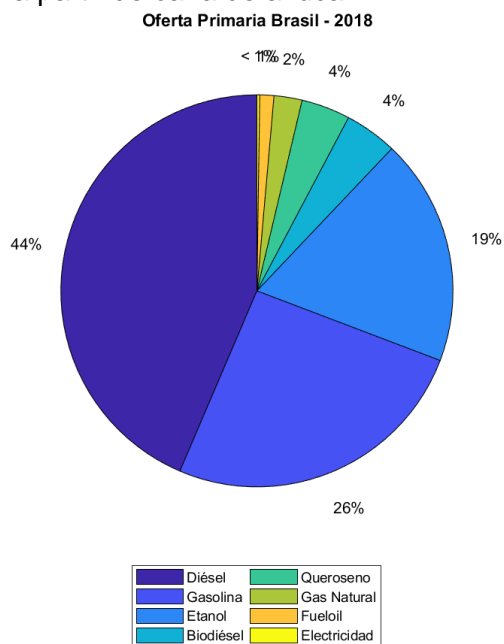


Figura 64. Demanda de combustibles en Brasil para año 2018. Adaptado de: [1]

Aunque para 2011 ya existía una demanda de energía eléctrica para el sector transporte, este consumo, al igual que la mayoría de los países estudiados, está asociado a sistemas de transportes como metro o tren. A partir de este año, el comportamiento de la demanda de combustibles, mostrado en la Figura 65, ha tenido un comportamiento creciente. En su totalidad, la demanda energética en el sector se vio aumentada en un 21%, donde todos los combustibles mostraron un aumento. Para el caso de la electricidad tuvo un aumento en un 30,6%. A pesar de este crecimiento, no es algo que evidencie una reducción en el consumo de otros combustibles tradicionales.

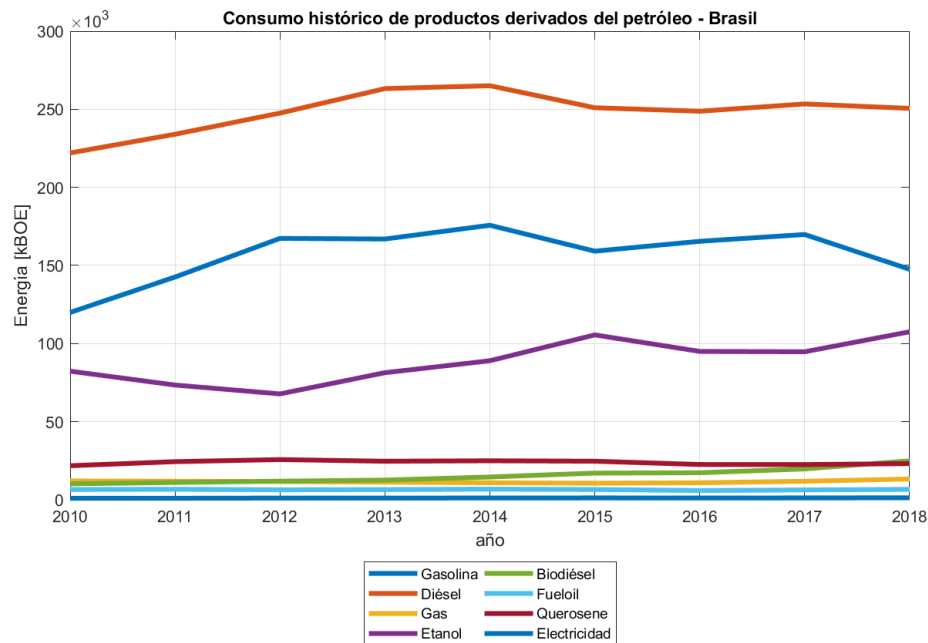


Figura 65. Consumo de combustibles para Brasil en sector transporte. Elaboración propia. Datos tomados de [1].

La Figura 66 muestra cómo ha sido la evolución del parque vehicular total y eléctrico en Brasil, donde el parque vehicular total corresponde a la escala del eje de la izquierda, llegando a más de 45 millones de vehículos, mientras que los EV a 2017 sólo alcanzan los 7 mil (eje de la derecha). Este marginal crecimiento de los EVs con respecto a la totalidad del parque explica el por qué el efecto sobre la demanda de combustibles no ha sido percibido aún.

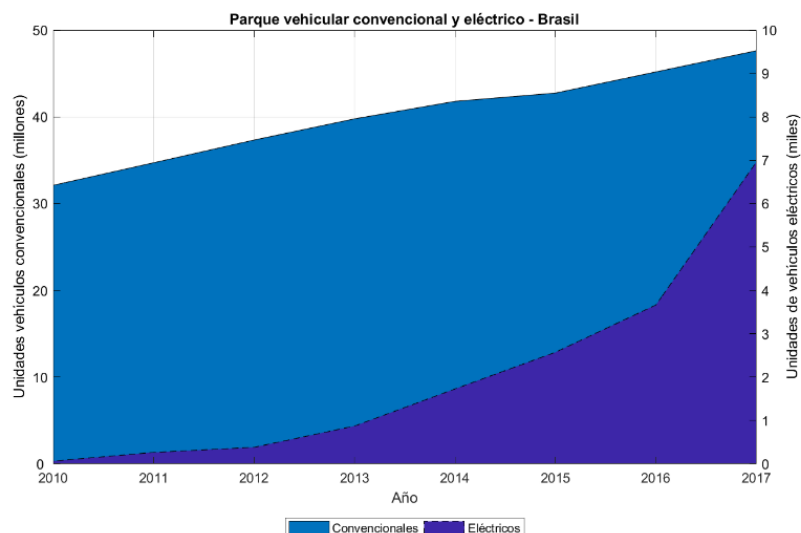


Figura 66. Evolución parque vehicular convencional y vehicular eléctrico en Brasil, periodo 2010-2017.
 Fuente: [2].

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

La proyección de vehículos eléctricos realizada en [3] y del parque total realizada por la Unión Nacional de la Industria de Componentes de Vehículos Automotrices (Sindipeças) [2], son mostradas en la Figura 67. Se observa una disminución perceptible en el consumo de combustibles derivados del petróleo. En esta gráfica se muestra un escenario en el que todo el consumo energético por parte de esta flota vehicular es a partir de gasolina o diésel donde, como es de esperarse, se evidencia un aumento en la demanda energética a partir de estos combustibles. Comparado con el escenario en donde se tiene en cuenta por separado el consumo de la flota EV y el resto de la flota, se muestra un ahorro energético de estas fuentes.

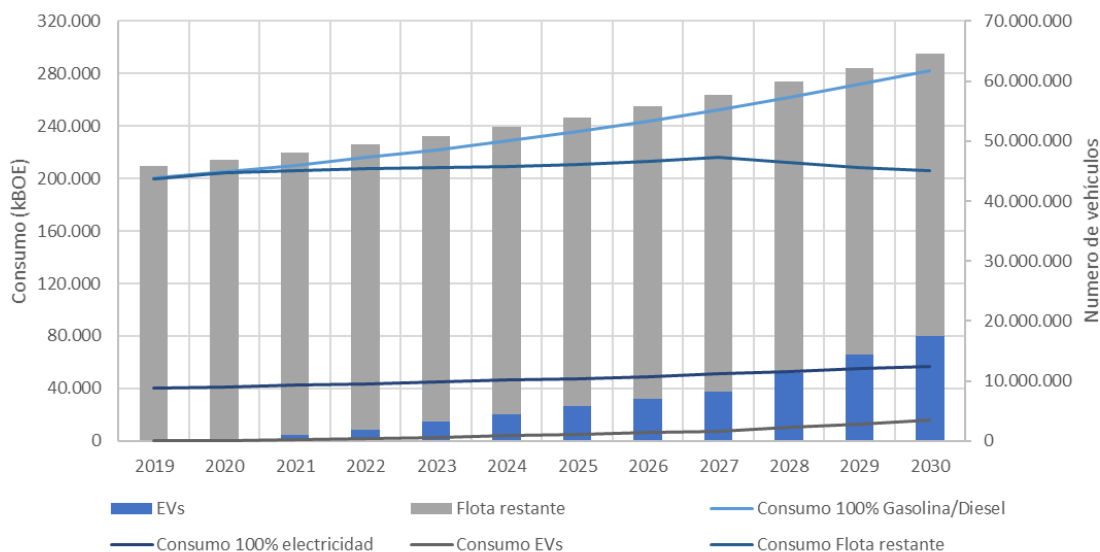


Figura 67. Proyección de parque vehicular y consumos.

- Canadá

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

Por parte de los buses, analizando cómo ha crecido la flota de buses eléctricos en las ciudades principales del país (ver Figura 68), se tiene que cerca del 6,6% de la flota total de estas ciudades ya es eléctrica. La ciudad con una mayor electrificación de flota de buses en Canadá es Vancouver con aproximadamente 24,37% de participación de buses eléctricos, seguido de Toronto con 3,13%, Edmonton con 2,42% y, por último, Quebec con 2,24%.

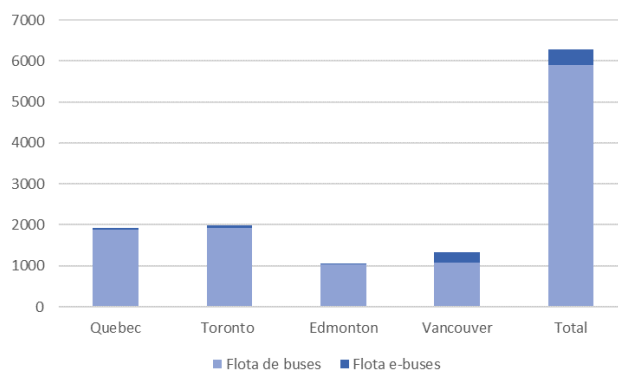


Figura 68. Flota de buses para ciudades principales de Canadá. Elaboración propia a partir de datos de [4].

Por parte de la flota vehicular liviana, tenemos que los vehículos añadidos a la flota desde 2011 hasta 2018, representan solamente el 0,65% de las ventas (teniendo en cuenta únicamente PHEVs y BEVs). Sin embargo, esta relación ha venido en crecimiento siendo para 2018 el 2,3% de las ventas.

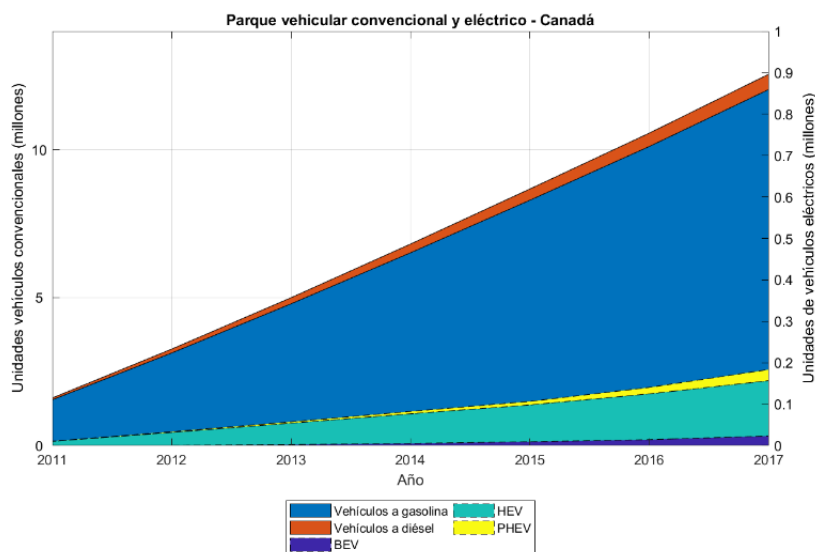


Figura 69. Ventas de vehículos desagregados en tipo de combustible desde el año 2011 hasta el 2018 para Canadá.

o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

En el caso de Canadá, aunque se ha evidenciado una mayor electrificación de la movilidad, el impacto que ha tenido en combustibles derivados del petróleo ha sido imperceptible hasta el momento como lo muestra la Figura 70.

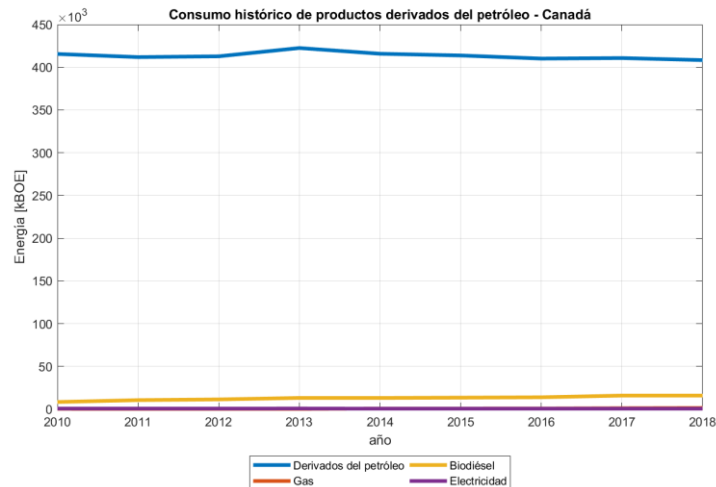


Figura 70. Consumo de combustibles para Canadá en sector transporte comparado con el número de vehículos eléctricos en cada año. Elaboración propia. Datos tomados de [5].

o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

Antes del crecimiento del parque vehicular ya existía un consumo de energía eléctrica en este sector, el cual está explicado, sobre todo, en el uso de metro y trenes en los sistemas de transporte masivo y de carga. A partir del año 2018, como se observa en la Figura 71, se espera un crecimiento en el consumo de energía eléctrica en el sector transporte en un 90% el cual se espera que corresponda al 1,7% de la energía demandada total en el sector.

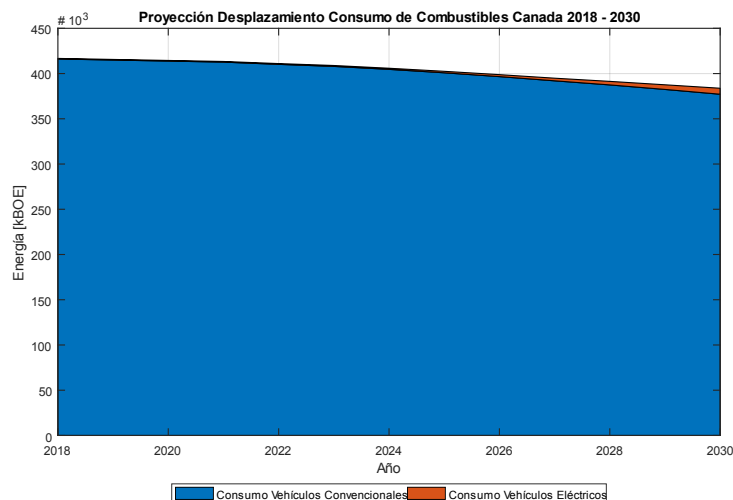


Figura 71. Proyección en Canadá de consumos de combustibles para sector transporte. Adaptado de [6].

- Chile

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La situación actual de la electromovilidad en Chile se resume según se muestra en la Figura 72. En ella se observa que a la fecha el parque EV presenta un total de 771 automotores, distribuidos como sigue: 1 camión, 2 buses interurbanos, 214 buses urbanos y 554 autos particulares.



Figura 72. Metas y avances de la electromovilidad en Chile. Fuente: Ministerio de Energía.

- o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

Se puede afirmar que el ingreso creciente de automóviles eléctricos en Chile inició en el año 2012, por ello se toma este último como referencia. Para dicho año, según información del Balance Nacional de Energía, el consumo de combustibles asociado al transporte terrestre (automóviles y trenes) se distribuía según se muestra en la Figura 73.

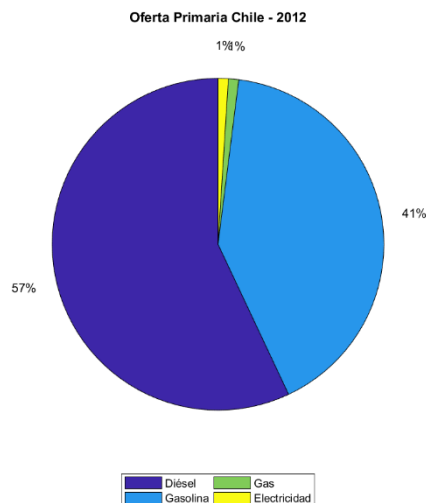


Figura 73. Distribución porcentual de combustible para el transporte terrestre en Chile. Fuente: Balances Nacionales de Energía, Ministerio de Energía.

Para este año, el consumo total de combustible se acercaba a los 55.000 kBOE, y conforme a la Figura 73 la mayoría del consumo estaba dominada por el diésel, seguido de la gasolina y participaciones menores de gas (automóviles que hacen uso de GNV) y finalmente la electricidad, cuya demanda recae fundamentalmente en el metro de Santiago y algunos tramos de la línea de ferrocarriles.

A pesar de que la penetración de EV inició un crecimiento sistemático a partir del año 2012, se considera como periodo de análisis los años comprendidos entre 2010 y 2018, ver Figura 74, se observa que el incremento del parque EV ha sido marginal respecto del total, por lo que no se observan impactos significativos en el consumo de combustible.

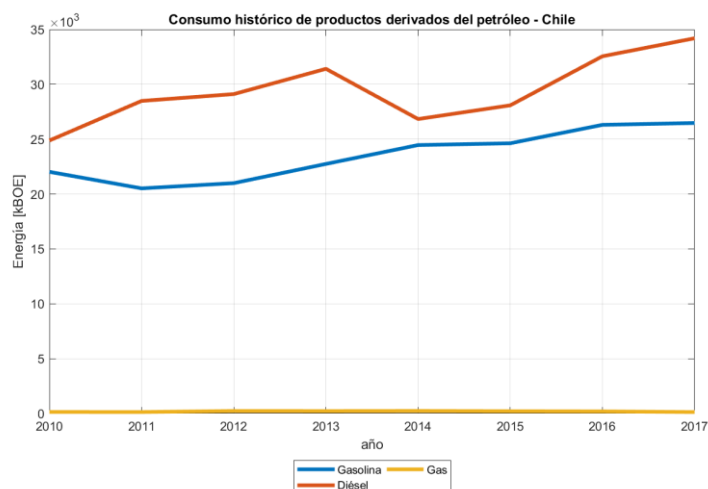


Figura 74. Evolución de consumo de combustibles asociados a transporte y crecimiento de flota EV.
 Fuente: Balances Nacionales de Energía, Ministerio de Energía.

Con fin de agregar contexto al fenómeno que se ilustra en la Figura 74, la evolución del parque automotor en Chile se muestra en la Figura 75. En dicha gráfica se observa que, para el caso de Chile, la evolución de la motorización es dominada por los vehículos livianos, camionetas/furgones y camiones, en ese orden. Asimismo, para ese periodo el parque vehicular experimentó un crecimiento del 63% lo que representa un alto requerimiento en la demanda de combustible, y que, para un fenómeno incipiente, como lo es la electromovilidad, esta última no representa una demanda tal que genere un cambio tendencial en el consumo de combustibles.

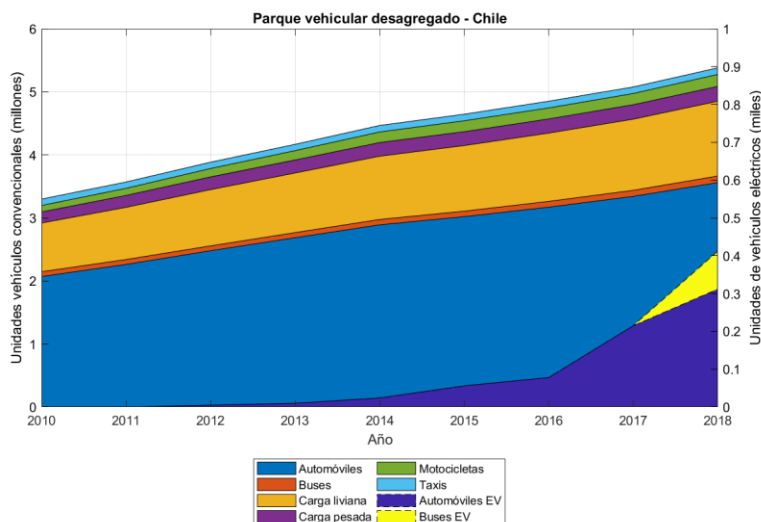


Figura 75. Evolución parque automotor en Chile, periodo 2010-2018. Fuente: INE

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

Las metas del gobierno se concentran en objetivos de corto y largo plazo, para el primero se define que para 2022 el parque vehicular eléctrico debiera ser a lo menos de 2430 vehículos, para 2040 el 100% del transporte público de carácter eléctrico y para 2050 40% de los vehículos de uso particular debieran ser eléctricos.

De acuerdo con el comportamiento tendencial del crecimiento del parque automotor y según las metas definidas, se realiza una proyección del crecimiento con horizonte al año 2030, según se muestra en la Figura 76.

De acuerdo con los supuestos de consumo considerados para el parque automotor, la proyección del consumo de combustibles se presenta en la Figura 77. Se puede observar que sí hay un desarrollo relativamente acelerado de la EV de acuerdo con las metas establecidas por el gobierno, se podría detener el crecimiento de la demanda de combustibles en Chile para el año 2030. Esto, considerando que la introducción de la electromovilidad se enfoca en el parque automotor liviano y los buses de transporte público.

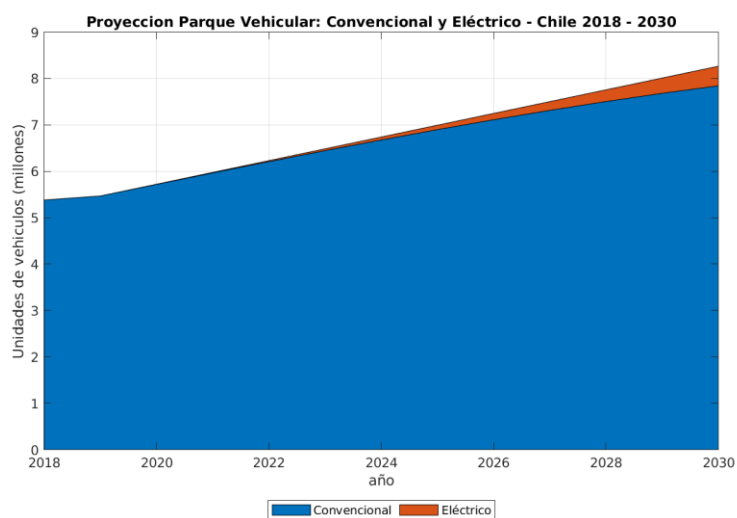


Figura 76. Proyección crecimiento parque automotor al año 2030

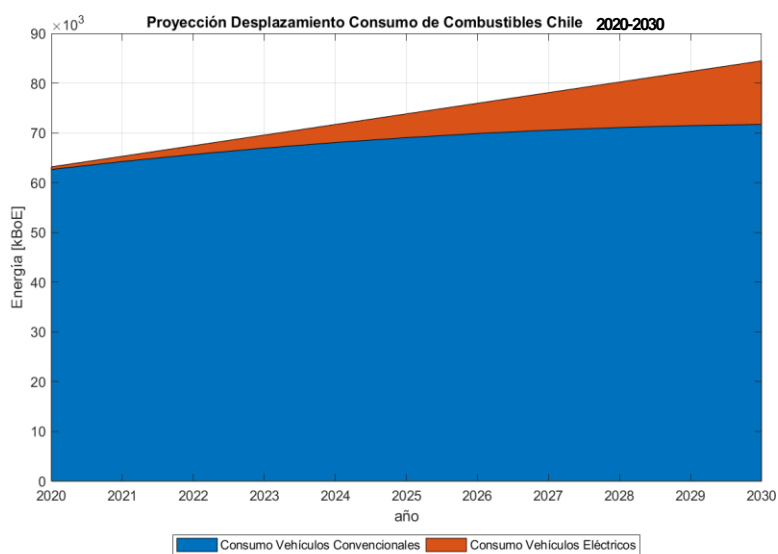


Figura 77. Consumo esperado de energía al año 2030, según tecnología.

- Costa Rica

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La expectativa de electrificación en el transporte es la introducción de 37.000 vehículos eléctricos a 2022. El país aún no tiene una estrategia para la articulación de la política energética relacionada con la inclusión de las energías alternativas en el desarrollo de una economía baja en emisiones, que disminuya la dependencia de los derivados del petróleo. Por el lado de los biocombustibles, al 2015 no se refería ningún respaldo jurídico que permitiera su incorporación a la matriz energética de Costa Rica. El gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural representan opciones de diversificación de la matriz energética, y para el primer caso, se ha desarrollado una normativa técnica para la conversión de vehículo convencional a un proceso de combustión con GLP. [7]

Respecto a la inclusión de vehículos eléctricos, Costa Rica ha diseñado un conjunto de estímulos para la compra de vehículos eléctricos, como la exoneración en impuestos sobre las ventas, selectivo sobre el consumo y sobre el valor del vehículo, además del no pago en parquímetros desde el año 2018. Con eso y todo, el porcentaje de vehículos eléctricos sobre el parque vehicular total representa un valor muy por debajo del 1%. Con esta discreta participación, el tipo de transporte con mayor nivel de electrificación, alcanzando a agosto de 2019 las 1027 unidades es el sector de vehículos de carros de golf, cuadriciclos, montacargas y carros de trabajo, luego lo siguen los vehículos livianos con 638 unidades y por último una participación de motos eléctricas con 399 unidades. [7]

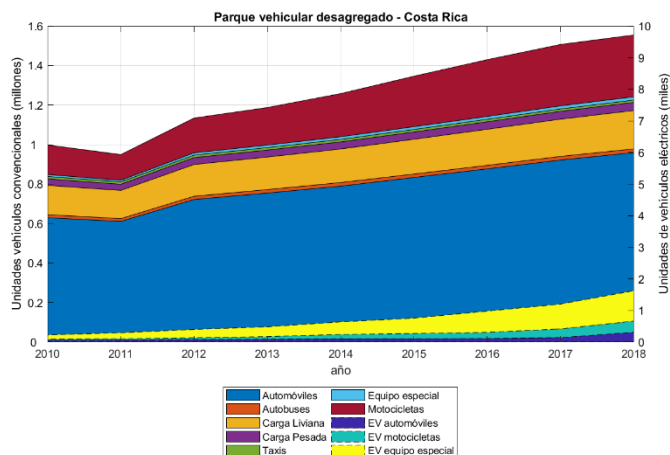


Figura 78. Evolución parque automotor en Costa Rica, periodo 2010-2018. Adaptado de: [8], [9]

En la Figura 78 se puede apreciar como el parque vehicular se ve dominado por la presencia de automóviles (región azul clara), además de una presencia importante de motocicletas. Respecto de la penetración de vehículos eléctrico, se observa que es un fenómeno incipiente con menos de 2000 unidades al 2018 sobre un parque total cercano a un millón seiscientos mil vehículos.

o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

Costa Rica se destaca por satisfacer casi en su totalidad la demanda eléctrica con energías renovables, sin embargo, el 60% del consumo de energías está en productos derivados del petróleo [10]. El Estado costarricense posee el monopolio de la importación, refinación y distribución al mayoreo de petróleo crudo y sus derivados para satisfacer la demanda nacional. La empresa pública encargada de administrar esas competencias es la Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE). [7]

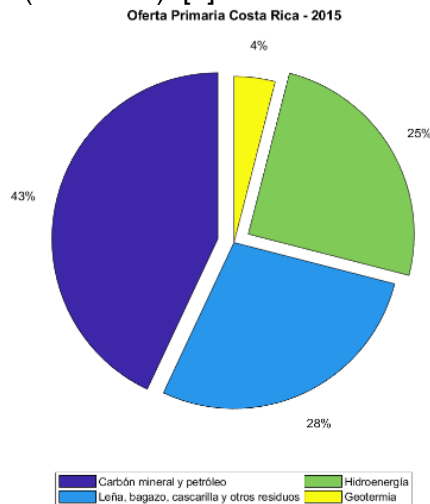
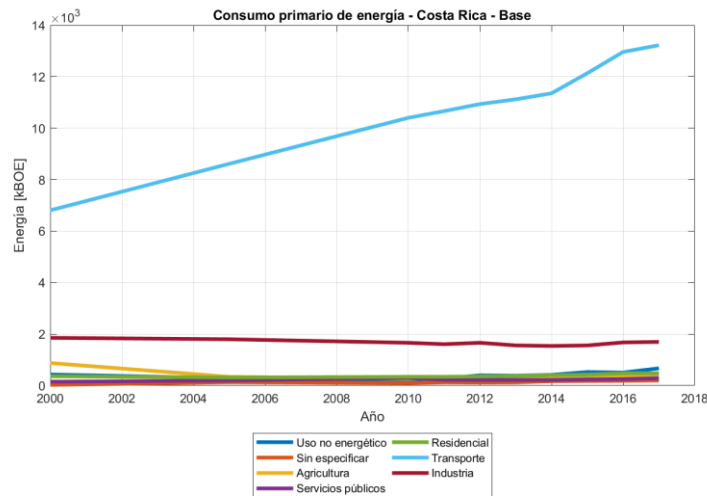


Figura 79. Oferta energética primaria para Costa Rica en el 2015. Adaptado de [10].



:

Figura 80. Consumo primario de energía en Costa Rica. Adaptado de: [5]

El sector transporte consume el 80% de la toda la energía proveniente de los derivados del petróleo, de los cuales gasolina y diésel son los más consumidos. Esta realidad se corresponde con un congestionamiento notable de las principales vías de la Gran Área

Metropolitana (GAM). El uso intensivo de productos derivados del petróleo se vincula a dos hechos principales:

1. El patrón de consumo de derivados del petróleo puede constituir una amenaza para la estabilidad del tipo de cambio en la medida que implica una contribución al PIB de 4,18% en promedio (periodo 2010-2015)
2. El consumo de hidrocarburos presenta un problema para el cumplimiento de los compromisos internacionales, además de atentar contra las aspiraciones nacionales de un desarrollo sostenible y sustentable.

Costa Rica ha buscado el reconocimiento internacional mediante la promoción de una marca país verde y amigable con el ambiente impulsado principalmente por el carácter renovable de la matriz energética. A pesar de su recorrido con 7 planes nacionales de energía enfocados en eficiencia energética y movilidad, se han excluido asuntos de ecología política, como la relación entre consumo de energía y la emisión de gases efecto invernadero y el crecimiento económico. La gasolina, el diésel y el gas licuado presentan en su conjunto un crecimiento en consumo durante el periodo 2010-2018 como se observa en la Figura 81. [7]

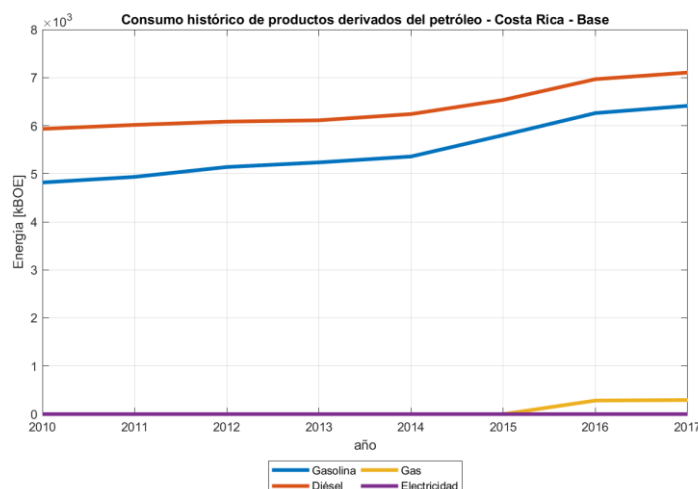


Figura 81. Consumo desagregado por tipo de combustible en el sector transporte– Costa Rica periodo 2010-2017. Adaptado de: [5]

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

Dentro de la proyección de demanda eléctrica 2018-2040 se resalta la importancia de monitorear el aumento de las unidades de vehículos eléctricos, considerando los estímulos al transporte eléctrico que ha asignado el gobierno. A septiembre de 2018, el reporte de proyección presentado por el instituto costarricense de electricidad menciona que no se puede estimar el impacto de los beneficios para movilidad eléctrica en la demanda de electricidad. Estimaciones preliminares muestran que se tendrían cambios significativos en la demanda cuando la flota vehicular eléctrica supere los 20.000 vehículos.

Las metas del gobierno costarricense en un escenario acelerado de electrificación incluyen 750.000 vehículos particulares eléctricos, 80.000 motocicletas eléctricas, 300.000 vehículos particulares autónomos, 450.000 vehículos híbridos enchufables. Al año 2037, la flota vehicular será del orden de los 4,2 millones de vehículos, tanto para la proyección convencional, como la alternativa [11].

El escenario base representa la proyección tendencial (*business as usual*) del sistema energético de Costa Rica basado en la continuación de las prácticas actuales y la no implementación de nuevas políticas. El escenario de políticas seleccionado corresponde al escenario de introducción de tecnologías eficientes, medidas para reducción de la demanda en transporte y biocombustibles con reducción de las emisiones de todo el sector energía del 44% al 2030 y de 60% al 2050 [12].

En el escenario base la participación de la energía eléctrica en el transporte es de solamente el 0,2% y con la implementación de políticas aumenta al 13,9% al año 2030. Esto significará un incremento en el consumo total de electricidad del 16% sobre el escenario base para ese año. Por otro lado, es importante notar la reducción del consumo energético neto del escenario de políticas con referencia al base corresponde a una reducción del 27% [12].

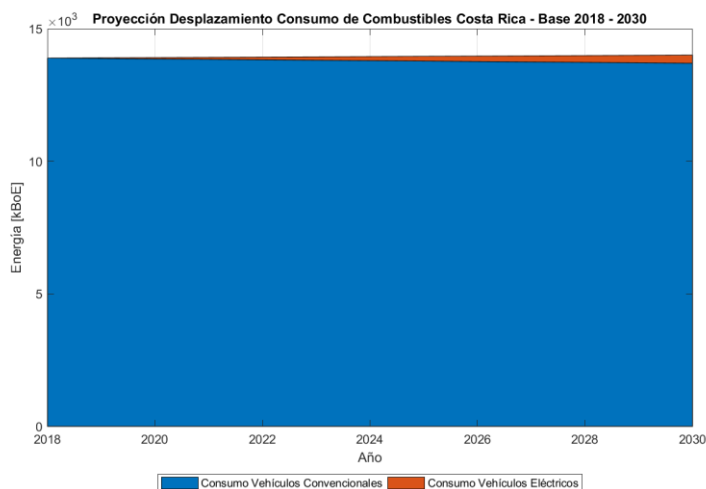


Figura 82. Proyección consumo de combustibles para vehículos convencionales, y la reducción estimada por la entrada de vehículos eléctricos para Costa Rica en el periodo 2018-2030. Caso sin implementación de políticas. [12]

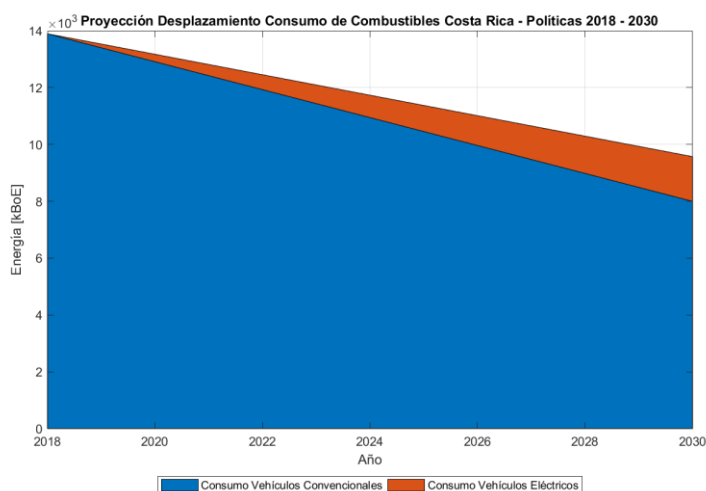


Figura 83. Proyección consumo de combustibles para vehículos convencionales, y la reducción estimada por la entrada de vehículos eléctricos para Costa Rica en el periodo 2018-2030. Caso con implementación de políticas. [12]

- EE. UU. (California)

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La meta del estado de California es alcanzar los 5 millones de vehículos de cero emisiones para el 2030, y 250.000 estaciones de carga para 2025 [13]. California requiere que los fabricantes de automóviles vendan autos limpios para tener acceso al mercado de automóviles del estado, el más grande del país. Pero esas señales del mercado se están cruzando: la administración Trump ha anunciado planes para revertir los estándares de eficiencia de combustible de California [14]. Esta administración ha propuesto la eliminación de cualquier tipo de subsidio para vehículos eléctricos y otros ítems relacionados, incluyendo la financiación de proyectos de fuentes de energías renovables [15]. Los escenarios analizados para la entrada de vehículos eléctricos no contemplan el desmonte de subsidios, al contrario, incluyen la implementación de políticas que hagan que el precio de los vehículos eléctricos sea competitivo.

En California, a partir de diciembre de 2019, se ha retirado el programa de devolución para vehículos con un costo superior a 60000 USD. También se ha retirado el incentivo para vehículos híbridos enchufables con menos de 56 kilómetros de alcance totalmente eléctrico. Esta medida, según la junta de recursos del aire de California se toma para distribuir los recursos del estado en comunidades de bajos ingresos, en vez de compradores adinerados. <https://www.latimes.com/business/autos/story/2019-11-13/california-pulls-back-clean-vehicle-rebates-to-point-them-at-lower-income-buyers>

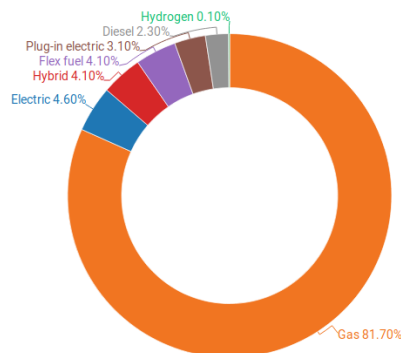


Figura 84. Ventas de vehículos en California en 2018. Recuperado de: *California New Dealers Association*, [14]

Los vehículos eléctricos representaron un porcentaje reducido dentro de los 5,3 millones de vehículos vendidos en 2018, y los estadounidenses están aferrados a sus automóviles por más tiempo que nunca; a las tasas actuales, la flota actual de 263 millones de vehículos tardaría unos 15 años en cambiar. Incrementar las ventas de vehículos eléctricos requeriría incentivos radicalmente ambiciosos. Muchos escépticos de EV notan que los vehículos en sí mismos requieren muchos recursos para ser fabricados, y los automóviles eléctricos requieren aproximadamente el doble de energía para construirse que un automóvil tradicional de combustión interna [15].

Se pronostica que las baterías que alimentan los vehículos eléctricos constituirán el 90% del

mercado de baterías de iones de litio para 2025. Son la razón principal por la que los vehículos eléctricos pueden generar más emisiones de carbono durante su ciclo de vida, desde la adquisición de materias primas hasta la fabricación, uso y reciclaje - que los autos de gasolina o diésel. El foro económico mundial presenta tres razones que comprueban lo anterior: En primer lugar, la producción de un vehículo eléctrico contribuye dos veces más al calentamiento global que la producción de un carro de combustión interna, esto es esencialmente por la batería, en la que se requiere una cantidad considerable de energía para su manufactura, empezando desde la extracción de las materias primas hasta la electricidad empleada en su fabricación. El segundo motivo que expone, es el que el vehículo eléctrico se considera “verde” en función de la fuente de la electricidad que alimenta su batería. Por último, mientras que el vehículo eléctrico tiene una huella de carbono más elevada al inicio de su ciclo de vida, es por lo general más limpio una vez en uso. El punto en el cual las emisiones de un vehículo eléctrico se puedan considerar menores a las de un carro a gasolina depende de número de vehículos recorridos [16].

Antes de la electrificación masiva de automóviles y la descarbonización de la red, los estadounidenses deberán tener en cuenta dos grandes hechos: la población está creciendo y las personas conducen más [17]. En la Figura 85 se presenta la evolución del parque vehicular en California, en que predominan autobuses y automóviles. Respecto a la penetración de vehículos eléctricos, se evidencia un dominio de los vehículos eléctricos de baterías sobre los enchufables, pero sin un impacto sobresaliente sobre el parque vehicular convencional, con menos de 1% de participación al año 2017.

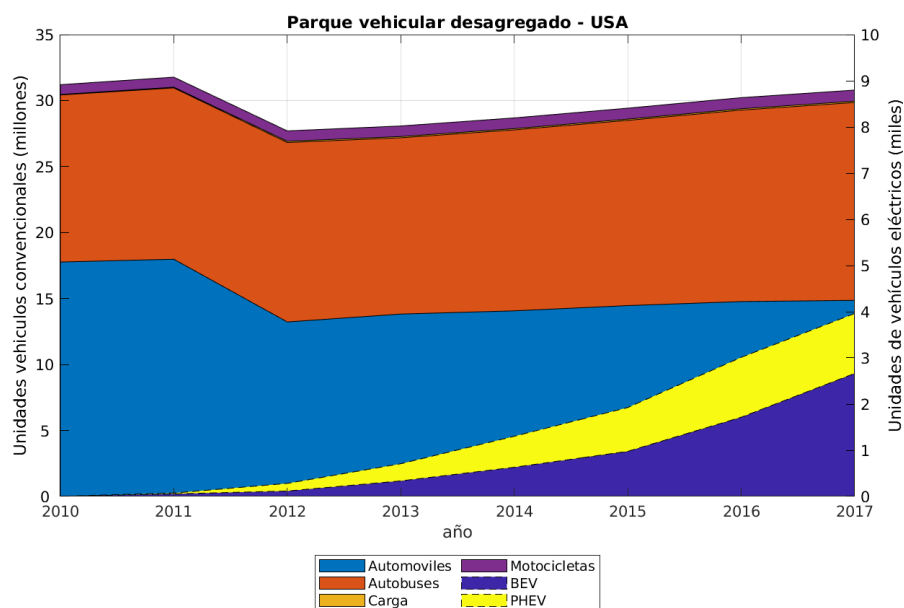


Figura 85. Evolución parque automotor en USA, periodo 2010-2017. Adaptado de: [18], [19], [20], [21] [22], [23], [24], [25], [26].

Los grupos petroleros también están luchando en el Congreso para oponerse a los créditos impositivos para vehículos eléctricos, presionando a los legisladores para que aumenten las

tarifas de los vehículos eléctricos (26 estados los tienen hoy) y apoyando el retroceso propuesto por la administración Trump de los estándares de eficiencia de combustible de la era Obama. Los concesionarios de automóviles representan uno de los principales sectores empresariales aliados con el presidente Donald Trump en la reversión. La motivación para el impulso de cabildeo proviene de una amenaza existencial que enfrenta el sector petrolero mundial en el surgimiento del vehículo eléctrico [27].

o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

La gasolina es el combustible de transporte más utilizado en California, con el 97% de toda la gasolina consumida por automóviles livianos, camionetas y vehículos utilitarios deportivos [28]

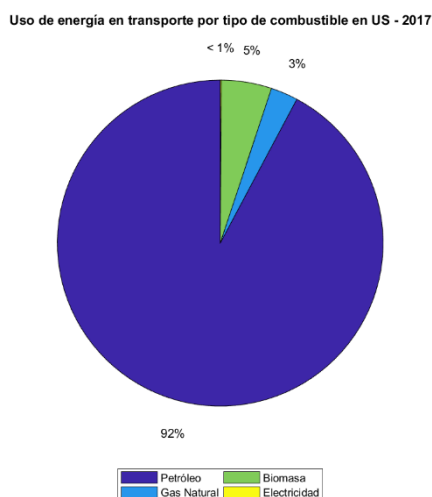


Figura 86. Uso de energía en transporte por tipo de combustible en US – 2017.

Con una extensión de dos tercios de la costa oeste, California es el tercer estado más grande de la nación por área terrestre. El transporte domina el perfil de consumo de energía de California. Se registran más vehículos motorizados en California que en cualquier otro estado, y los tiempos de viaje en California se encuentra entre las más largas del país [29]

o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

El instituto eléctrico Edison (*EEI Edison Electric Institute*) y el instituto de innovación eléctrica (*IEI Institute for Electric Innovation*) generaron una predicción hasta el año 2030 y han estimado las necesidades asociadas para la carga de los vehículos [30].

- El número de vehículos eléctricos que se espera a 2030 es de 18,7 millones, cerca del 7% de los 259 millones de vehículos (carros y camiones livianos) que estarán en circulación en Estados Unidos para el 2030.
- Tomó 8 años vender un millón de EV. Se proyecta que el próximo millón estén en las carreteras en menos de tres años - a comienzos de 2021.
- Las ventas anuales de EV sobrepasaran los 3,5 millones de vehículos en el 2030 alcanzando más del 20% de ventas anuales de vehículos. Se estiman ventas de EV para el 2025 de 1,4 millones.

- Cerca de 9,6 millones de puertos de carga serán requeridos para soportar los 18,7 millones de EV en el año 2030. Se requiere una inversión significativa en infraestructura de carga.

Frente a los pronósticos de crecimiento del parque eléctrico, se deben considerar los aspectos que más afectan la varianza de las predicciones. NREL en Estados Unidos, ha puesto en consideración para este fin las variables que se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Fuentes de varianza e incertidumbre en la demanda de carga de PEV. [31]

Área	Fuentes de varianza o incertidumbre
Tecnología PEV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rango de la batería ▪ Eficiencia del tren motriz ▪ Nivel de potencia de carga
Tendencias en el mercado de PEV	<ul style="list-style-type: none"> • Datos demográficos del comprador de vehículos eléctricos • Flota mixta de PEV entre BEV y PHEV • Nuevas tendencias en movilidad
Comportamiento de viaje y carga	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad de rango (tolerancia al estado de carga) • Capacidad de conexión de vehículos híbridos • Precio y cargadores compartidos (accesibilidad y confiabilidad)

El escenario que se representa en la Figura 26 se denomina Contribución Nacional Determinada (NDC *Nationally Determined Contribution*) para los acuerdos de París. Esta predicción se basa en la implementación gradual de las políticas descritas en la Tabla 16.

Tabla 16. Diseño de políticas para la implementación de movilidad eléctrica en Estados Unidos respecto al escenario NDC. [32]

Política	Meta
Despliegue del cargador de vehículos eléctricos por 100000 habitantes	2030 - 100 2050 - 200
Mandato de venta de vehículos eléctricos: LDV de pasajeros	2050 - 50%
Feebate	2050 - 100%
Estándar de economía de combustible: LDV de pasajeros	2050 - 50%
Estándar de economía de combustible: LDV de carga	2050 - 50%
Estándar de ahorro de combustible: HDV de pasajeros	2050 - 35%
Estándar de economía de combustible: carga HDV	2050 - 10%
Estándar de economía de combustible: avión de pasajeros	2050 - 25%
Estándar de economía de combustible: aviones de carga	2050 - 25%
Estándar de economía de combustible: ferrocarril de pasajeros	2050 - 20%
Estándar de economía de combustible: tren de carga	2050 - 20%
Estándar de economía de combustible: barcos de pasajeros	2050 - 20%
Estándar de economía de combustible: buques de carga	2050 - 20%
Estándar de combustible bajo en carbono	2050 - 15%
Electrificación de componentes del edificio: calefacción residencial urbana	2050 - 75%
Electrificación de componentes del edificio: electrodomésticos residenciales urbanos	2050 - 50%

Electrificación de componentes de construcción: otros componentes residenciales urbanos	2050 - 50%
Electrificación de componentes del edificio: calefacción residencial rural	2050 - 50%
Electrificación de componentes de construcción: electrodomésticos residenciales rurales	2050 - 50%
Electrificación de componentes de construcción: residencial rural Otros componentes	2050 - 50%
Electrificación de componentes de construcción: calefacción comercial	2050 - 50%
Electrificación de componentes de construcción: electrodomésticos comerciales	2050 - 50%
Electrificación de componentes de construcción: otros componentes comerciales	2050 - 50%
Normas de eficiencia energética del edificio: calefacción residencial urbana	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: refrigeración y ventilación residencial urbana	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: sobre residencial urbano	2050 - 30%
Normas de eficiencia energética del edificio: iluminación residencial urbana	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: electrodomésticos residenciales urbanos	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: residencial	2050 - 10%
Normas de eficiencia energética del edificio: calefacción residencial rural	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: refrigeración y ventilación residencial rural	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: sobre residencial rural	2050 - 30%
Normas de eficiencia energética del edificio: iluminación residencial rural	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: electrodomésticos residenciales rurales	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: residencial rural Otros componentes	2050 - 10%
Normas de eficiencia energética del edificio: calefacción comercial	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: refrigeración y ventilación comerciales	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: sobre comercial	2050 - 15%
Normas de eficiencia energética del edificio: iluminación comercial	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: electrodomésticos comerciales	2050 - 20%
Normas de eficiencia energética del edificio: otros componentes comerciales	2050 - 10%
Norma de electricidad libre de carbono	2019 - 41% 2025 - 60% 2050 - 60%
Respuesta de la demanda	2020 - 100% 2050 - 100%

Retiro anticipado de plantas de energía: carbón duro	2020 – 3000 2050 - 3000
Almacenamiento de electricidad a escala de red	2020 - 5% 2050 - 5%
Aumentar la transmisión	2050 - 50%
Cogeneración y recuperación de calor residual	2050 - 100%
Estándares de eficiencia energética de la industria: industria del cemento	2050 - 25%
Normas de eficiencia energética de la industria: industria del gas natural y el petróleo	2050 - 25%
Estándares de eficiencia energética de la industria: industria siderúrgica	2050 - 25%
Normas de eficiencia energética de la industria: industria química	2050 - 25%
Estándares de eficiencia energética de la industria: agua y residuos	2050 - 25%
Estándares de eficiencia energética de la industria: agricultura	2050 - 25%
Estándares de eficiencia energética de la industria: otras industrias	2050 - 25%
Captura de metano	2050 - 90%
Destrucción de metano	2050 - 90%
Reduce los gases F	2050 - 90%
Manejo forestal mejorado	2050 - 100%
Medidas ganaderas	2050 - 90%
Impuesto sobre el carbono: sector del transporte	2050 – 45%
Impuesto sobre el carbono: sector eléctrico	2050 – 45%
Impuesto sobre el carbono: sector residencial del edificio	2050 – 45%
Impuesto sobre el carbono: sector comercial del edificio	2050 – 45%
Impuesto sobre el carbono: sector industrial	2050 – 45%

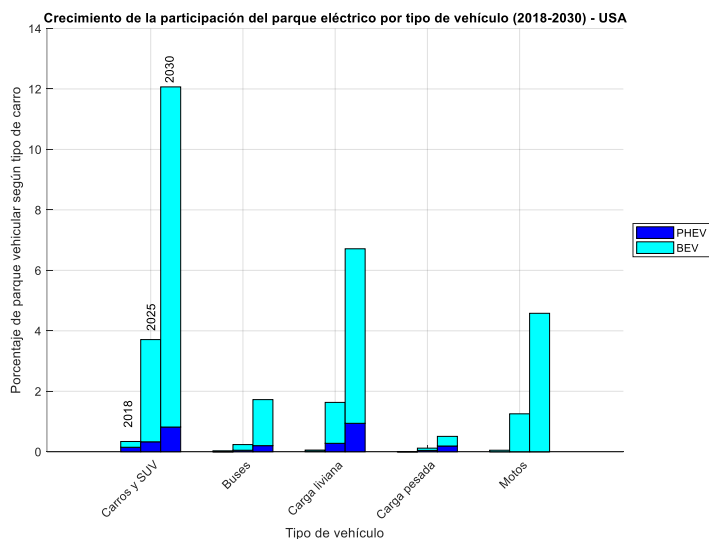


Figura 87. Proyección de la participación del parque vehicular eléctrico en porcentaje por tipo de vehículo. Adaptado de: [32].

Con base en la Figura 87, el tipo de transporte con mayor nivel de electrificación es el de vehículos pequeños y SUVs con un potencial del 12% de participación al año 2030. Se estima

que la participación de vehículos eléctricos en el parque será del 25% al año 2030 considerando la implementación de las políticas descritas en la Tabla 16. El desplazamiento en términos del parque vehicular se muestra en la Figura 26.

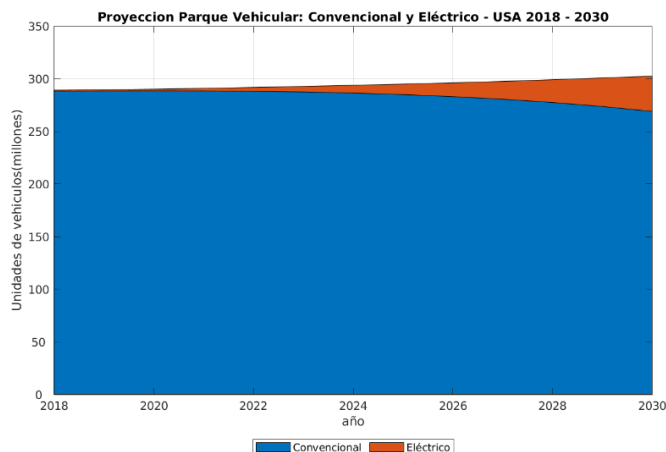


Figura 88. Proyección parque vehicular convencional y eléctrico. Adaptado de: [32].

El desplazamiento en consumo de combustible que se proyecta a partir de la implementación de las políticas descritas en la Tabla 16 se muestra en la Figura 28. Se espera una reducción en el consumo de vehículos convencionales, dada por el aumento en la eficiencia en el consumo de combustible fósil. La participación en el desplazamiento causada por vehículos eléctricos apenas empieza a notarse en años subsecuentes al 2030, todo esto dependiendo del vigor con el que se apliquen las políticas de implementación del parque eléctrico.

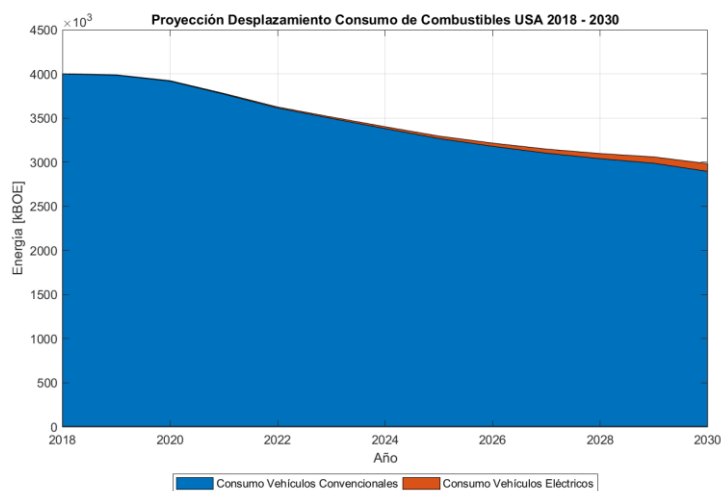


Figura 89. Proyección consumo de combustibles para vehículos convencionales, y la reducción estimada por la entrada de vehículos eléctricos para US. 2018-2030. Escenario de la contribución definida nacionalmente para lograr los acuerdos de Paris.

Para apalancar el aumento de la participación de vehículos eléctricos, que se estima en 1.3 millones de PEV para 2025, California necesita entre 99.000 y 13.000 cargadores de destino en o cerca de los lugares de trabajo y en lugares públicos, entre 9.000 y 25.000 cargadores rápidos de CC públicos, y 121.000 cargadores en viviendas de unidades múltiples. El número

total de cargadores necesarios para soportar PEV en California varía de 229.000 a 279.000.
[31]

- Holanda

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La electrificación en Holanda ha sido predominada por vehículos tipo M1 (Vehículos de pasajeros) principalmente PHEVs, aunque en los últimos años viene en gran crecimiento los BEVs de este tipo. La distribución de los EVs por categorías (según clasificación europea basada en estándares UNECE [33]) es mostrada en la Figura 90.

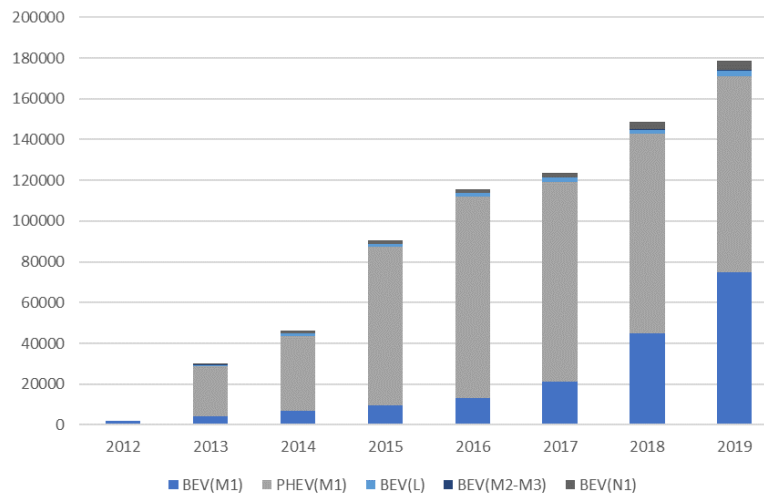


Figura 90. Distribución de vehículos eléctricos por tipo en Holanda. Adaptado de [33].

- o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

En el caso holandés, desde la progresiva electrificación del transporte se presentó una disminución en la demanda de diésel (ver Figura 91), sin embargo, teniendo en cuenta la escala de número de EVs agregados al parque automotriz en este país, aunque es de los mejores en el mundo, no se puede decir que es consecuencia de esto.

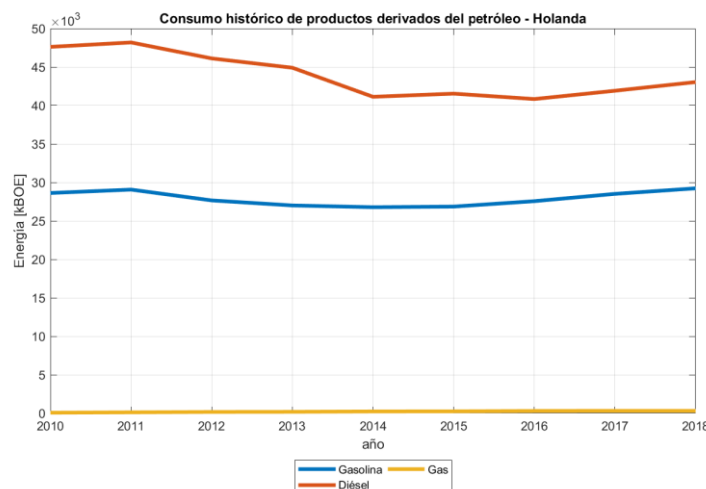


Figura 91. Consumo desagregado por tipo de combustible en el sector transporte– Holanda periodo 2010-2018. Adaptado de: [5].

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

La Figura 92 muestra la proyección de vehículos estimada por el gobierno holandés en su plan de acción para la electromovilidad [34]. En esta proyección, se espera que para el año 2030 la flota vehicular cuente con 3.345.623 EVs y que para este año un 73% de los vehículos adquiridos sean PHEVs o BEVs.

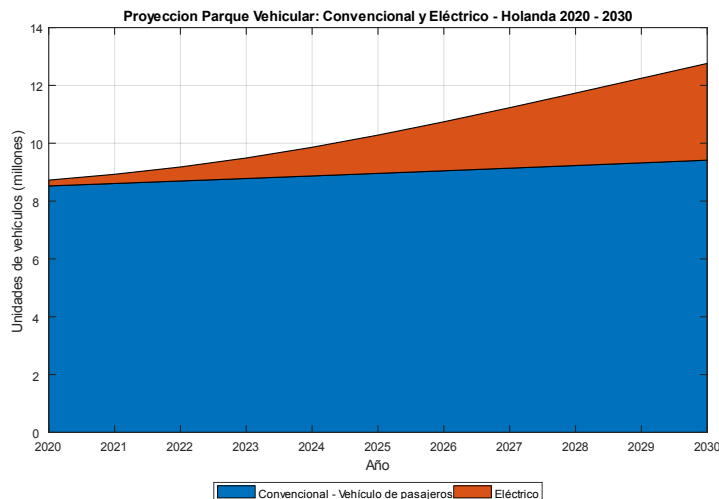


Figura 92. Proyección de desplazamiento del parque vehicular convencional por vehículos eléctricos. Adaptado de [34].

Para esta proyección se realizó un estimado de cuál sería el consumo de combustible derivado del petróleo para este número de EVs y el consumo de energía eléctrica mostrado en la Figura 93. La diferencia entre estas curvas representa la eficiencia energética que se tiene al hacer el cambio de tecnología y la curva azul por si sola representa la demanda energética ahorrada que se espera con la entrada de estos vehículos.

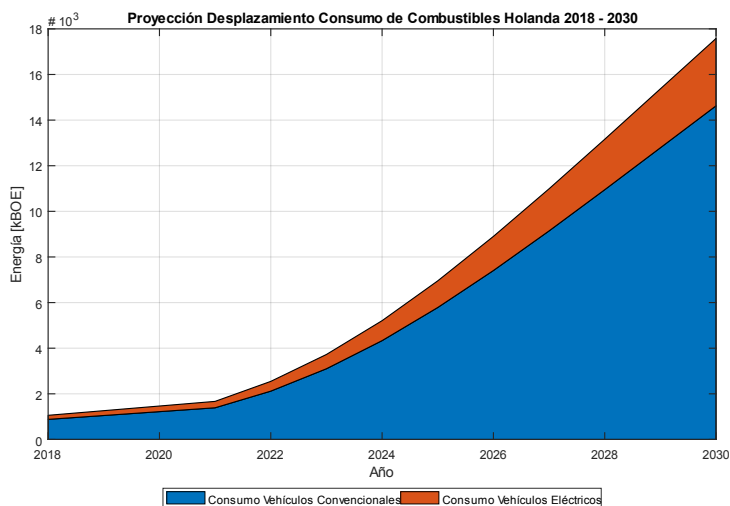


Figura 93. Proyección de consumo de energía por parte de la flota de EVs estimada por [34].

- **Japón**

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

Japón tiene un enfoque líder mundial para brindar eficiencia energética en el sector del transporte, combinando estándares de eficiencia de combustible para automóviles y camiones bajo el Programa Top Runner (con una mejora en la eficiencia de combustible de automóviles de gasolina del 50% de 1996 a 2015), inversión en transporte público, promoción del cambio modal, acciones para mejorar la eficiencia de los transportistas de carga, promoción de la conducción ecológica y provisión de incentivos fiscales para vehículos eficientes. La penetración de los vehículos de la próxima generación ha alcanzado aproximadamente el 6,7% del stock de vehículos. Está aumentando rápidamente y lo hará aún más para cumplir con los Estándares Top Runner para 2015 y 2020. [35].

En el año 2015 el número de vehículos híbridos en las vías japonesas incrementó por cerca de 860.000 vehículos (sin incluir los minicars, que es la categoría japonesa para los vehículos de pasajeros más pequeños), alcanzando 5,5 millones de vehículos, el 14% del número total de vehículos de pasajeros. El número de vehículos híbridos enchufables alcanzó las 57000 unidades para el año 2015. En adición, el número de híbridos mini incrementó significativamente, alcanzando 2,39 millones de vehículos en 2015 [36].

- o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

Japón como una de las economías más grandes de mundo es un gran consumidor e importador de energía, además de un líder reconocido en el desarrollo de tecnología en energía. La política de energía japonesa ha estado dominada en los últimos años por sus esfuerzos para recuperarse de la falla de la central nuclear de Fukushima tras el terremoto de 2011. Una de las consecuencias del accidente fue el cierre gradual de todas las fuentes nucleares lo que ha ocasionado un crecimiento en el uso de combustibles fósiles, incremento en las importaciones de combustible y un aumento en las emisiones de dióxido de carbono. Eso ha llevado a los precios de electricidad a niveles insostenibles. De cara a este escenario, el gobierno japonés ha revisado su política energética enfocándose en la diversificación de la matriz energética (menor uso de combustibles fósiles, mayor dependencia de las energías renovables, reinicio de las plantas nucleares cuando se declaren seguras) y frenar las emisiones de carbono [37]. En la Figura 33, se presenta la distribución de recursos en la oferta primaria para Japón en el año 2015.

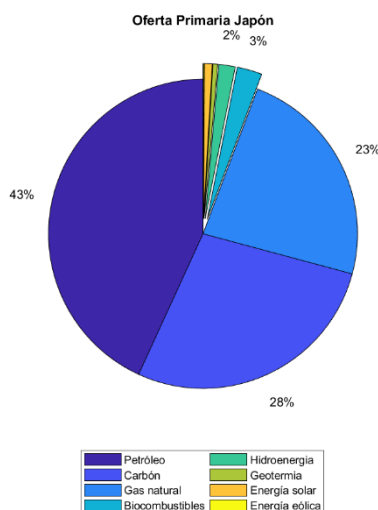


Figura 94. Oferta primaria interna de energía 2015 para Japón. [24]

El carbón es visto como una importante fuente de energía de base en términos de estabilidad y rentabilidad. Se usará carbón mientras se reduce su carga ambiental (por ejemplo, la utilización de tecnología eficiente de generación de energía térmica). El petróleo, según el SEP (*Strategic Energy Plan*), es una importante fuente de energía como recurso energético y materia prima, especialmente para el transporte y los sectores civiles, así como una fuente de energía de pico. El gas natural es una importante fuente de energía, cuyo papel se espera que se expanda en varios sectores. Desempeña el papel central como fuente de energía intermedia. El gas licuado de petróleo (GLP) es una fuente de energía limpia y distribuida que puede utilizarse tanto en la vida cotidiana como en situaciones de emergencia [37]. La distribución histórica del consumo de estos tres combustibles se muestra en la Figura 95.

Uno de los muchos objetivos del SEP (*Strategic Energy Plan*) es construir una estructura flexible y diversificada de oferta y demanda de energía y políticas de apoyo. Un elemento importante de esto es la reforma del mercado de electricidad y gas para abrir los mercados minoristas a la competencia total, desglosar las operaciones de red (transmisión y distribución) de las otras actividades comerciales de los titulares y facilitar a los nuevos participantes en el mercado [37].

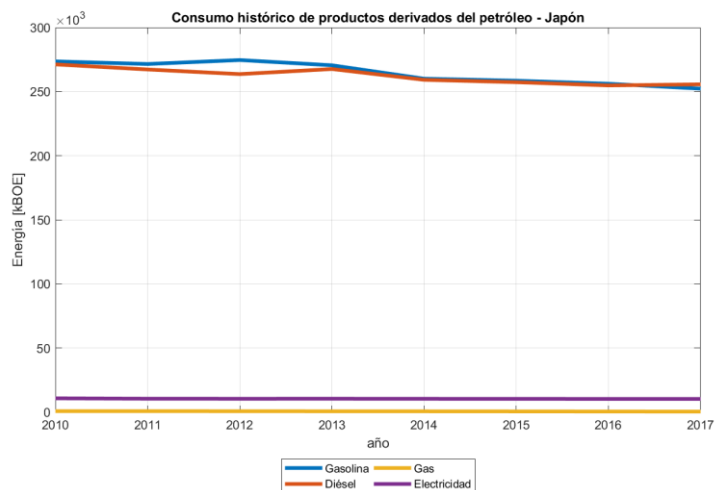


Figura 95. Consumo desagregado por tipo de combustible en el sector transporte– Japón periodo 2010-2018. Adaptado de: [24].

Respecto al parque vehicular, se observa que el número de vehículos eléctricos alcanza el 0,25% de participación. Considerando las cifras en otros países, este es uno de los mayores contribuyentes a la electrificación del transporte. Sin embargo, a finales de 2019 no muestra un impacto remarcable.

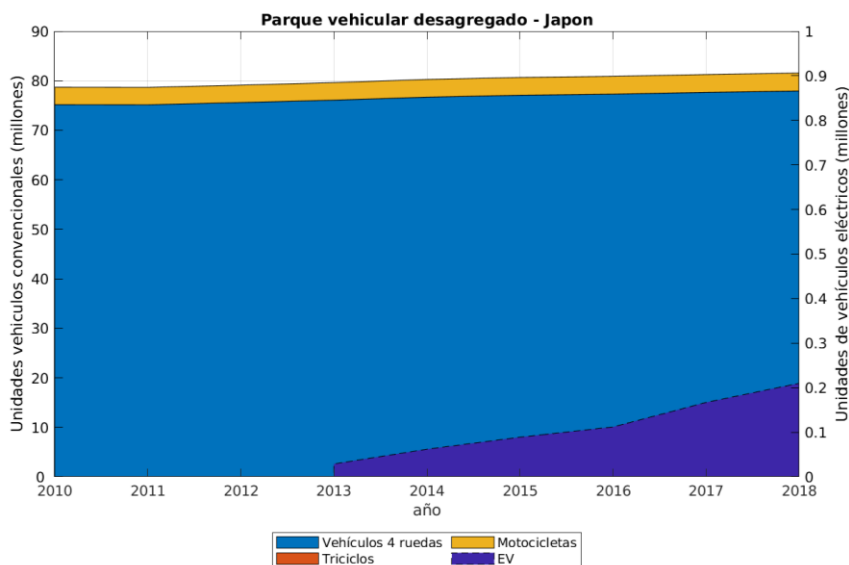


Figura 96. Evolución en ventas parque automotor Japón, periodo 2010-2018. Adaptado de: [38]

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

Los estándares para el año 2030 en Japón incluyen revisiones y mejoras considerables respecto a los estándares del 2020. Respecto a vehículos eléctricos, se estima una penetración del 20% para el 2030. Si se asume que esta entrada de vehículos se divide entre BEV y PHEV, la economía promedio de combustible de la flota que los vehículos convencionales deben alcanzar para 2030 es de 23,6 km/l, una mejora comparada al nivel del 2016. Así, la gran penetración de EV en 2030 podrá reducir significativamente la carga de mejora de eficiencia en vehículos convencionales.

Tabla 17: Impacto de la entrada de EV en los requerimientos de mejora de eficiencia en vehículos convencionales. Adaptado de: [39]. Nota: La introducción asume 10% de BEV (Nissan Leaf) y 10% PHEV (Prius Plug-in Hybrid). WLPT: Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure

Escenario	Rendimiento de combustibles (WLTP) [km/l]	Mejora en vehículos convencionales [%]
Línea base 2016	19,2	-
Objetivo con la introducción de EV	25,4	32,4
Objetivo con la introducción del 20% en EV	23,6	22,8

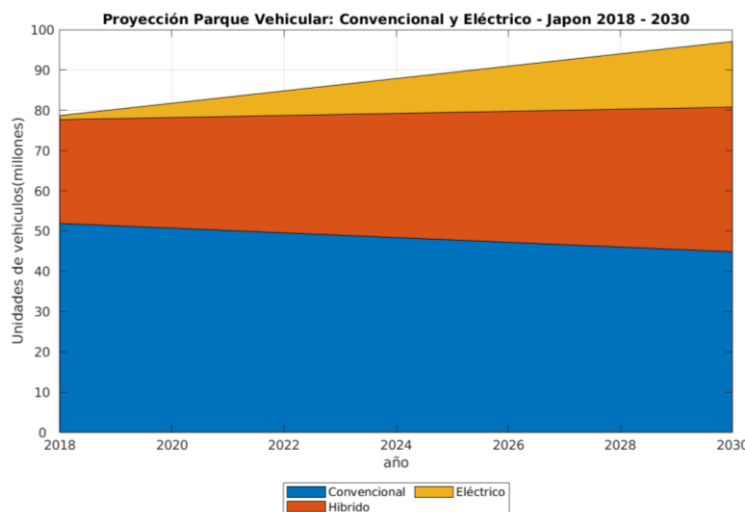


Figura 97. Proyección de crecimiento del parque vehicular diferenciado en: Convencional, eléctrico e híbrido para Japón, periodo 2018 a 2030. Adaptado de: [40], [28]

Tabla 18. Expectativas de participación de diferentes tecnologías en transporte para el año 2030 en Japón. Adaptado de: https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0408_006.html

Tipo de vehículo	2030
Vehículos convencionales	30 – 50%
HEVs	30 – 40%

BEVs & PHEVs	20 – 30 %
FCEVs	3 %
Vehículos de diésel limpio	5-10 %

El instituto de economía de la energía en Japón desarrolló un documento en el que presenta el panorama de la transición energética. En el reporte incluyen predicciones para Japón considerando dos escenarios: En el primer caso, un escenario de referencia en el cual las estimaciones de desplazamiento de combustibles líquidos se desarrollan de acuerdo con tendencias pasadas, así como a las políticas energéticas y ambientales que ya se han puesto en marcha. A su vez, en este escenario no se toman en cuenta políticas muy agresivas de conservación o de bajas emisiones. La predicción de consumo de combustibles fósiles se presenta en la Figura 98. A pesar de que no se presenta la comparación entre el consumo de vehículos eléctricos (la fuente no los refiere), se observa una marcada tendencia a la disminución de uso de combustibles del sector transporte. [41]

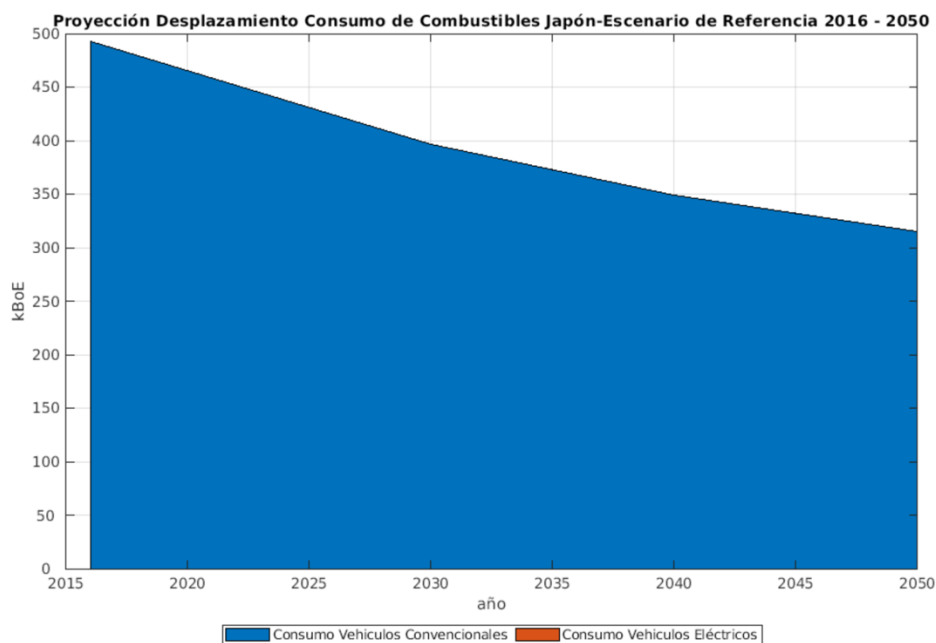


Figura 98. Proyección consumo de combustibles para sector transporte en Japón. 2016-2050. Escenario de referencia. [41]

En segundo lugar, se incluye un escenario que han denominado de tecnología avanzada, en el que se asume que todos los países del mundo implementan políticas energéticas y ambientales que contribuyan a un suministro seguro y estable de energía a demás de mejora las medidas en contra del cambio climático. Los efectos de estas políticas se han maximizado para este escenario. La predicción para este escenario se encuentra en la Figura 99. Se evidencia una diferencia de 60000 kBoE aproximadamente entre uno y otro escenario para el año 2050. [41]

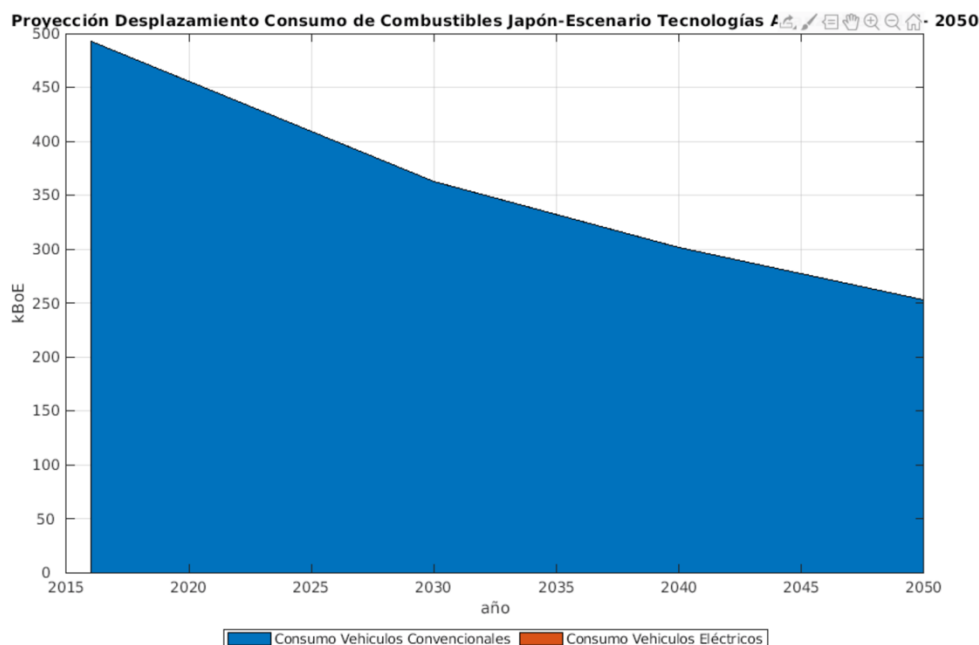


Figura 99. Proyección consumo de combustibles para sector transporte en Japón. 2016-2050.
 Escenario de tecnologías avanzadas. [41]

- México

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

En México, se tienen algunos planes para la electrificación del transporte público. Hasta el momento, en Ciudad de México hay 20 taxis eléctricos, y 65 en el estado de Aguascalientes. En 2018, se invierten 30 M MXN (aproximadamente, 1,55 M USD) para financiar un proyecto que fomenta el transporte público sustentable. El objetivo es ayudar a la integración de taxis eléctricos en 18 municipios que rodean a Ciudad de México [42]. Al momento, se reporta que el avance del proyecto es del **10%**. Por otro lado, aunque hay 386 trolebuses eléctricos y no se encuentra avance en el uso de buses eléctricos con batería en el país.

- o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

En la Figura 100, se muestra la energía consumida por el sector autotransporte en México, entre los años 2008 y 2017. Aunque hay aumento en la cantidad de vehículos eléctricos a partir del año 2015, no se presenta una disminución en el consumo de los derivados del petróleo. Adicionalmente, se muestra el consumo de electricidad en el sector transporte en México. Gran parte de este consumo se centra en los trolebuses.

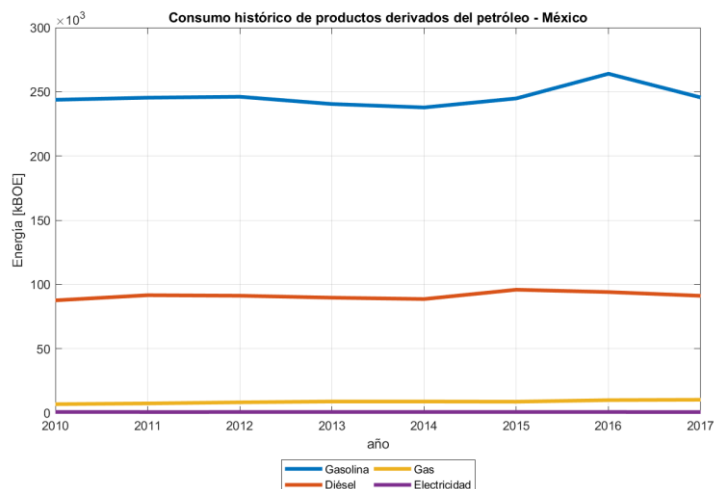


Figura 100. Uso de energía por el sector autotransporte, para varios tipos de combustible. La resolución de los datos es anual y a partir de 2016, los datos de consumo son una estimación. También se muestra la cantidad de vehículos eléctricos en el país. Tomado de [43].

Adicionalmente, para 2017 se muestra la distribución del consumo de energía por combustibles en el autotransporte en la Figura 112. Para este año, el consumo de estos combustibles fue en total 345,000 kBOE.

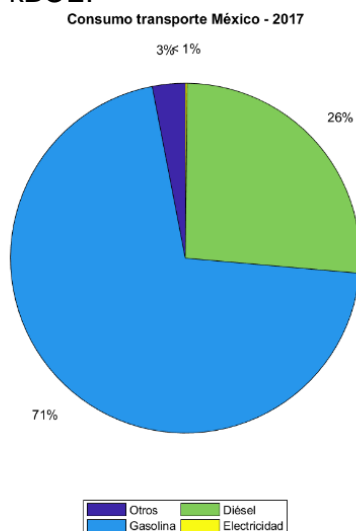


Figura 101. Distribución del consumo de energía en el sector autotransporte. Dentro de los Otros combustibles se encuentra el gas licuado y gas seco. Tomado de [43].

De la Figura 100 y Figura 101, se puede ver que el uso de electricidad es bastante bajo, aunque es distinto de cero. También, es posible observar que el consumo de combustibles fósiles por parte del sector de transporte se ha mantenido aproximadamente constante a pesar de la introducción de vehículos eléctricos.

Para contextualizar la información del uso de energía en la Figura 102 se muestra el total del parque vehicular, junto con la cantidad de vehículos eléctricos. La cantidad de vehículos

eléctricos disponibles en el país es pequeña, comparada con la cantidad de vehículos totales. Como consecuencia, en la gráfica no se puede observar la porción de vehículos con este tipo de fuente de energía.

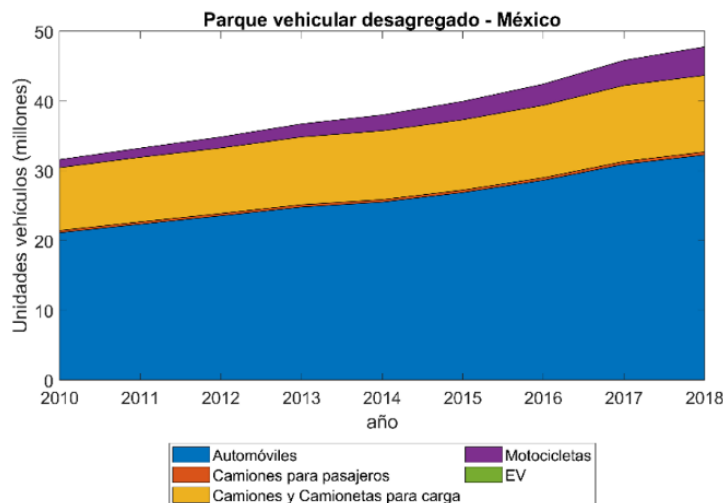


Figura 102. Parque vehicular por diferentes tipos de vehículos en México.

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

Para 2050 el gobierno mexicano tiene como objetivo que aproximadamente el 90% de los vehículos sea eléctrico. En 2018, la Secretaría de Energía (SENER) en México realizó un estudio sobre las perspectivas de la producción y consumo de petróleo en el país. Dentro de los análisis, se estudió el posible impacto de la electrificación del sector transporte en el consumo de gasolina que, actualmente, es el combustible más utilizado en el país. Se crearon cuatro escenarios distintos:

1. Cero penetración.
2. Penetración base.
3. Penetración intermedia.
4. Penetración fuerte.
5. Penetración máxima.

Cada uno de estos escenarios considera distinta disponibilidad de electrolineras, costo de adquisición y tasa de chatarrización de vehículos a gasolina. En la Figura 103 se muestran los factores relevantes para la creación de los escenarios.
















Cero_VE	Disponibilidad de Electroineras	Costo de Adquisición de Vehículo Eléctrico	Chatarrización de vehículos a gasolina
Cero_VE			
Base_VE			
Intermedio_VE			
Fuerte_VE			
Máx_VE			

Figura 103. Resumen de factores relevantes para la penetración de vehículos eléctricos. Cero_VE es el escenario 1., BASW_VE es el escenario 2., Intermedio_VE es el escenario 3., Fuerte_VE es el escenario 4., Máx_VE es el escenario 5. Tomado de [44].

A partir de las asunciones previamente mencionadas, se estimaron la cantidad de vehículos eléctricos y a gasolina, junto con el consumo de la energía proyectado. Los resultados del estudio se muestran en la Figura 104 a Figura 108 para los escenarios 1 a 5, respectivamente. La proyección se realiza hasta el año 2050, pero en la Figura se muestra solamente hasta el año 2030.

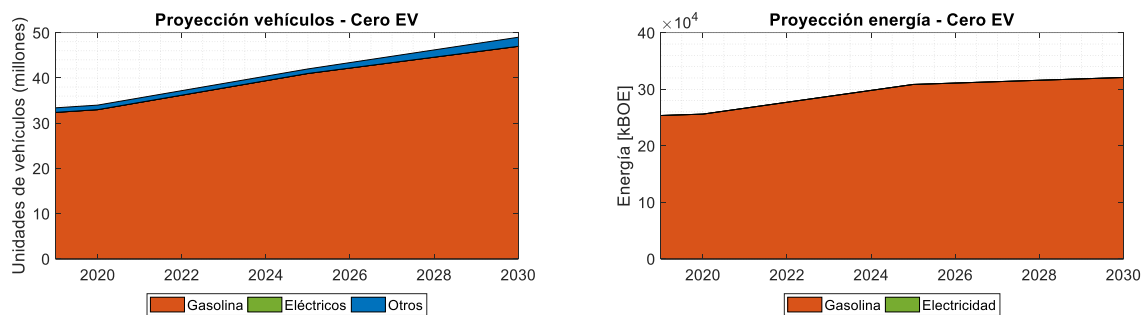


Figura 104. Proyección de la entrada de los vehículos eléctricos (izquierda), y proyección del uso de energía (derecha) para el escenario sin vehículos eléctricos. Datos tomados de [44].

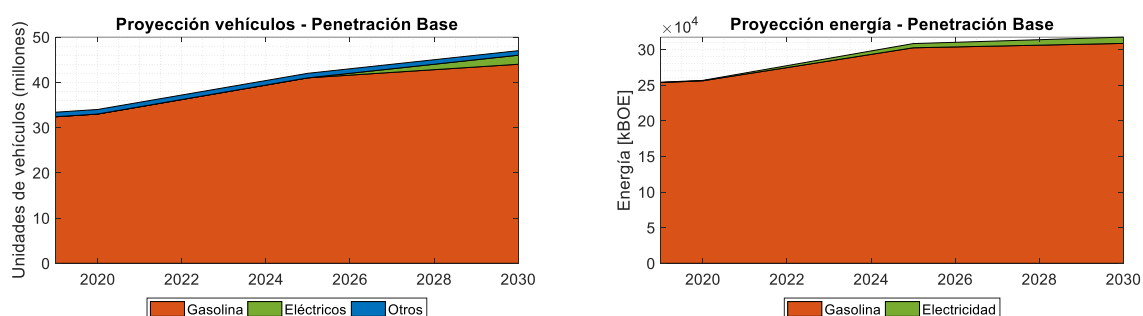


Figura 105. Proyección de la entrada de los vehículos eléctricos (izquierda), y proyección del uso de energía (derecha) para el escenario de penetración base. Datos tomados de [44].

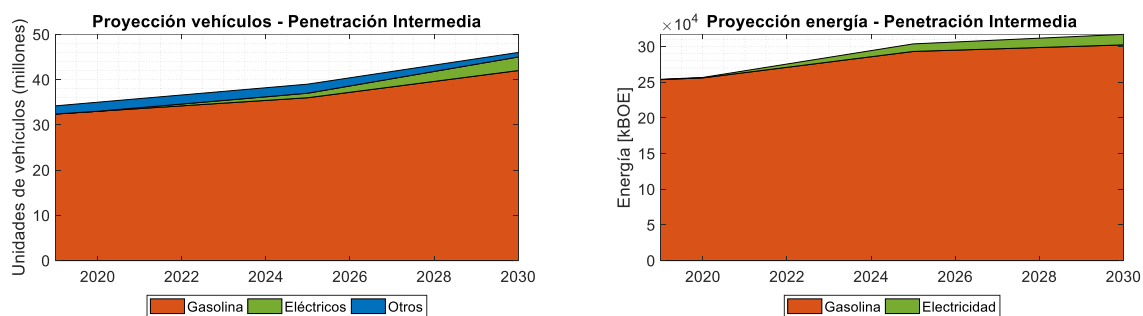


Figura 106. Proyección de la entrada de los vehículos eléctricos (izquierda), y proyección del uso de energía (derecha) para el escenario de penetración intermedia. Datos tomados de [44].

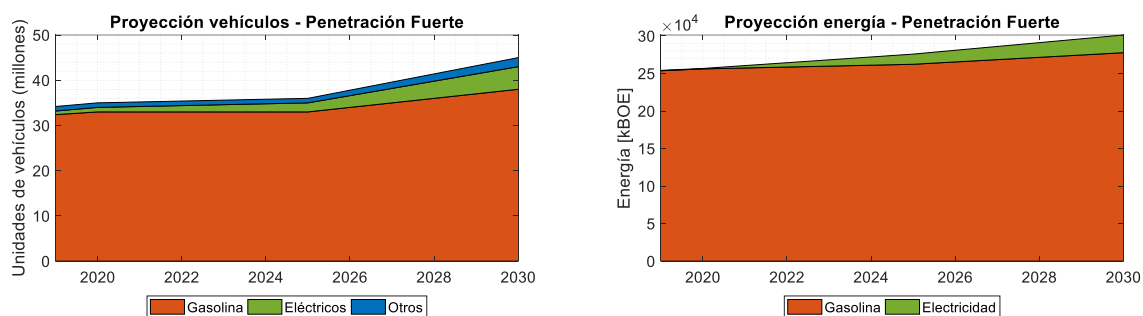


Figura 107. Proyección de la entrada de los vehículos eléctricos (izquierda), y proyección del uso de energía (derecha) para el escenario de penetración fuerte. Datos tomados de [44].

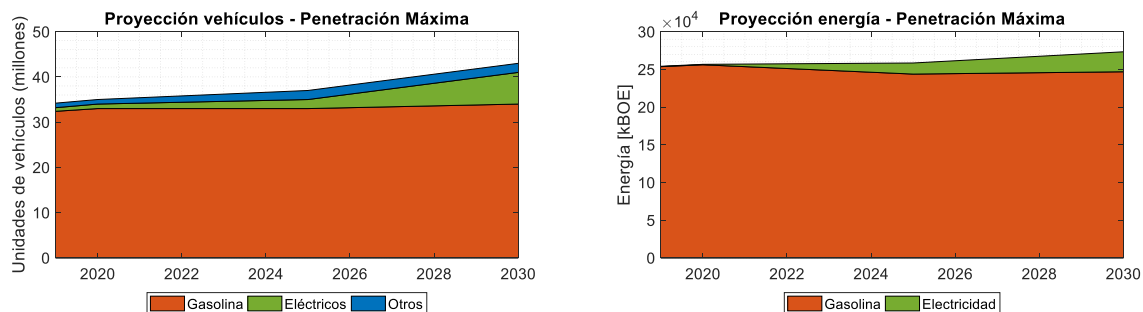


Figura 108. Proyección de la entrada de los vehículos eléctricos (izquierda), y proyección del uso de energía (derecha) para el escenario sin vehículos eléctricos. Datos tomados de [44].

En la Figura 109 se muestra el porcentaje de uso de electricidad en cada uno de los escenarios, considerando únicamente electricidad y gasolina.

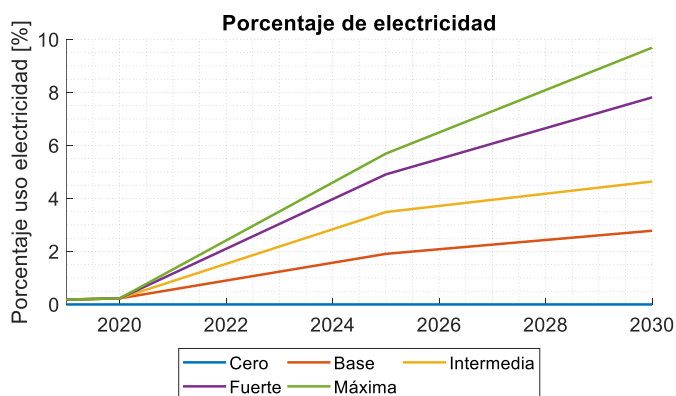


Figura 109. Proyección del porcentaje de electricidad utilizado en transporte. Basado en los datos de [44].

Es posible observar que, incluso en el escenario con una penetración de vehículos eléctricos más grande, para el año 2030 la cantidad de vehículos a gasolina es más grande que la cantidad de vehículos eléctricos. Esto mismo sucede con la energía utilizada por los dos tipos de vehículos (gasolina y eléctricos). Esta penetración es aún menor para el caso base, en el cual se asume que las condiciones actuales se mantienen. Sin embargo, es posible observar que en todos los escenarios donde se asume alguna penetración de vehículos, el porcentaje del uso de la energía en el sector transporte presenta un aumento constante. En conclusión, se espera que en 2030 haya más uso de energía eléctrica que en la actualidad. Sin embargo, para ese año, los combustibles líquidos continúan siendo la fuente principal de energía en el sector transporte.

- Noruega

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

En la Tabla 19, se muestra la cantidad de vehículos registrados en Noruega separado por tipo de combustible y tipo de vehículo. En la Figura 110, se muestra porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos conectables para cada uno de los tipos de vehículos. Para esto, se calculó la proporción entre la cantidad de los vehículos eléctricos e híbridos conectables, y la cantidad total para cada uno de los tipos de vehículos. Por ejemplo, para los carros, aproximadamente el 7,5% de todos los carros disponibles es eléctrico o híbrido conectable. Ese precisamente es el sector que presenta mayor electrificación.

Tabla 19. Vehículos registrados en Noruega por tipo de combustible. Dentro de la categoría de *Otro combustible*, se encuentran vehículos de gas, hidrógeno y parafina, entre otros. Tomado de [45]

	2017					
	Gasolina	Diésel	Electricidad	Híbrido (conectable)	Híbrido (no conectable)	Otro combustible
Carros privados	1.142,382	1.312.841	138.983	67.315	77.181	317
Vans	26.814	440.051	3.478	11	57	444
Camiones	3.037	70.375	1	2	17	376
Buses	250	14.890	28	-	63	810
Tractores	46.908	233.790	89	-	1	101
Vehículos de propósitos especiales	2.272	4.951	26	-	-	1
Ciclomotores	168.959	1.745	1.294	-	-	-
Motocicletas	188.340	49	1.660	-	3	7
Scooters de nieve	87.990	2	-	-	-	1

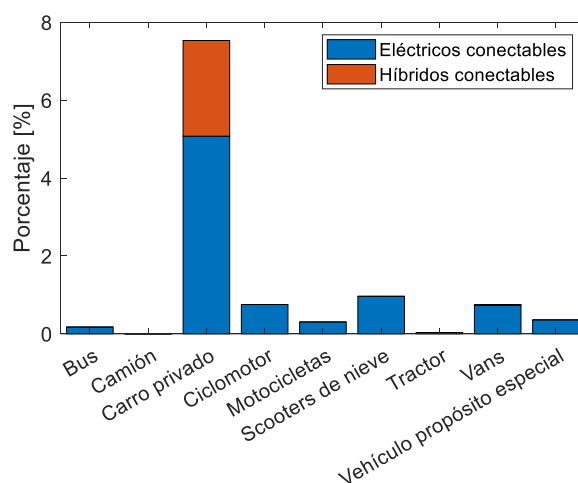


Figura 110. Porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos conectables para varios tipos de vehículos en el año 2017. Basado en los datos de [45].

o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

Como se observaba, Noruega es uno de los países con la mayor cantidad de vehículos eléctricos. Sin embargo, no es apreciable una afectación de los vehículos eléctricos en el consumo de combustibles derivados del petróleo.

La Figura 111 muestra el consumo anual de distintos derivados del petróleo en Noruega entre 2010 y 2017. Aunque la incursión de los vehículos tuvo un crecimiento a partir del año 2012, se puede ver que el total de uso de los derivados no presentan una gran disminución después de ese año. Si bien hay una disminución en el consumo de gasolina, hay un aumento en el consumo de diésel.

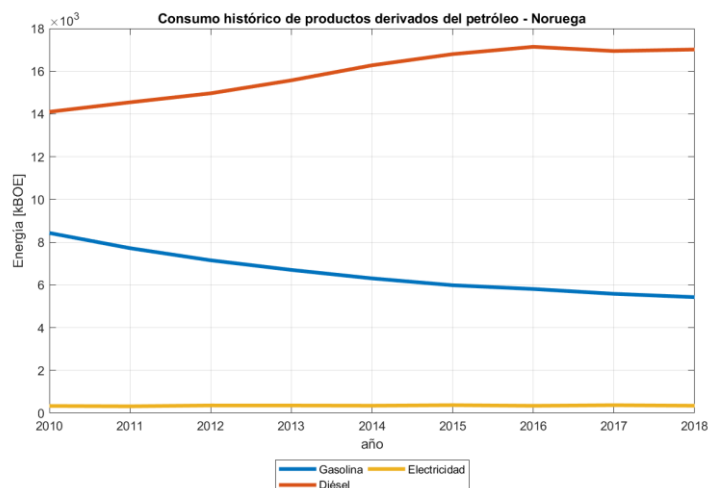


Figura 111. Uso de los derivados del petróleo en Noruega. Adicionalmente, se coloca la estimación de la energía ahorrada por los vehículos eléctricos conectables. Tomado de [46].

Para 2018 la distribución del consumo de energía por combustibles en el transporte se muestra en la Figura 112. En esta figura, no se toma en consideración otros combustibles como combustibles para aviones, o barcos. Para este año, el consumo de estos combustibles fue en total 32.919 kBOE.

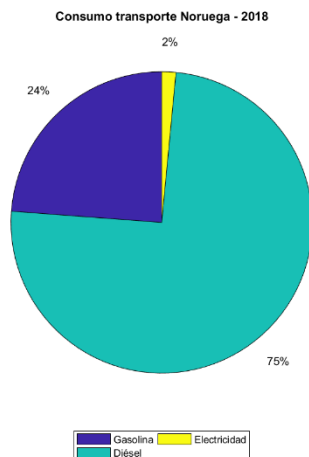


Figura 112. Distribución del consumo de energía en el sector transporte. Tomado de [46].

Adicionalmente, se muestra el consumo de energía eléctrica en transporte. Para contextualizar esta información, en la Figura 113 se muestra la cantidad de vehículos que hay en Noruega.

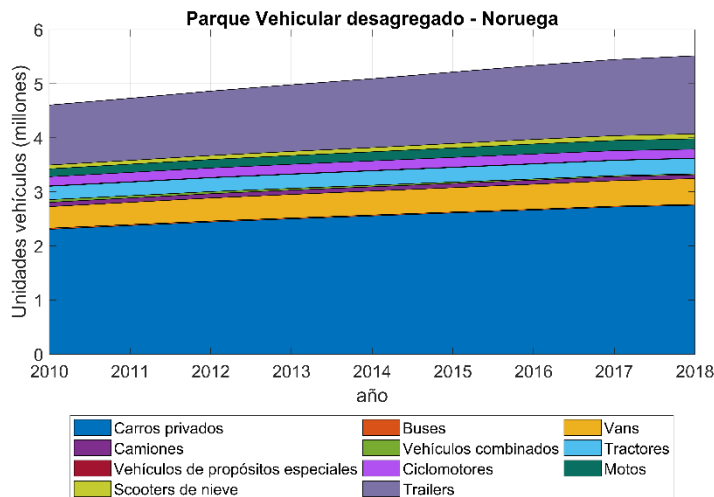


Figura 113. Parque vehicular desagregado en Noruega. Tomado de [45].

Se puede ver que, si bien hay una disminución en el uso de gasolina, hay un aumento en el consumo de diésel. Es decir, el consumo de combustibles líquidos en Noruega ha permanecido casi constante incluso después de la inclusión de los vehículos eléctricos. La electricidad, por otra parte, hace parte de un porcentaje bastante pequeño del consumo de energía en el sector transporte. Esto permite concluir que la entrada de los vehículos eléctricos no ha modificado apreciablemente el consumo de combustibles líquidos en Noruega.

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

En la Figura 114, se muestra la predicción del recorrido anual en dos escenarios distintos. El primer escenario es basado en el Plan de Presupuesto para 2019 de Noruega. Se estima que para el 2030 el 75% de todos los vehículos nuevos de pasajeros serán eléctricos y el 25% restante será híbrido. Para las vans, el 37,5% de la nueva flota serán eléctricos. En el Plan Nacional de Transporte (NTP, por sus siglas en noruego) entre 2022 y 2033, se realizó una proyección de la flota vehicular de acuerdo con el Plan de Presupuesto para 2019. A partir de estos datos, se ha realizado la proyección llamada NB19.

El segundo escenario, se coloca unos objetivos más grandes en el que para 2025 todos los vehículos de pasajeros y buses nuevos serán de cero emisiones. Esto sucederá en el 2030 para las vans. En ese mismo año, se asume que el 75% de los buses de larga distancia y el 50% de los camiones pesados serán cero emisiones. Esta proyección es llamada NTP.

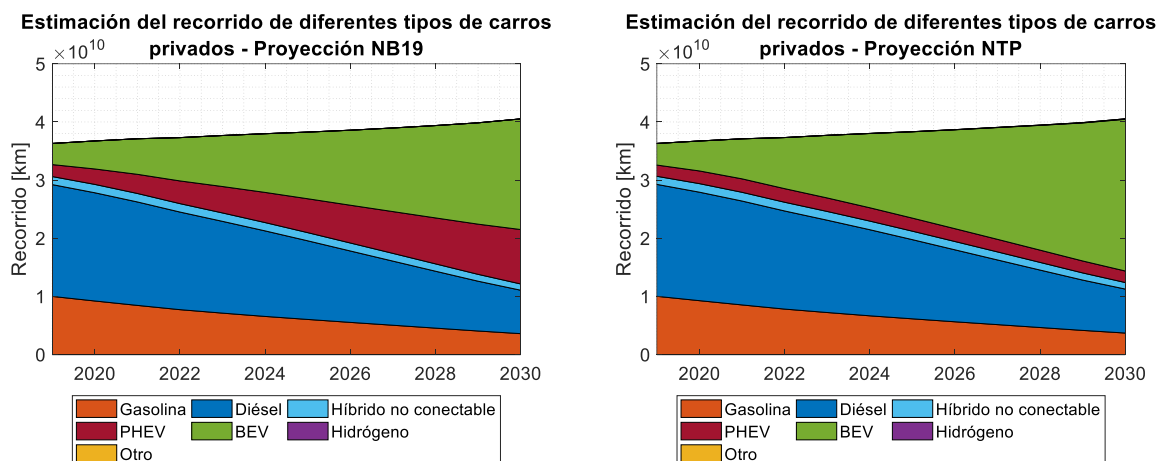


Figura 114. Estimación del recorrido de diferentes tipos de carros privados. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

A partir de los escenarios mencionados anteriormente y utilizando la proyección que se plantea en el NTP sobre la demanda del uso de transporte, se realiza la proyección del uso de energía de diferentes tipos de combustibles y vehículos. Las proyecciones de la distribución del uso de energía por cada tipo de vehículo, se muestra en la Figura 115. Finalmente, las proyecciones del consumo de cada uno de los combustibles en ambos escenarios se muestran en la Figura 116.

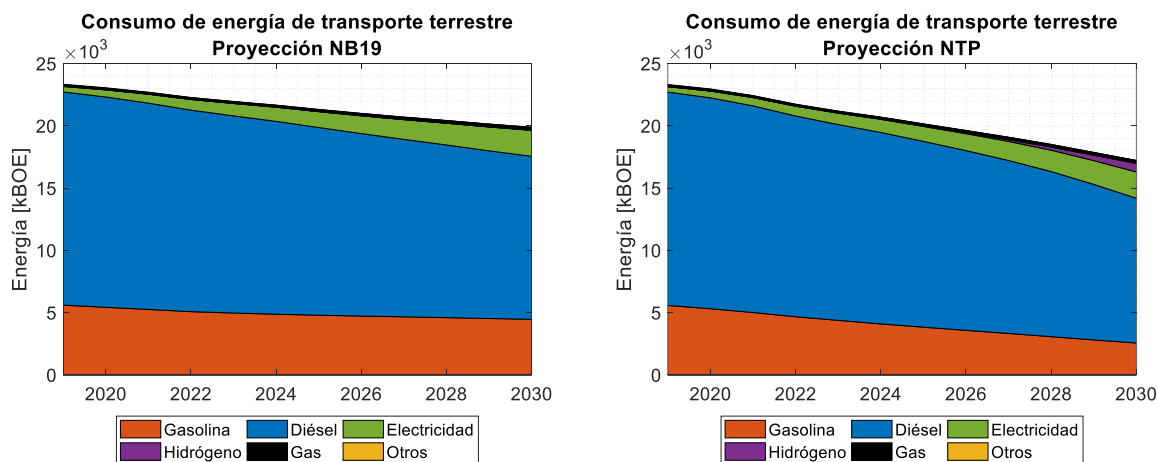


Figura 115. Consumo de energía en tráfico terrestre 2015-2050, por tipo de vehículo. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

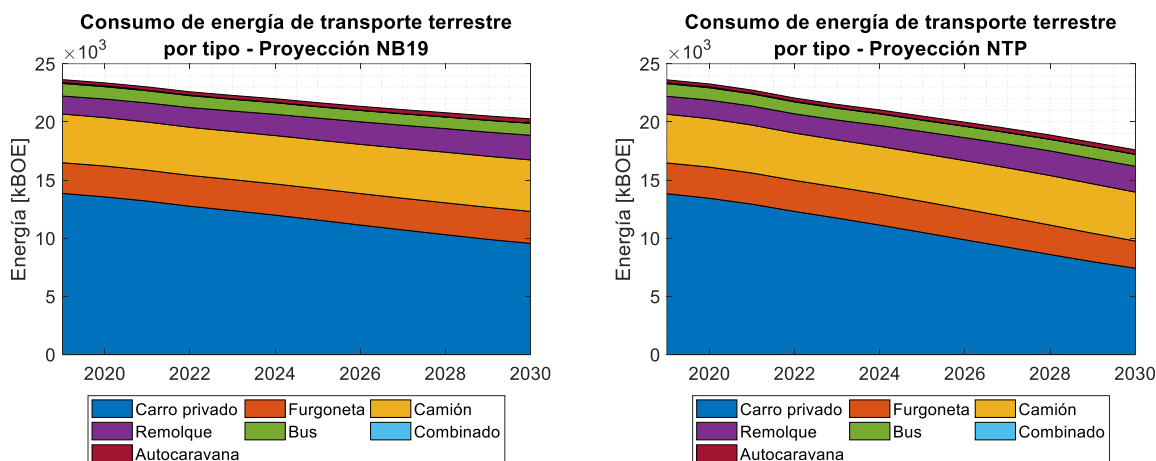


Figura 116. Consumo de energía en tráfico rodado excluyendo autocaravanas y automóviles combinados 2015-2050, por combustible. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

Adicionalmente, para analizar el desplazamiento del consumo de la gasolina y la electricidad, se encuentra la proporción que hay entre las dos fuentes de energía. Este porcentaje, se muestra en la Figura 117 desde el año 2019 hasta el año 2030.

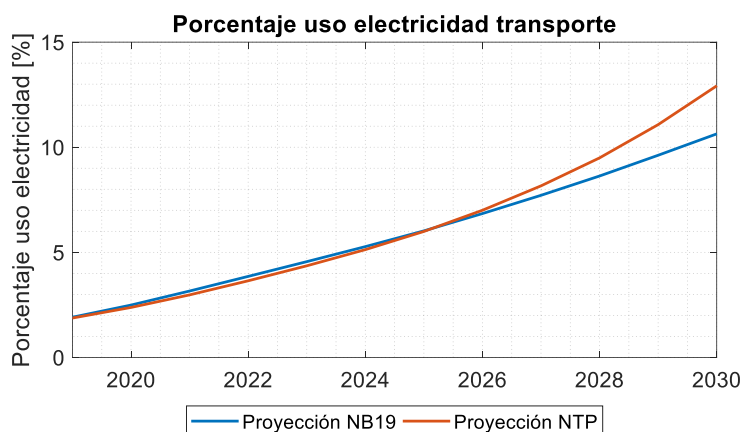


Figura 117. Proyección del porcentaje de electricidad utilizado en transporte, con respecto al uso de combustibles líquidos. Basado en los datos de [47].

Finalmente, el estudio también realiza una proyección de la cantidad de vehículos por tipo de combustible, para varias clases de vehículos. En la Figura 118 muestra la cantidad de vehículos privados que se proyecta para Noruega hasta el año 2030. El mismo resultado, se muestra en la Figura 119, Figura 120 y Figura 121 para las vans, camiones y buses, respectivamente.

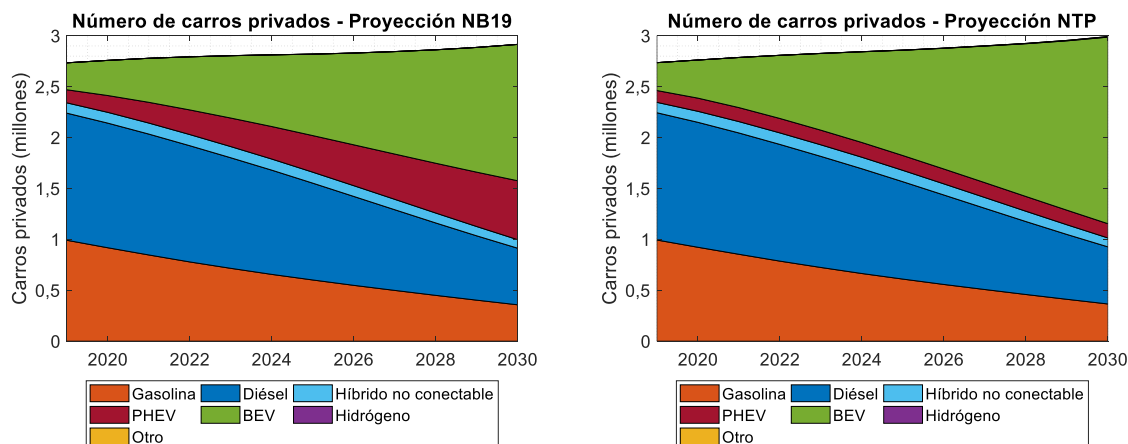


Figura 118. Tecnología de vehículos privados. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

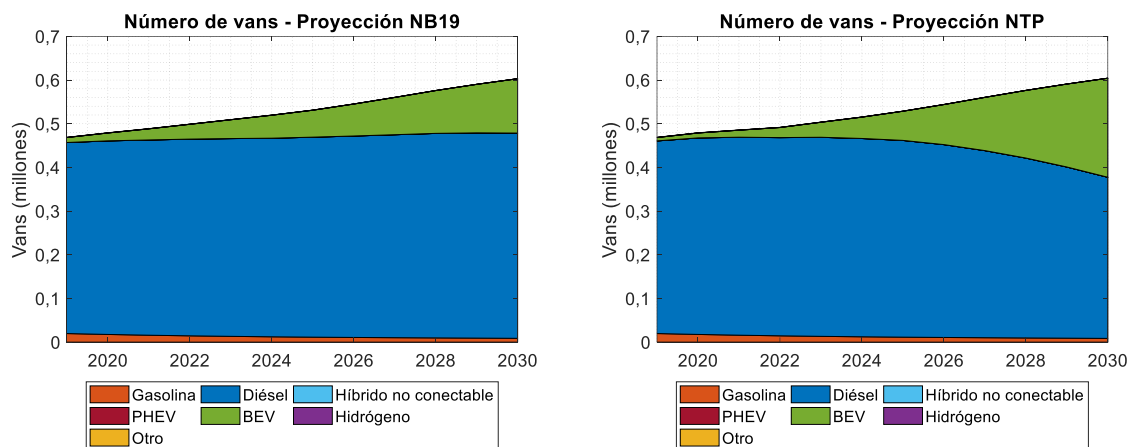


Figura 119. Tecnología de las Vans. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

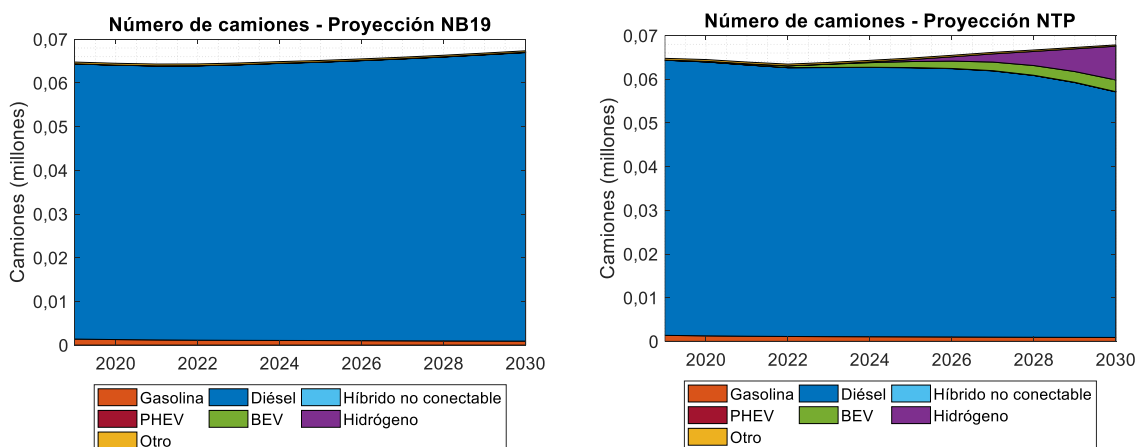


Figura 120. Tecnología de los camiones. Estudio basado en proyección NB19 (izquierda), estudio basado en proyección NTP (derecha). Datos tomados de [47].

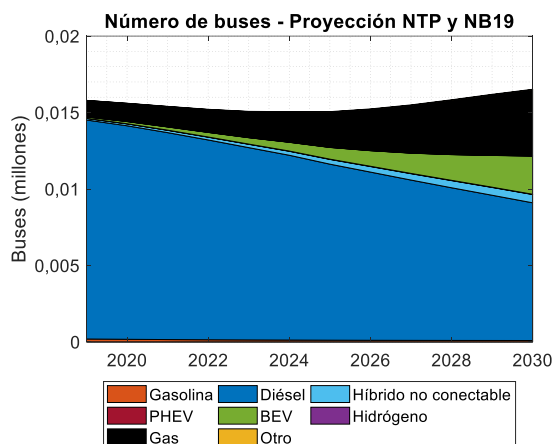


Figura 121. Tecnología de los Buses las proyecciones NB19 y NTP. Datos tomados de [47].

Se puede ver que hay una proyección de aumento importante de la cantidad de vehículos eléctricos en Noruega para el año 2030. Este aumento se observa especialmente en los carros privados, seguido por las vans. Para el primer caso, ambas proyecciones (NB19 y NTP) prevén una disminución de los vehículos de combustión interna. Para el segundo caso, en la proyección NB19 se prevé una disminución del uso de combustibles, y en la proyección NTP se prevé un mayor aumento de van eléctricas y disminución de los vans de combustión interna. En el caso de los camiones y buses se observa un comportamiento distinto. En la proyección NB19 se observa una pequeña cantidad de eléctricos y los vehículos que usan diésel permanece similar, mientras en la proyección NTP se presenta mayor penetración de vehículos que utilizan hidrógeno. Finalmente, también se presenta un aumento de los buses eléctricos, pero hay un mayor aumento de vehículos que usan gas.

Del mismo modo, en ambas proyecciones se prevé una disminución del consumo de gasolina y diésel, y un aumento del consumo de electricidad. Sin embargo, para el año 2030, el uso de combustible en el sector transporte sigue siendo dominante con respecto a vehículos que utilizan otra fuente de energía. En particular, el consumo de gasolina y diésel sigue siendo mayor que el consumo de electricidad.

- Reino Unido

- o ¿Qué tipo de transporte ha visto el mayor nivel de electrificación? ¿Cómo se observan las distintas tendencias?

La Tabla 20 muestra el número de vehículos eléctricos y totales para varios tipos. El porcentaje de vehículos eléctricos, con respecto a la cantidad total de cada tipo de vehículo se muestra en la Figura 122. Tanto en la gráfica como en la Tabla, se desagrega el parque vehicular para el año 2018 en carros particulares, motos y triciclos, vehículos comerciales ligeros (LGV, por sus siglas en inglés), vehículos comerciales pesados (HGV, por sus siglas en inglés), y buses y autocares. Los LGV son vehículos o furgonetas de cuatro ruedas construidos para transportar mercancías con un peso inferior a las 3,5 toneladas, mientras los HGV son superiores a las 3,5 toneladas.

Tabla 20. Cantidad de vehículos totales y eléctricos por varios tipos en el Reino Unido. Tomado de [48]

	Total	Eléctricos conectables
Carros	31.517.597	185.866
Motos y triciclos	1.242.690	1.504
Vehículos comerciales ligeros (LGV)	4.009.887	7.787
Vehículos comerciales pesados (HGV)	500.287	359
Buses y autocares	154.990	387

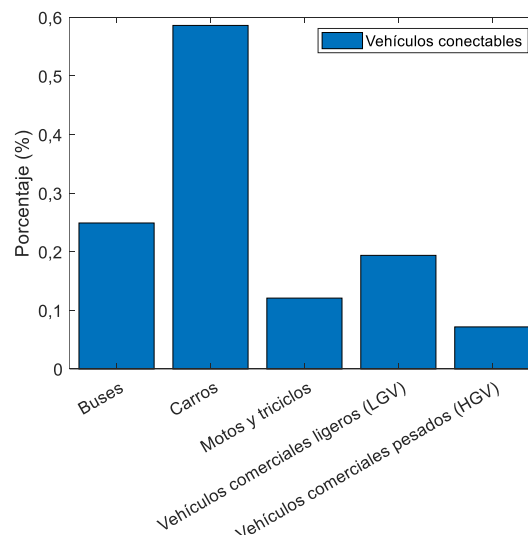


Figura 122. Porcentaje de vehículos eléctricos por varios tipos de vehículos para el año 2018. LGV es el acrónimo en inglés de vehículo comercial ligero, HGV acrónimo en inglés de vehículo comercial pesado. Basado en los datos de [19].

Finalmente, en la Figura 123 se muestra la cantidad de diferentes clases de vehículos, tanto eléctricos como de combustión interna. A partir de la información mencionada, es posible observar que el sector que presenta una mayor electrificación es el sector de vehículos particulares en el que cerca del 0,6% es eléctrico, seguido por los buses.

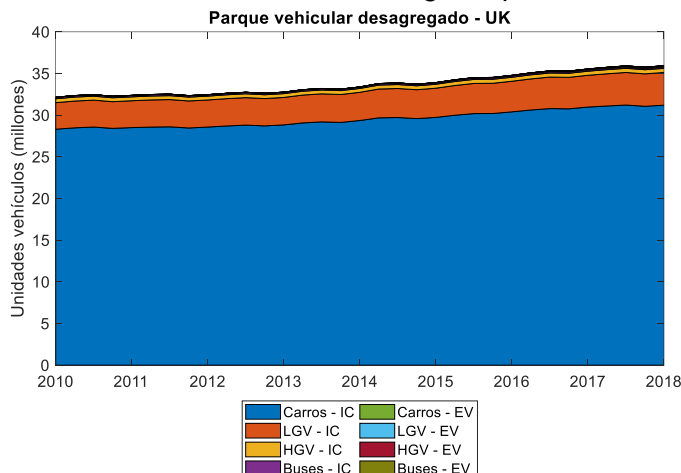


Figura 123. Parque vehicular por diferentes tipos de vehículos, en el Reino Unido. LGV es el acrónimo en inglés de vehículo comercial ligero, HGV acrónimo en inglés de vehículo comercial pesado. Datos tomados de [19].

Se puede ver que la cantidad de vehículos eléctricos en los sectores analizados es bastante baja y por lo tanto no es perceptible en la Figura. Esto no quiere decir que la cantidad de vehículos eléctricos sea igual a cero.

o Condiciones de la demanda de combustibles antes de la entrada de vehículos eléctricos

La Figura 124, muestra el consumo de diferentes tipos de combustible para varias clases de vehículos. También se muestra una estimación del consumo de energía al utilizar los vehículos eléctricos disponibles en el país. En las gráficas se observa que, si bien hay una disminución en el consumo de gasolina, se produce al mismo tiempo un aumento en el consumo de diésel.

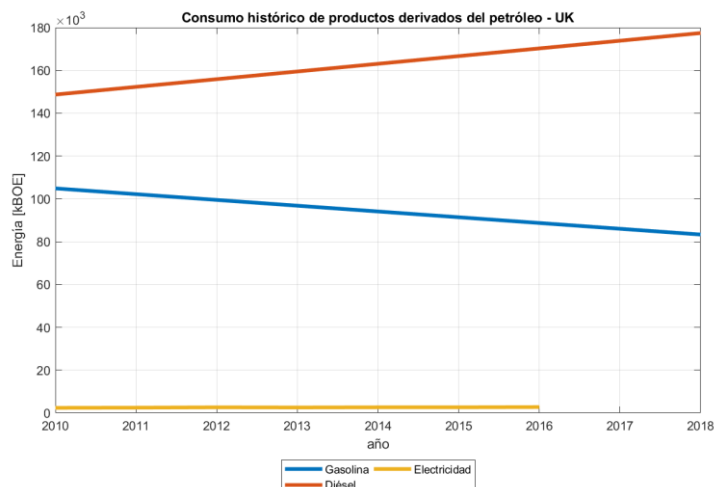


Figura 124. Uso de los derivados del petróleo en el Reino Unido por diferentes tipos de combustible. Datos tomados de [49], [50].

Se puede ver que, si bien hay una disminución en el uso de gasolina, hay un aumento en el consumo de diésel. Esto se debe al cambio de vehículos de gasolina a diésel. Del mismo modo, la energía eléctrica utilizada es baja, comparado con el uso de los combustibles. Esto deja ver que, hasta el momento, la entrada de los vehículos eléctricos no ha afectado el consumo de combustibles.

- o Proyecciones de la entrada de vehículos eléctricos y posible desplazamiento de los combustibles

En la Figura 125, se muestra la predicción del consumo de energía de distintos tipos de combustibles en el sector transporte. Aunque hay un aumento en el consumo de energía de electricidad, y una disminución en el consumo de derivados del petróleo, no se prevé que el consumo de energía sobrepase al petróleo hasta el año estudiado. Para la metodología utilizada en esta estimación, ver [51].

En [52], se presenta un estudio sobre la cantidad de vehículos que habrá en el Reino Unido en distintos años hasta 2050. Se estudian varios escenarios en los que se cambia el precio de los combustibles, el PIB, o el nivel de migración en el Reino Unido. En uno de los escenarios llamado el Escenario de Referencia, se estima que en total (incluyendo vehículos eléctricos) habrá 30,2 millones de vehículos para 2021, 31,56 millones para 2026 y 33,05 millones para 2031. De acuerdo con [53], se estima que para el 2030 existan 11 millones de vehículos eléctricos y 36 millones para 2040. Esta información, para antes de 2030, se muestra en la Figura 126.

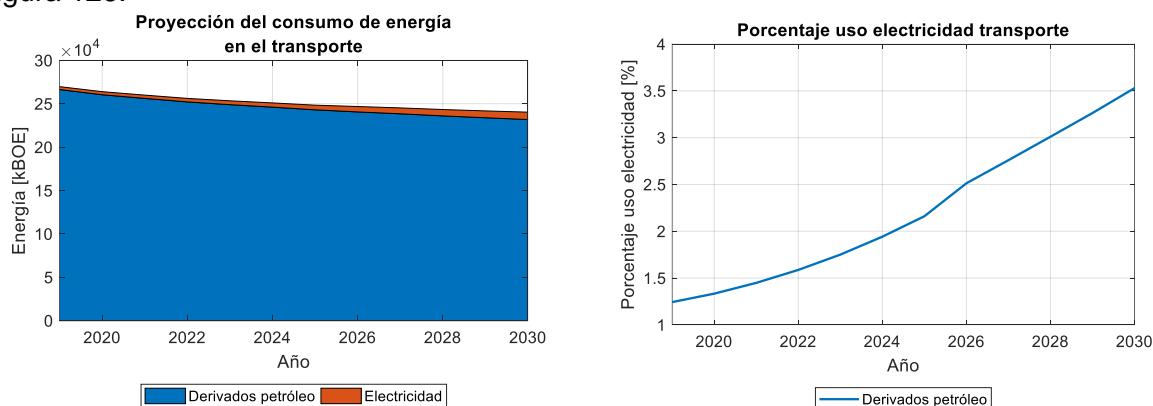


Figura 125. Predicción del consumo de energía en el transporte terrestre en el Reino Unido (izquierda) y porcentaje del uso de electricidad en el sector transporte (derecha). Datos tomados de [51].

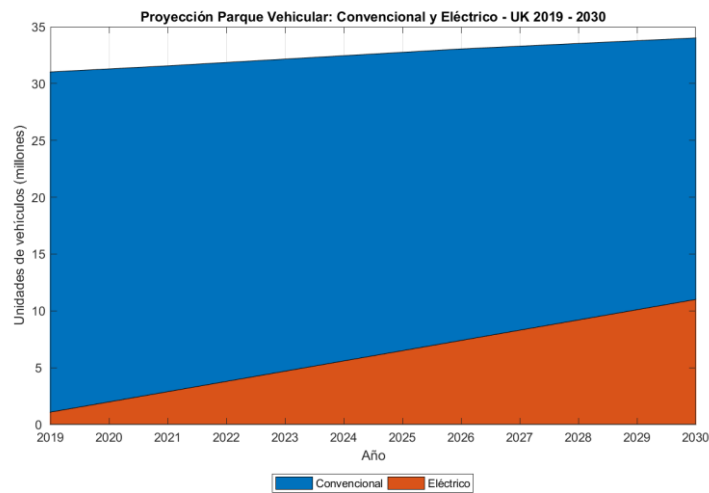


Figura 126. Proyección del número de vehículos en el Reino Unido.

Es posible observar que, aunque se proyecta un aumento de la cantidad de vehículos eléctricos, el consumo de electricidad no tiene el mismo aumento. Sin embargo, se estima una disminución del uso de combustibles derivados del petróleo. Esto produce que se aumente la proporción de la energía eléctrica utilizada en el sector transporte. Por lo tanto, se puede concluir que, según las proyecciones realizadas por el gobierno del Reino Unido, se espera un aumento del uso de electricidad, pero seguirá siendo un bajo porcentaje de la energía proveniente de combustibles líquidos.

- Colombia

o Potencial de impacto

Para evaluar el impacto que puede tener la electrificación del transporte en Colombia en consumo de combustibles se buscaron cuáles son los sectores potenciales en el que esta tecnología está creciendo. En la Figura 127 se presenta la distribución del consumo de energía en el sector transporte según combustible donde el de mayor demanda energética es la gasolina seguido del diésel.

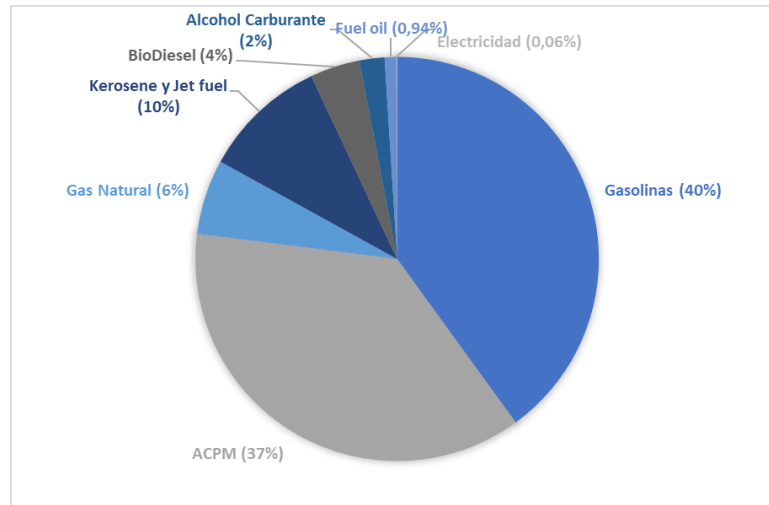


Figura 127. Distribución porcentual del consumo de combustibles en el sector transporte para año 2015. Valores tomados de [54].

Los sectores potenciales identificados son los vehículos que funcionan con gasolina, diésel y gas natural. En cada uno de estos combustibles se hizo la desagregación correspondiente de modos de transporte en donde los automóviles, motos, taxis camionetas y buses son los seleccionados como potenciales dado el desarrollo de tecnología en estas categorías.

Tabla 21. Distribución de consumo energético en el sector transporte para año 2015. Valores en azul tomados de [20]. Elaboración propia.

Combustibles	%	Consumo		Categoria	%Tipo Combustible	%Total	Consumo	
		TJ	kBOE				TJ	kBOE
Gasolinas	40%	197.816,40	32.334,23	Automoviles	42%	16,8%	83.082,89	13.580,38
				Motos	22%	8,8%	43.519,61	7.113,53
				Camperos	16%	6,4%	31.650,62	5.173,48
				Taxis	11%	4,4%	21.759,80	3.556,77
				Camionetas	8%	3,2%	15.825,31	2.586,74
				Otros	1%	0,4%	1.978,16	323,34
ACPM	37%	182.980,17	29.909,16	Camiones	34%	12,6%	62.213,26	10.169,12
				Buses	26%	9,6%	47.574,84	7.776,38
				Tractocamione	19%	7,0%	34.766,23	5.682,74
				Camionetas	12%	4,4%	21.957,62	3.589,10
				Camperos	6%	2,2%	10.978,81	1.794,55
				Otros	3%	1,1%	5.489,41	897,27
Gas Natural	6%	29.672,46	4.850,13	Taxis	48%	2,9%	14.242,78	2.328,06
				Camionetas	22%	1,3%	6.527,94	1.067,03
				Camperos	11%	0,7%	3.263,97	533,51
				Automoviles	10%	0,6%	2.967,25	485,01
				Camiones	7%	0,4%	2.077,07	339,51
				Buses	2%	0,1%	593,45	97,00
Kerosene y Jet fuel	10%	49.454,10	8.083,56					
BioDiesel	4%	19.781,64	3.233,42					
Alcohol Carburante	2%	9.890,82	1.616,71					
Fuel oil	0,94%	4.648,69	759,85					
Electricidad	0,06%	296,72	48,50					
TOTAL	100%	494.541,00	80.835,58					

El impacto total de estos sectores potenciales es de 52,1% de la demanda total de energía, donde un 42,4% es de flota vehicular liviana y un 9,6% buses. [55]

o Evaluación de escenarios propuestos

A cada uno de los escenarios se le realizó un estimado de consumo en combustibles líquidos derivados del petróleo asumiendo unos supuestos de eficiencia y recorridos promedios anuales por tipo de vehículo mostrados en la Tabla 22. Esto con el fin de compararlo con la demanda energética utilizando electricidad.

Tabla 22. Supuestos utilizados para el cálculo de energía consumida para vehículos IC y EVs-

Supuestos			
	Carro	Moto	Buses
Kilómetros por Galón	45	110	9,5
Eficiencia Wh/km	164	25,56	1075
Recorrido promedio (km/día)	25	25	200

En la siguiente grafica son presentados estos consumos. Se puede observar que al utilizar vehículos eléctricos hay una mayor eficiencia ya que para la misma flota vehicular se utiliza cerca de 85% menos de energía.

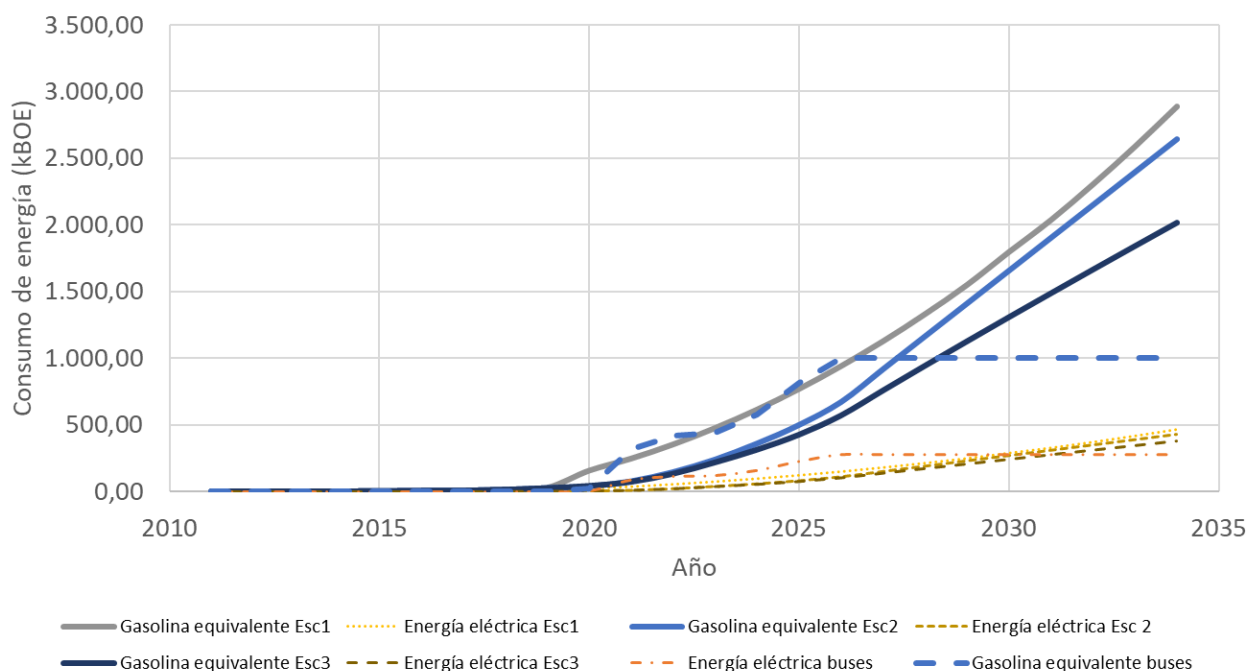


Figura 128. Consumo energético para cada uno de los escenarios y para proyección de buses.

- Impacto en la cadena de distribución de combustibles.

La Figura 129 describe como está constituida la cadena de distribución de combustibles para el caso nacional.

De acuerdo con CIP³, “la estructura de distribución del sector de combustibles líquidos en Colombia está compuesta por cuatro niveles jerárquicos: Productores, Mayoristas, Minoristas y Usuarios finales. El primer grupo está compuesto por los agentes productores (alcohol y B100)⁴, los agentes importadores y los agentes refinadores, estos últimos quienes distribuyen los combustibles líquidos mediante los poliductos. Tanto los productores como los importadores se encargan del abastecimiento a los agentes refinadores. Los refinadores, por su parte, abastecen a través de poliductos a los Distribuidores Mayoristas y a los Grandes Consumidores, que se constituyen como una categoría de los usuarios finales.

Los distribuidores minoristas, compuestos por las Estaciones de Servicio (EDS) y los comercializadores industriales, obtienen los combustibles a través de vehículos de carrocería tipo tanque (también conocidos como “carrotanques”) de las plantas de abastecimiento de los distribuidores mayoristas, cuyo costo es asumido por los minoristas. Los consumidores finales obtienen los productos combustibles líquidos a través de las estaciones de servicio, en tanto que los grandes consumidores lo hacen por parte de comercializadores industriales, estaciones de servicio y los ya nombrados refinadores.

³ CIP. Estudio de las integraciones económicas en la cadena de distribución de combustibles líquidos en Colombia. 2017

⁴ Incluye también biocombustibles: etanol producido de la caña de azúcar y yuca, y biodiésel (B100) del aceite de palma.

El que agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos decidan ser un agente distribuidor tanto mayorista como minorista, que en últimas es ser propietario tanto de plantas de abastecimiento como de EDS en el mismo momento, genera lo que se conoce como integraciones empresariales en el sector o cadena”.

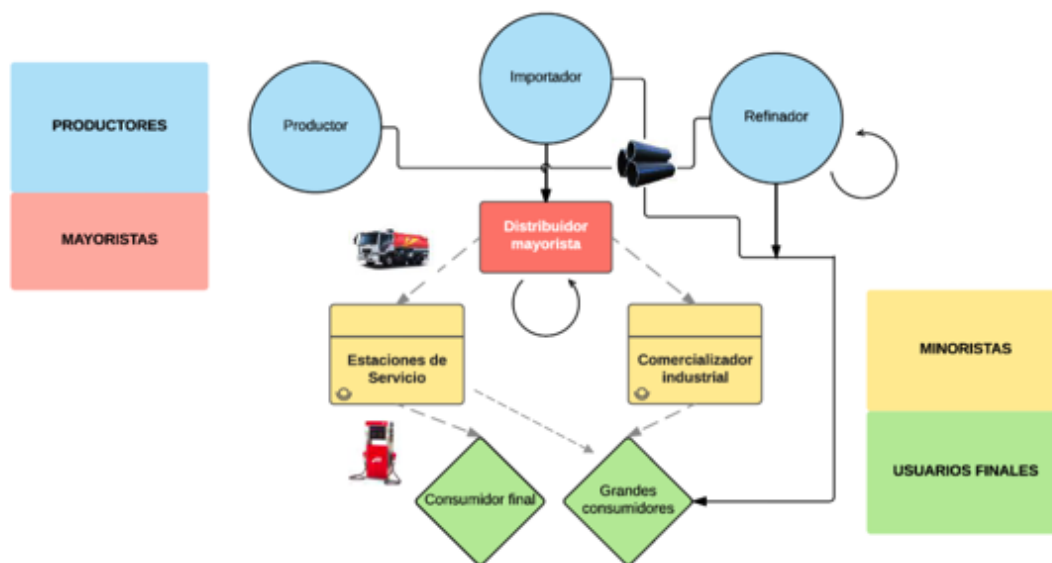


Figura 129. Cadena de distribución de combustibles para el caso colombiano. Fuente: CIP (Corporación Integral de Productividad)

Una vez descrita la cadena de distribución se analizará los impactos que pudiera producir la introducción de los EV el parque automotor colombiano, en especial, donde se observan las mayores oportunidades que son los automóviles livianos de uso particular y los sistemas de transporte masivo de las ciudades capitales colombianas. Para ello se comentará el potencial impacto a producir en cada uno de los niveles de la cadena.

Nivel productor, importador, refinador: el efecto directo que puede producir la integración de EV en este caso se observará en el decrecimiento del aumento de la demanda de combustibles, en una primera instancia, para luego observar un potencial estancamiento de esta, según se desarrolle la EV. En este contexto, se estima que se produciría una disminución en la importación directa de combustible, lo que se alinearía con un mejoramiento de la autonomía energética del país, más aún, considerando que las reservas de petróleo crudo nacional indican un abastecimiento cercano a los 6 años. Se estima que para ese plazo de tiempo el impacto de EV continúe siendo marginal, pero en función del desarrollo de la producción de petróleo local, a partir del año 2030 se podrían empezar a observar efectos más significativos.

Distribuidor Mayorista⁵: para este caso, dado el carácter del agente, y la oportunidad de vender combustible a grandes consumidores⁶, puede observar un efecto directo en clientes asociados a los sistemas de transporte masivo. Por ejemplo, para el caso de Transmilenio en Bogotá, se prevé una reposición de 2443 buses⁷ al año 2026, distribuidos de la siguiente manera:

- Biarticulado: 937 buses
- Articulado: 9 buses
- Padrón: 502 buses
- Busetón: 995 buses

Esto significa que, en la actualidad, con una flota aproximada de 8500 buses, la demanda anual de combustible equivale a 366 kBOE/año, y que dado el plan de reposición a 2026, esta se puede disminuir prácticamente en un tercio. Esto puede significar nuevas negociaciones de contratos de suministro, si estos últimos son de largo plazo.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, muchos distribuidores mayoristas están integrados verticalmente con EDS, lo que también pudiera tener un efecto en sus ventas de retail, pero sin un impacto significativo como lo es de los grandes consumidores asociados al transporte terrestre. La Tabla 23 ilustra la participación de los distribuidores en el mercado colombiano, observándose que quienes disponen de la mayor participación se encuentran integradas aguas abajo en la cadena.

Distribuidor minorista: los impactos potenciales que se pudieran producir para este actor en la cadena se podrían observar en dos aspectos, el primero que es quizás de efecto más marginal está relacionado a las ventas de combustible, ya que es más sujeto a una penetración masiva del auto liviano eléctrico, lo que no se observa al año 2030. Si, ya fuere de mayor impacto, lo obligaría a renegociar contratos con mayoristas, más aún en el caso de las EDS que no se encuentran integradas verticalmente, ya que no son sujetas de políticas que podrían definir desde el punto de vista corporativo. Por otro lado, las EDS si serán sujeto del despliegue de la infraestructura de carga, en particular de las estaciones de carga rápida, lo que puede implicar nuevos requerimientos técnicos y desarrollo de nuevos modelos de negocios para proveer este servicio.

Grandes y pequeños consumidores: el efecto principal a observar por parte de los grandes y pequeños consumidores será respecto del precio equivalente de kilómetro recorrido, al comparar un auto IC versus un EV. Por ejemplo, para el caso de los vehículos livianos, el precio estimado de un kilómetro recorrido en un EV es de 65,6 \$/km, mientras que en un















⁵ El distribuidor mayorista, mediante contratos o acuerdos comerciales, se encarga de la venta de combustibles líquidos en volúmenes superiores a dos millones seiscientos mil (2.600.000) galones al mes y con volúmenes de almacenamiento mínimos requeridos que garantizan el abastecimiento por ese período. Este agente está autorizado para abastecer a los siguientes agentes: i) distribuidor minorista, ii) grandes consumidores y iii) otro distribuidor mayorista (Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) - Resolución 174, 2016).

⁶ Persona natural o jurídica que, por cada instalación, consume en promedio anual más de 20.000 galones mes de combustibles líquidos derivados del petróleo para uso propio y exclusivo en sus actividades, en los términos establecidos en los artículos 2.2.1.1.2.2.3.93. y 2.2.1.1.2.2.3.94 del presente decreto, y puede ser: i) gran consumidor con instalación fija, ii) gran consumidor temporal con instalación y iii) gran consumidor sin instalación. (Decreto 1073 de 2015)

⁷ Conforme a plan de reposición elaborado por DNP.

equivalente IC sería del orden de 214,2 \$/km, indicando una razón cercana de 1 a 3. Sin perjuicio de lo anterior, en la medida que los costos de inversión de los EV no sean competitivos, los usuarios continuarán adquiriendo vehículos a combustible. Se estima, que según disminuyan los costos de las baterías, para el año 2025 el costo paridad de EV vs IC sea idéntico, lo que podría dar inicio a su masificación en las grandes ciudades.

Tabla 23. Distribuidores de combustible en Colombia.

	DISTRIBUIDOR MAYORISTA	MILLONES GALONES	% PARTICIPACIÓN	
	1. ORGANIZACION TERPEL	1.526,5	44,9%	} 67%
	2. DAC (PRIMAX)	763,5	22,4%	
	3. BIOMAX	355,0	10,4%	} 90%
	4. CHEVRON	258,2	7,6%	
	5. PETROMIL S.A.S.	144,5	4,2%	
	6. PETROBRAS	116,1	3,4%	
	7. ZEUSS PETROLEUM S.A.	81,3	2,4%	
	8. C.I. ECOSPETROLEO S.A.	35,0	1,0%	
	9. COOMULPINORT	34,5	1,0%	
	10. PUMA ENERGY	28,3	0,8%	
	11. AYATAWACOOP	17,3	0,5%	
	12. OCTANO DE COLOMBIA	15,2	0,4%	
	13. CASAMOTOR S.A.S.	14,1	0,4%	
	14. DISCOWACOOP	6,5	0,2%	
	15. ZAPATA Y VELASQUEZ S.A.	4,5	0,1%	
	16. PROXXON S.A.	1,8	0,1%	
	17. PETRODECOL S.A.	0,7	0,0%	
	18. OCEAN ENERGY SAS	0,1	0,0%	
	TOTAL	3.403,0	100,0%	

Fuente: Fendipetróleo. Disponible en: <https://www.valoraanalitik.com/2019/03/21/tres-companias-tienen-mas-del-75-de-mercado-de-distribucion-de-combustibles/>

- Conclusiones y Comentarios

Estudiados los diez países considerados en el análisis, se evidencia que, en la actualidad, no se presenta u observa un impacto significativo en la demanda de combustible, lo anterior fundamentado principalmente en que la participación del parque eléctrico en el total de automóviles todavía no es representativa.

Por el contrario, a partir de proyecciones y datos obtenidos de los países en cuestión si se observa que para el año 2030, se podría observar un estancamiento en la demanda de combustibles, pero no todavía un decrecimiento en la misma. Caso diferente ocurre de Noruega, Costa Rica y el Reino Unido en donde hay planes de descarbonización, mejoramiento de eficiencia y otros que en complemento conducen a una previsión a la baja en la demanda de combustibles.

Sin perjuicio de lo anterior, si resulta evidente la eficiencia, en términos energéticos, que se logra al fomentar la integración de EV en el parque vehicular, tanto desde el punto de vista de vehículo liviano como de transporte masivo. Esto, en el contexto de previsión de producción y consumo de combustible fósil (petróleo y gas) se constituye como una alternativa a evaluar en el marco de la autonomía energética del país.

Se logra identificar que los modos de transporte susceptibles de integrar de manera masiva la electromovilidad, en una primera fase, son: parque vehicular liviano, transporte masivo y motos. A partir de lo anterior, presenta un alto potencial de ahorro energético el fomento y apoyo a la electrificación del transporte masivo.

De tal manera de precisar, en mayor detalle, el ahorro completo que se lograría a nivel país dado este cambio tecnológico, se recomienda hacer un análisis de ciclo de vida para determinar con exactitud la cantidad de energía de origen fósil que se demanda para el desarrollo de EV (producción de energía y consumo por kilómetro recorrido) comparado con su equivalente en un vehículo de combustión interna, lo que se conoce en la literatura internacional como Well to Wheel Analysis.

En cuanto al impacto en la cadena de combustibles, los que se prevén en el corto plazo están enfocados en dos actores fundamentalmente. Algunos distribuidores mayoristas serán sujetos de una disminución importante en el corto plazo por la integración de buses eléctricos, en particular para las ciudades que han desarrollado esquemas tipo BRT (Bus Rapid Transport System) como lo son: Bogotá, Cali, Medellín, Pereira. Es importante mencionar que, para el caso de las ciudades de la costa caribe, hay una preferencia por masificar usando GNV.

- Referencias

- [1] (EPE), Empresa de Pesquisa Energética, «Balanço Energético Nacional,» 2019.
- [2] SINDIPECAS, «Relatório da Flota Circulante,» 2019.
- [3] R. Baran, «A INTRODUÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL: AVALIAÇÃO DO IMPACTO NO CONSUMO DE GASOLINA E ELETRICIDADE,» Instituto Alberto Luiz Coimbra para Estudos de Pós-graduação e Investigação em Engenharia.
- [4] Clean Energy Canada, «Will Canada Miss the Bus?,» 2019.
- [5] I. E. A. (IEA), «Data and Statistics,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/data-and-statistics>.
- [6] Canada Energy Regulator, «Exploring Canada's Energy Future,» 2019. [En línea]. Available: <https://bit.ly/2P14uHo>.
- [7] Ministerio de Ambiente y Energía MINAE, Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo PNUD, *Plan Nacional de Energía 2015-2030*, San José, 2015.
- [8] Instituto Nacional de Estadística y Censos - Costa Rica, *Costa Rica: Vehículos automotores en circulación, según estilo 2012-2015*.
- [9] I. N. d. E. y. C. - C. R. Rica, *Costa Rica: Vehículos automotores en circulación, según estilo 2015-2017*.
- [10] R. R. D. Zárate, *Matriz Energética de Costa Rica. Renovabilidad de las fuentes y reversibilidad de los usos de energía*, 2016.
- [11] Refinadora Costarricense de Petróleo S.A., *Plan de descarbonización del sector transporte terrestre*, 2018.
- [12] Gobierno de Costa Rica, *Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030*.
- [13] California Public Utilities Commission, *Zero-Emission Vehicles*.
- [14] Cal Matters, *Despite sharp growth in electric cars, vehicle emissions keep rising*.
- [15] D. Shepardson, *Trump budget proposes ending electric vehicle tax credit*, Reuters, 2019.
- [16] J. Eckart, «Batteries can be part of the fight against climate change - if we do these five things,» World Economic Forum, 2017.
- [17] A. Small, *The Problem With Switching to Electric Cars*.
- [18] B. o. t. statistics, *Table 5-1: Motor -Vehicle Registrations: 2010*.
- [19] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations 2010-1*.
- [20] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2011*.
- [21] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2012*.
- [22] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2013*.
- [23] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2014*.

- [24] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2015*.
- [25] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2016*.
- [26] Policy and Governmental Affairs - Office of Highway Policy Information, *State Motor-Vehicle Registrations - 2017*.
- [27] G. Bade, *The oil industry vs. the electric car*.
- [28] California Energy Commission, *California Gasoline Data, Facts, and Statistics*.
- [29] U.S. Energy Information Administration, *California State Profile and Energy Estimates*.
- [30] K. S. A. Cooper, *Electric Vehicle Sales Forecast and the Charging Infrastructure Required Through 2030*, 2018.
- [31] California Energy Commission, *California Plug-In Electric Vehicle Infrastructure Projections: 2017-2025*.
- [32] Energy Innovation, *Energy Policy Solutions*.
- [33] European Union, «European Alternative Fuels Observatory,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.eafo.eu/>.
- [34] Netherlands Enterprise Agency, «Action Plan for Electric Driving,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Action%20Plan%20for%20Electric%20Driving.pdf>.
- [35] International Energy Agency, *Energy Policies of IEA Countries Japan 2016*.
- [36] Ministry of Economy, Trade and Industry, *Council for Promoting Society Utilizing of Electrified Vehicles to be launched*.
- [37] International Energy Agency, *Japan*.
- [38] Japan Automobile Dealers Association - Japan Mini Vehicles Association, *New Registration - Sales*.
- [39] International Council on Clean Transportation, *Japan 2030 Fuel Economy Standards*.
- [40] Asociación Japonesa de Información de Inspección y Registro de Automóviles, *Estadísticas, Propiedad del coche - Japón*.
- [41] The Institute of Energy Economics, Japan, «Energy Transition and a thorny path for 3E challenges: Energy, Environment and Economy,» 2018.
- [42] U. N. Environment, *Electric Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and Opportunities for Regional Collaboration*, Panama: United Nations Environment Programme, Office for Latin America and the Caribbean, 2018.
- [43] Sistema de Información Energética, «Balance Nacional de Energía: Consumo de energía en el sector transporte,» 2019. [En línea]. Available: sie.energia.gob.mx.
- [44] Secretaria de Energía (México), «Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos,» México, 2018.
- [45] Statistisk sentralbyrå, «Registered vehicles,» 29 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ssb.no/en/bilreg>.
- [46] Statistisk sentralbyrå, «Sales of petroleum products,» 2019 Noviembre 20. [En línea]. Available: <https://www.ssb.no/en/energi-og-industri/statistikker/petroleumsalg>.
- [47] L. Fridstrøm, «Framskrivning av kjøretøyparken,» 2019.

- [48] United Kingdom Department of Transport, «Vehicles statistics,» 14 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.gov.uk/government/collections/vehicles-statistics>.
- [49] United Kingdom Statistics Authority, «Digest of United Kingdom Energy Statistics 2019,» 25 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2019>.
- [50] T. Bunsen, P. Cazzola, L. M. Gorner, S. Scheffer, R. Schuitmaker, H. Signollet, J. Tattini y J. Teter, «Global EV Outlook 2019: Scaling-up the transition to electric mobility,» 2019.
- [51] Department for Business, Energy & Industrial Strategy, «Updated energy and emissions projections 2018,» 16 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/updated-energy-and-emissions-projections-2018>.
- [52] Departamento para el Transporte, «Road Traffic Forecasts 2018,» 2018. [En línea]. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/834773/road-traffic-forecasts-2018.pdf.
- [53] National Grid, «Future Energy Scenarios,» 2018.
- [54] UPME, «Plan de acción indicativo de Eficiencia Energética PAI PROURE 2017-2022,» 2017.
- [55] Departamento Nacional de Planeación (DPN), «Strategy Development Workshop: Electric Bus Project,» 2019.
- [56] Bureau of Transportation Statistics, *Transportation Statistics Annual Report - Preliminary*.

**Producto 3: Fortalezas y las debilidades de la
regulación actual para el servicio de energía eléctrica
y la distribución de combustibles líquidos para la
entrada de las electrolineras**

Contenido 3

1.1	Marco Legal y regulatorio referenciado	176
1.1.1	Planeación	176
1.1.2	Comercialización	177
1.1.3	Conexión	177
1.2	Potenciales impactos identificados y recomendaciones	178
1.2.1	Planeación	178
1.2.2	Comercialización	181
1.2.3	Conexión y operación	182

1. Resumen ejecutivo

Se realiza una revisión de normativa asociada al desarrollo de la electromovilidad a nivel nacional, así como de las instituciones involucradas en ello. A partir de esta revisión se clasifica la normativa en tres ámbitos principales: planeación, comercialización y conexión/operación. Asimismo, para cada uno de estos ámbitos se identifica qué instituciones están involucradas.

A nivel planeación sobresale lo que se desprende de lo definido en la Ley 1964/19, en la cual el rol de Ministerio de Minas y Energía es significativo en trabajo conjunto con los municipios, en lo que refiere al despliegue de la infraestructura de carga y la participación de las empresas suministradoras de energía⁸. Asimismo, se sugiere la coordinación pertinente con el Ministerio de Transporte en lo que respecta al desarrollo de estaciones de carga en las vías nacionales. Es importante también en este ámbito, considerar los antecedentes normativos asociados a las estaciones que suministran GNV.

A nivel comercialización, corresponderá al Ministerio de Minas y Energía y el regulador, CREG, definir algunos instrumentos que permitan la actividad de provisión de servicios de carga, bien sea a nivel público como residencial. Para lo primero, es importante considerar la pertinencia de que las estaciones de servicio de combustible puedan ser usuarios no regulados, en busca de promover beneficios tanto a quien presta el servicio como al usuario. Respecto de los usuarios residenciales y/o comerciales, es importante considerar la utilidad que significa implementar tarifas ToU, de tal manera de entregar señales claras para horarios de carga de vehículos y su no coincidencia con la demanda de punta del sistema de distribución.

Respecto de la conexión y operación, es de importancia el desarrollo de la normativa técnica asociada, considerando como antecedente la normativa técnica IEC 61851, y las modificaciones pertinentes en normas nacionales como: NTC 2050 y RETIE. Así como la importancia que tienen estas normativas desde el punto de vista transversal.

⁸ Según se expicita de manera textual en la Ley, y que es sujeto de interpretación.

2. Elementos de análisis sobre el marco legal y regulatorio vigente y la coordinación interinstitucional para estaciones de carga de Vehículos Eléctricos- EV

Desde la perspectiva institucional, conforme a los diferentes ámbitos en los cuales puede generar impacto la electromovilidad, se observa que puede requerir de la participación activa de las siguientes entidades:

1. Ministerio de Minas y Energía
2. Ministerio de Hacienda y Crédito Público
3. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
4. Ministerio de Transporte
5. Comisión de Regulación de Energía y Gas
6. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
7. Superintendencia de Industria y Comercio
8. Unidad de Planeación Minero Energética
9. Municipios, vía normatividad territorial: POT, Acuerdos de Concejos Municipales, entre otros.
10. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

16.1 Marco Legal y regulatorio referenciado

A continuación, se presenta un listado de normatividad que tendría relación, o que debiera tomarse como referencia, o ajustada para efectos de mitigar algún potencial impacto negativo que pudiera impedir un desarrollo de las estaciones de carga de EV, así como su coexistencia con estaciones de servicio de combustibles líquidos y GNCV. Este listado se categoriza según el ámbito de aplicación de la normativa asociado al desarrollo de infraestructura de carga de los EV.

16.1.1 Planeación

- Ley 1964 de 2019, por medio de la cual se promueve el uso de Vehículos Eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1955 de 2019, Plan Nacional de Desarrollo.
- Decreto No. 1073 de 2015 (Minminas), Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.
- Decreto 4299 de 2005 (Minminas), establece los requisitos, obligaciones y el régimen sancionatorio, aplicables a los agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto GLP, señalados en el artículo 61 de la Ley 812 de 2003, con el fin de resguardar a las personas, los bienes y preservar el medio ambiente

- Decreto 1521 de 1998 (Minminas): reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio.
- Resolución 40278 de 2017 (Minminas): reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas natural comprimido para uso vehicular y se dictan otras disposiciones.
- Plan de Ordenamiento Territorial y Normativas Locales

16.1.2 Comercialización

- Resolución CREG 008 de 1998: por medio de la cual se dicta el régimen para el Gas natural Comprimido Vehicular (GNCV)
- Decreto 802 de 2004 (Minminas): establece algunas disposiciones para incentivar el consumo del Gas Natural Comprimido para uso Vehicular, GNCV.
- Resolución CREG 018 de 2004: Por la cual se da cumplimiento a las disposiciones previstas en el Artículo 3 del Decreto 802 de 2004 expedido por el Ministerio de Minas y Energía, mediante el cual se establecen incentivos para el consumo de Gas Natural Comprimido para uso Vehicular –GNCV-.
- Decreto 1008 de 2006 (Minminas): Introducción de un incentivo tarifario en la regulación de la actividad de Distribución de gas natural por redes.
- Resolución CREG 020 de 2006: se da cumplimiento a las disposiciones previstas en el Decreto 1008 de 2006, expedido por el Ministerio de Minas y Energía.

16.1.3 Conexión

- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
- NTC 2050 : Norma Técnica Colombiana, Código Eléctrico.
- Resolución CREG 030 de 2018 : regula las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional
- Resolución CREG 126 de 2017: Código de Medida de Combustibles Líquidos
- Resolución CREG 038 de 2014: Código de Medida contenido en el Anexo general del Código de Redes
- Resolución 5050 de 2006 (Min Transportes): establece el procedimiento para el otorgamiento de la autorización para la ubicación de estaciones de servicio automotor en carreteras a cargo de la Nación

- Resolución 001361 de 2012 (Min Transportes): adopta el formato de petición y se establece el procedimiento para emitir concepto técnico de ubicación de estaciones de servicio automotriz en carreteras a cargo de la Nación.
- Guía de manejo ambiental para estaciones de servicio de combustible (MinAmbiente)
- Decreto 1605 de 2002 (Minminas): define el esquema de vigilancia y control al que están sometidas las actividades relacionadas con el Gas Natural Comprimido para uso vehicular y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 4130 de 2011 (Minminas): reasignación de funciones de las instituciones del sector de minas y energía
- Resolución CREG 070 de 1998: Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica

16.2 Potenciales impactos identificados y recomendaciones

Conforme a la clasificación de la normativa presentada con anterioridad, a continuación, se reseñan algunos aspectos de las mismas indicando su potencial impacto en el desarrollo de la electromovilidad, así como recomendaciones a considerar para evitar dificultades posteriores en la masificación de la misma. De igual manera a como se plantearon los instrumentos legales y regulatorios, se realiza el análisis correspondiente.

16.2.1 Planeación

A continuación, algunos detalles de la normatividad que debe revisarse:

- La ley 1964 de 2019 trata diferentes temáticas asociadas al desarrollo de infraestructura necesaria para el despliegue de la electromovilidad, lo que se destalla a continuación:

“Artículo 2. Definiciones.

Estación de carga rápida: Sistema que provee energía para la carga rápida de las baterías de vehículos eléctricos y que cuenta con una potencia de salida superior a 50 kilovatios.

Estación de carga lenta: Equipo que provee energía para la carga lenta de baterías de vehículos eléctricos y que tiene una potencia de salida entre 7 kilovatios y 49 kilovatios.”

Sobre lo anterior, la experiencia internacional indica que por lo general la categorización de las estaciones de carga, se divide en tres segmentos: tipo 1 (con potencias menores 3,3 kW y aplicación residencial), tipo 2 (con potencias entre los 3,3 y 22 kW, y aplicación mixta) y tipo 3 (con potencias mayores a 45 kW dedicadas a carga rápida).

En este contexto, es recomendable revisar la categorización ya establecida y como esto se traslada a otros instrumentos reglamentarios y/o a las mismas indicaciones de la Ley, por ejemplo, el Artículo 10, donde se indica que las autoridades de planeación de los distritos y municipios de categoría especial 0,1,2 y 3 junto con el Ministerio de Vivienda reglamentarán

los lineamientos técnicos necesarios para garantizar que los edificios de uso residencial y comercial cuenten con una acometida de electricidad para carga de EV.

“Artículo 9. Parágrafo 3.

La instalación de las estaciones de carga rápida es responsabilidad de los municipios. Sin embargo, el funcionamiento de las mismas será garantizado por las respectivas empresas de energía que prestan el servicio a cada municipio”.

En este artículo en particular se presenta una ambigüedad a considerar, ya que de la forma como quedó estipulado en la Ley, cualquier empresa catalogada como empresa de energía, incluso sin ser necesariamente una empresa de servicios públicos de energía eléctrica, podría instalar y operar una estación de carga rápida en un municipio, aunque en la literalidad de lo establecido en la Ley pareciera que dicha empresa de energía lo que sí debe prestar es el servicio al municipio respectivo, bien a usuarios finales o bien a través de otros servicios como por ejemplo el de alumbrado público. Lo que sí es tarea del municipio es propiciar condiciones locales adicionales a las ya establecidas en la Ley y por el Gobierno Nacional, para que esas estaciones de carga sean construidas.

Sería conveniente que normativamente por parte del Ministerio de Minas y Energía se aclararan más estas responsabilidades y se revisara el tema de quien puede finalmente prestar el servicio, aprovechando que la connotación de empresa de energía podría darse también a empresas de gas o de combustibles. No parece conveniente sujetarlo exclusivamente a “empresas de energía eléctrica” como pareciera inferirse era la intención del legislador.

Ante la exigencia de que el funcionamiento de las estaciones de carga será garantizado por la respectiva empresa de energía que presta el servicio a cada municipio, para los casos de las empresas que adicionalmente tienen la connotación de ESP, estas están obligadas a reportar una serie de información ante la SSPD (SUI), la CREG y al MME, y a realizar contribuciones a la SSPD y a la CREG, entre otros aspectos, por lo que pareciera conveniente que se defina la posibilidad de que un nuevo agente pueda encargarse de prestar este servicio tal como lo contempla la Ley del PND (Ley 1955 de 2019), en términos de promover la eficiencia y competencia de otros actores potenciales vinculados al servicio de carga eléctrica de vehículos y que pueda ser ejercido por cualquier inversionista (empresas de gas, petroleras, empresas manufactureras automovilísticas, etc.), sin excluir desde luego a los comercializadores de energía (que tendrían la obligación de contar en estos casos, con las contabilidades y resultados de los ejercicios separados para esta nueva actividad).

Lo anterior, por ser una nueva actividad económica, que no puede ser considerada servicio público domiciliario y sobre la que aún falta definición de si la CREG estará a cargo finalmente de la emisión de normativa para esta nueva actividad (reglamentos, exigencias en la medida y tarifas) y qué entidad vigilará que se cumplan las disposiciones que le sean exigidas, lo cual deberá establecerse mediante políticas complementarias (Decretos o Resoluciones del Ministerio de Minas y Energía).

De otro lado, ante la expresa intención en la Ley de que se pueda habilitar las estaciones de servicio de gas combustible para prestar también el servicio de carga para VE (Parágrafo 5 del Artículo 9 que se presenta más adelante), se podría tener una barrera con la obligatoriedad de que el funcionamiento debe estar a cargo de empresas de energía, si ello se interpreta como que esa empresa de energía debe ser necesariamente un comercializador de energía

eléctrica, pues esto no facilita necesariamente la existencia de estaciones mixtas de carga (combustibles y energía eléctrica), en el sentido de que los actuales propietarios de las estaciones de servicio de combustible se verían obligados en establecer alianzas con un comercializador de energía eléctrica o ampliar su razón social para ser también empresa de energía eléctrica, tema con implicaciones complejas para estos inversionistas.

“Artículo 9. Parágrafo 4.

En concordancia con el objeto de la presente ley, los municipios quedarán facultados para desarrollar infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en su espacio público”.

Los municipios por tanto deberán considerar, de un lado que pueden realizar alianzas público-privadas para desarrollar la infraestructura de recarga de VE, de la que son responsables de acuerdo con la Ley y de otro deberán considerar en sus respectivos POT o en otras normativas locales las condiciones que favorezcan la construcción de las estaciones por parte del municipio mismo, del municipio en alianza con terceros o de terceros por su propia cuenta si los municipios no cuentan con los recursos para adelantarlas directamente.

“Artículo 9. Parágrafo 5

El Gobierno Nacional en cabeza del Ministerio de Minas y Energía, reglamentará las condiciones necesarias para que en las estaciones de recarga de combustible fósil se pueda ampliar la oferta de servicios al incluir puntos de recarga para vehículos eléctricos”.

Para realizar lo anterior, el Ministerio de Minas y Energía deberá revisar las respectivas incorporaciones en el Decreto No. 1073 de 2015, por medio del cual se expidió el Decreto Único Reglamentario del sector administrativo de Minas y Energía, el cual compila toda la normativa por ellos emitida, incluidos los Decretos relativos al funcionamiento de las estaciones de recarga de combustible fósil (Decreto 4299 de 2005, Decreto 1521 de 1998 entre otros). Se tendrá también que realizar revisiones a resoluciones existentes tales como la Resolución MME 40278 de 2017, por la cual se expide reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas natural comprimido para uso vehicular y se dictan otras disposiciones, lo que debería ser contrastado con la normativa técnica correspondiente para efectos de permitir que en esas estaciones también se habilite la recarga para VE, todo lo cual bajo unas condiciones especiales de cumplimiento de espacio, condiciones para la conexión, de seguridad (riesgo eléctrico en proximidad en combustibles), entre otros aspectos.

Respecto del despliegue de nuevos puntos de carga asociados a las estaciones de servicio ubicadas en las zonas urbanas, estas serían sujeto de las disposiciones distritales, metropolitanas o municipales; y, en las vías nacionales, a las disposiciones del Ministerio de Transporte (Resolución 5050 de 2006 o las que la modifican, por la cual se establece el procedimiento para el otorgamiento de la autorización para la ubicación de estaciones de servicio automotor en carreteras a cargo de la Nación y Resolución 001361 de 2012 por la cual se adopta el formato de petición y se establece el procedimiento para emitir concepto técnico de ubicación de estaciones de servicio automotriz en carreteras a cargo de la Nación). Lo anterior, sin perjuicio de la aprobación o visto bueno que deban impartir las entidades a las cuales compete la preservación del medio ambiente. La normatividad existente, bien sea la de Entes Territoriales para los cascos urbanos o la del Ministerio de Transporte para las estaciones de servicio en vías nacionales, deberá revisarse para mirar que ajustes requieren para la habilitación del servicio de carga de EV.

16.2.2 Comercialización

Para el caso de las estaciones de carga rápida, y de manera similar a como está definido por la CREG para el servicio de GNCV, se propone considerar la pertinencia de que regulatoriamente el servicio que se presta en estaciones de carga de EV se contemple dentro del mercado no regulado. Lo anterior, como un incentivo a que se tengan precios competitivos a largo y ancho de todo el país y se incentive la compra de EV. También debiera considerarse que no aplique la contribución de solidaridad sobre la tarifa para estaciones de recarga de EV.

Un antecedente a considerar para lo anterior, que trataba con el incentivo al consumo del GNCV, se observa en el Decreto 802 de 2004 expedido por el Ministerio de Minas y Energía, el cual dispuso que se ofrecieran esquemas comerciales especiales para los usuarios finales de GNCV lo que es correspondiente a la resolución CREG 008 de 1998, en la que se declara que la compra de GNCV no es servicio domiciliario.

Posteriormente, mediante el Decreto 1008 de 2006 se estipuló que con el objeto de impulsar la utilización del GNCV en los sistemas terrestres masivos de pasajeros se introdujera un incentivo tarifario de la regulación de la actividad de distribución de gas natural por redes. En este sentido la Comisión de Regulación de Energía y Gas expidió la Resolución CREG-020 de 2006.

Por lo tanto, una alternativa a considerar sería revisar el caso de las tarifas en las estaciones de carga de EV, pero requiere necesariamente de políticas adicionales (como por ejemplo Documentos CONPES o Decretos en la materia). No obstante, también debiera considerarse que la CREG considere una disminución en el límite definido para pasar de usuario regulado a no regulado, el cual es de 100 kW o 55 MWh /mes según Resolución CREG 131 de 1998, lo cual precisa de menores esfuerzos interinstitucionales. Finalmente, también está la pertinencia de declarar el servicio de carga como actividad no constituyente de un servicio público y/o actividad de distribución⁹, permitiendo la entrada de otros actores en este sector de mercado.

Definido el universo de alternativas de carga a vehículos eléctricos, se debe analizar la competencia de la CREG para reglamentar como se procede con el cobro de la energía, desde la carga domiciliaria, hasta el servicio de carga rápida en sitios de acceso público. Por ejemplo, en el caso de este último en estaciones de servicio, puede ser cobro directo vía app o tarjeta RFID, bien sea por kWh suministrado o tiempo de carga, o con cargo a la cuenta suscrita por el cliente con su comercializador respectivo (si se habilita), o pagando mensualmente cuando se tiene una suscripción a un operador de una cadena de estaciones. El cobro por cada uso dependerá de la energía utilizada y una cuota por el uso (esta cuota no es cobrada por todos los operadores según lo observado en la experiencia internacional).

Sin perjuicio de lo anterior, se menciona la pertinencia de disponer de marcos tarifarios horarios (i.e ToU), que permitan entregar señales temporales para carga y descarga de EV, y que también ofrezcan incentivos económicos a los usuarios para que modifiquen sus patrones

⁹ Caso observado en la experiencia internacional, por ejemplo en Chile.

carga en procura de una mejor gestión de la demanda del sistema de distribución, como bien indica la resolución CREG 015 de 2018, en lo que respecta al uso de la red y la importancia de mencionar el valor que tiene para estas aplicaciones el despliegue de la infraestructura de medición avanzada.

16.2.3 Conexión y operación

Estándares técnicos que se deben cumplir, que podrían ser emitidos por el Ministerio de Minas y Energía (o ICONTEC) que pueden realizarse en función de normas IEC. Por ejemplo, para estaciones de carga AC se puede revisar el estándar IEC 61851-22, mientras que para estaciones de carga rápida DC el IEC 61851-23. Así mismo, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, deberá incorporar lineamientos para las instalaciones de estaciones de servicio de carga rápida de VE (y desde luego para la carga en las instalaciones residenciales también).

Para temas de aprobación de conexión de estaciones de carga rápida a los sistemas de los Operadores de Red, se requiere reglamentación especial como por ejemplo la que fue emitida para permitir la conexión de autogeneración a pequeña escala (Resolución CREG 030 de 2018). Lo anterior con el fin de acelerar el proceso y a su vez poderlo estandarizar, lo que elimina barreras de entrada técnicas y económicas a los interesados en prestar este tipo de servicios. En todo caso, se debe presentar siempre a los OR los estudios de conexión respectivos para su aprobación (bien porque sea una estación de carga exclusiva para EV o porque se vaya a habilitar para recarga de EV una estación existe de combustibles fósiles). En el caso de la experiencia internacional, se puede usar como referencia el caso de Chile, en el cual se estableció el TE-6 (Trámite Eléctrico 6), en el cual se define el procedimiento para la aprobación y puesta en funcionamiento de las estaciones de carga públicas (tipo 1 y tipo 2). La figura muestra el checklist a cumplir para ello.

A pesar de que no se visualiza como un impedimento directo, se recomienda revisar lo definido en la resolución CREG 126 de 2017 - Código de medida de combustibles líquidos – ya que dentro de su ámbito de aplicación se encuentran incluidas las estaciones de servicio. En forma similar se requiere la revisión del código de medida para el sector eléctrico - Resolución CREG 038 de 2014, para incluir lo referente al cumplimiento y condiciones técnicas sobre la medida que deben cumplir las estaciones de carga para EV. Lo anterior, siempre y cuando si esta actividad se cataloga como servicio público.

Item		Aspectos verificados	CUMPLE			OBSERVACIÓN	NORMATIVA
			SI	NO	N/A		
ELECTROMOVILIDAD - FORMULARIO							
1	El destino de la propiedad indicado en el TE-6 corresponde al indicado en el plano y lo dibujado en el plano, corresponde a lo declarado como cantidades de cargadores y conectores o enchufes (solar, edifica, etc.)						
2	Indica direcciones y georeferencias de la propiedad.						
3	En la declaración, la potencia total declarada en el TE-6 es igual a la potencia total proyectada señalada en el cuadro de resumen de cargas						
4	Se indica correctamente si la instalación cuenta con acceso a todo público para su uso						
5	Se declara correctamente la información solicitada en el TE-6 (N° de cliente, Potencia unitaria del cargador, tipo de diferencial, datos del cargador y conectores, etc.)						
ELECTROMOVILIDAD - GENÉRICO							
1	Acompaña memoria explicativa.						
2	Se adjuntan planos de la instalación						
3	Adjunta Informe de imágenes de la instalación, que muestre gráficamente la instalación ejecutada						
4	Adjunta manual de usuario que detalle los pasos a seguir para la carga del vehículos en lugares públicos						
5	Adjunta manual de mantenimiento que detalle los pasos a seguir para la mantención de la infraestructura de carga del vehículo.						
6	Incluye diagrama unifilar, cuadro(s) de carga						
7	Formato del plano cumple con la norma NCH Elec. 2/84						
8	Validación de los cálculos resultantes en los planos, cuadros de carga.						
9	Los tableros de AC cumplen con la NCH Elec. 4/2003.						
10	Los alimentadores y conductores de los circuitos de CA quedan protegidos por la capacidad de su correspondiente protección.						
11	La canalización está en conformidad con la NCH Elec. 4/2003						

Figura 130. Checklist técnico para estaciones de carga eléctrica

Entre los impactos significativos, adversos o benéficos, dentro de las diferentes etapas de una estación de servicio se encuentran los siguientes, que están siendo revisados en la “Guía de manejo ambiental para estaciones de servicio de combustible” emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual también debiera ajustarse para efectos de lo que sea aplicable para las estaciones de carga de EV, en cuanto a lo siguiente:

- Contaminación de suelos
- Alteración del paisaje o entorno natural
- Afectación sobre infraestructura y población adyacente derivado de eventuales riesgos generados por incendios o explosiones.
- Afectación sobre el espacio público, especialmente en las etapas de construcción y cierre y desmantelamiento.
- Generación de empleo.
- Aumento del PIB local y regional.

Se deberán tomar pues las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar y compensar los impactos negativos que se generen también por las estaciones de recarga de EV sobre el medio ambiente, el espacio público y en la calidad de vida de los ciudadanos, entre otros temas a cargo de la Autoridad Ambiental.

- En el Decreto 1605 de 2002, por el cual se define el esquema de vigilancia y control al que están sometidas las actividades relacionadas con el GNCV y se dictan otras disposiciones, se establece que es la Superintendencia de Industria y Comercio – SIC, quien realiza el control del cumplimiento de los reglamentos técnicos para garantizar la seguridad y calidad en el ejercicio de las actividades relacionadas con el uso del GNCV.

Adicionalmente, es también la SIC quien vigila a las empresas con el fin de investigar y sancionar, si fuere del caso, las prácticas que puedan constituir restricciones indebidas a la libre competencia en los términos del Decreto 2153 de 1992, en particular los artículos 46 a 52, y las normas que lo complementen, modifiquen o adicionen. Así mismo, la SIC en virtud del Decreto 4130 de 2011, por el cual el Ministerio de Minas y Energía reasignó algunas funciones específicas en materia de Hidrocarburos, tiene a cargo las siguientes funciones:

- Aplicar las sanciones por el incumplimiento de las normas sobre distribución de combustibles.
- Velar por el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y las normas técnicas relacionadas con la distribución de combustibles líquidos.
- Ejercer el control y vigilancia técnica de distribución de los combustibles líquidos derivados del petróleo.
- Ejercer el control y vigilancia sobre la aditivación, calidad y cantidad de los combustibles líquidos derivados del petróleo.

En este contexto, a pesar de que la Ley 1964 de 2019 establece de que el encargado del funcionamiento de las estaciones de carga rápida de EV debe ser una empresa de energía (que podría ser o no una ESP como se mencionó con anterioridad), las obligaciones de vigilancia tarifaria y de cumplimiento regulatorio, en caso de que el servicio que se presta no sea catalogado como domiciliario, deberían estar a cargo de la SIC. Por lo tanto, se presenta la alternativa de ello debe quedar estipulado normativamente por parte del Ministerio de Minas y Energía así como lo estableció para combustibles líquidos y para GNCV mediante la expedición de decretos reglamentarios. Por el contrario, existe también la posibilidad de que se trate de un servicio libre de control tarifario exclusivamente para el caso de carga rápida.

Un aspecto importante a considerar es la definición de disponibilidad en la red eléctrica para la conexión de futuras estaciones de carga, lo que es función de la densidad geográfica de las mismas a ser construidas, del tipo de estación de carga, de las metas establecidas en el Artículo 8 de la Ley 1964 de 2019 y de la penetración que se tenga de EV por parte de la sociedad en su conjunto¹⁰. Se requiere, por tanto, considerar los instrumentos regulatorios de planeamiento por parte de los OR's y las inversiones requeridas en expansión y modernización de la red que soporten la conexión de estaciones de carga (y desde luego los incrementos por la carga de EV desde las viviendas), tópicos asociados a las Resoluciones CREG 070 de 1998 y CREG 015 de 2018, entre otras. En particular en lo que hace referencia a la estimación futura de la demanda, tanto en potencia como energía, considerando las potenciales coincidencias de la punta del sistema con los patrones de uso de los usuarios.

La Figura 131 muestra, en resumen, las necesidades de coordinación entre las diferentes instituciones involucradas en el desarrollo de la electromovilidad (columnas), para ello, se definieron tres campos de acción (líneas en colores de la figura):

- Planeación
- Comercialización
- Conexión y operación

A modo de ejemplo, para efectos de la instalación de las estaciones de carga según establece la Ley 1964 en su artículo 9, parágrafo 3, se requiere de una coordinación entre los municipios y los prestadores de servicio de energía (Dx¹¹ Combustibles, Dx Energía Eléctrica). Lo que a su vez impacta en la ampliación de servicios de las estaciones de servicio.

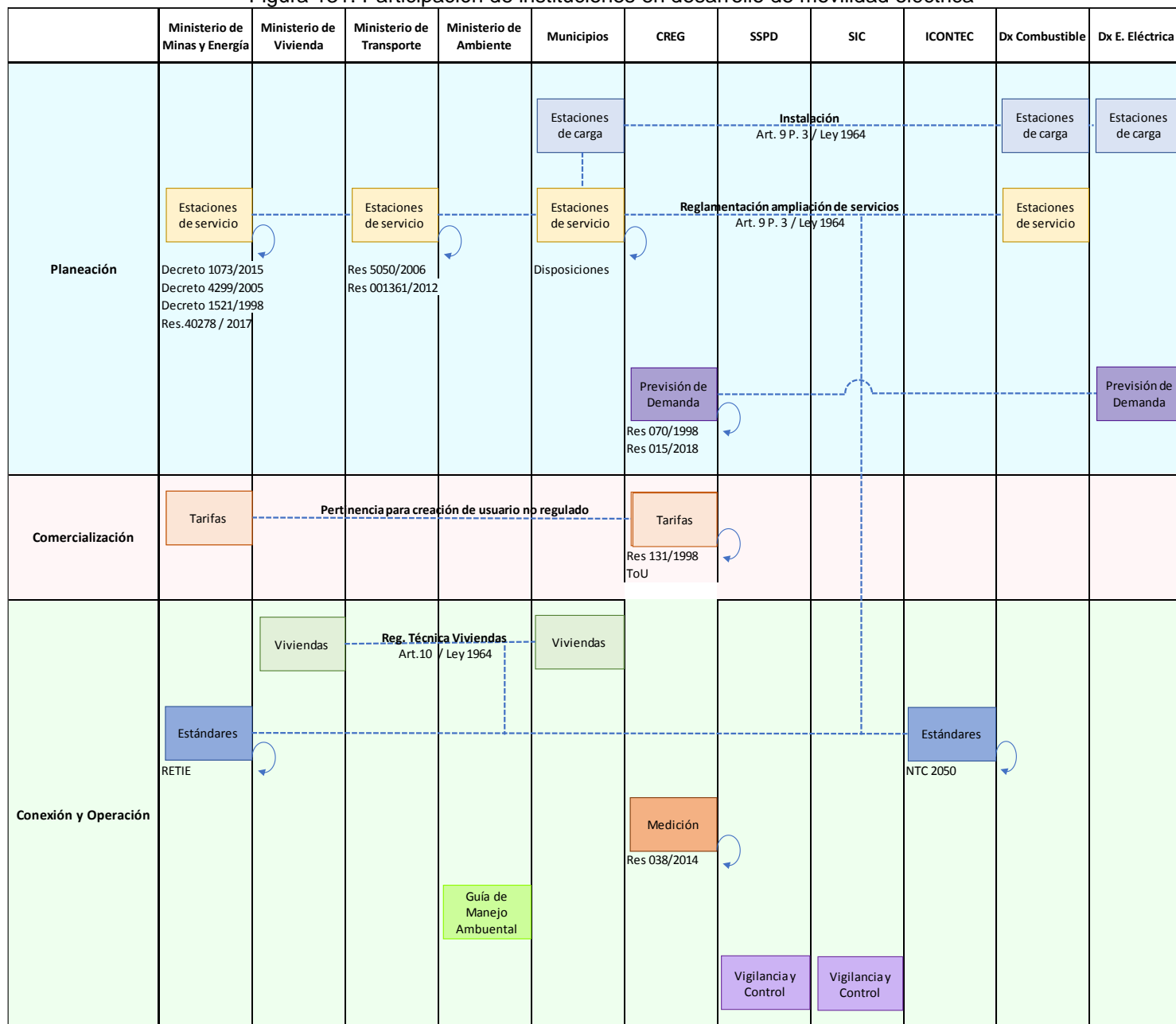
Es importante mencionar que la línea punteada azul representa las necesarias coordinaciones entre las instituciones y campos de acción.

¹⁰ Como muestra de que los incentivos financieros y económicos creados a la fecha son lo suficientemente atractivos

¹¹ Distribuidor

Finalmente, el bucle ubicado para las correspondientes temáticas indica la regulación propia de la institución involucrada que debiera ser revisada o considerada según sea el caso. Por ejemplo, en el caso de la CREG, comercialización y ámbito de tarifas, indica la revisión de la Res 131/1998 para evaluar la pertinencia de modificar el límite de clientes regulados. Asimismo, se señala la pertinencia de implementar tarifas tipo ToU (Time of Use) para incentivar patrones de carga no coincidentes con la punta de demanda del sistema.

Figura 131. Participación de instituciones en desarrollo de movilidad eléctrica



3. Conclusiones y comentarios

En lo que respecta al desarrollo de la electromovilidad a nivel nacional, se identifican nuevas instituciones del Estado así como la participación necesaria de los distribuidores, tanto de combustible como de energía eléctrica. Se identifican 23 instrumentos normativos, reglamentarios y/o legales que puedan generar impacto en el desarrollo de esta nueva modalidad de transporte.

A partir de la revisión realizada se clasifica la normativa en tres ámbitos principales: planeación, comercialización y conexión/operación. Entre lo que sobresale lo siguiente:

A nivel planeación sobresale lo que se desprende de lo definido en la Ley 1964/19, en la cual el rol de Ministerio de Minas y Energía es significativo en trabajo conjunto con los municipios, en lo que refiere al despliegue de la infraestructura de carga y la participación de las empresas suministradoras de energía. Asimismo, se sugiere la coordinación pertinente con el Ministerio de Transporte en lo que respecta al desarrollo de estaciones de carga en las vías nacionales. Es importante también en este ámbito, considerar los antecedentes normativos asociados a las estaciones que suministran GNV.

A nivel comercialización, corresponderá al Ministerio de Minas y Energía y el regulador, CREG, definir algunos instrumentos que permitan la actividad de provisión de servicios de carga, bien sea a nivel público como residencial. Para lo primero, se plantean diferentes alternativas, siendo una de ellas considerar la pertinencia de que las estaciones de servicio de combustible puedan ser usuarios no regulados, en busca de promover beneficios tanto a quien presta el servicio como al usuario. Respecto de los usuarios residenciales y/o comerciales, es importante considerar la utilidad que significa implementar tarifas ToU, de tal manera de entregar señales claras para horarios de carga de vehículos y su no coincidencia con la demanda de punta del sistema de distribución, en concordancia con la regulación actual y el fomento al despliegue masivo de infraestructura de medición avanzada, necesaria para aplicaciones de esta índole.

Es importante mencionar que, a nivel de comercialización, la experiencia internacional indica que no se observa una regulación específica para el caso de la prestación del “servicio de carga”, ya que este no se considera actividad de distribución eléctrica. Por lo que se recomienda considerar esta alternativa, lo que podría facilitar la entrada de nuevos actores que puedan ofrecer el servicio de carga rápida, promoviendo la competencia y eficiencia en el servicio.

Respecto de la conexión y operación, es de importancia el desarrollo de la normativa técnica asociada, considerando como antecedente la normativa técnica IEC 61851, y las modificaciones pertinentes en normas nacionales como: NTC 2050 y RETIE. Así como la importancia que tienen estas normativas desde el punto de vista transversal.